



ISSN 0370-8799 (Print)
ISSN 2658-462X (Online)

Сибирский вестник СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

Том 53 № 1 2023

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

№ 1
TOM 53



ЯНУАРИЙ 2023



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, № 1 (290)

DOI: 10.26898



2023

январь

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, заведующий 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. Делягин	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, Уралск, 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. Полудина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солошенко	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

Редакторы *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: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463
Тел./факс: (383)348-37-62 **e-mail:** sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 20.02.2023. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 17,25
Уч.-изд. л. 16,75. 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*

Кузина Е.В. Дифференцированная система обработки почвы в лесостепной зоне Среднего Поволжья

5 Kuzina E.V. Differentiated tillage system in the forest- steppe zone of the Middle Volga region

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Степанова Г.В. Результаты симбиотической селекции люцерны

14 Stepanova G.V. Results of symbiotic breeding of alfalfa

Фадеев А.А. Новый раннеспелый сорт сои северного экотипа Цивиль

23 Fadeev A.A. A new early-ripening soybean variety of the northern ecotype Civil

Черкасова Е.А. Влияние элементов технологии возделывания на сорный компонент агрофитоценоза в посевах ярового рапса

29 Cherkasova E.A. Influence of cultivation technology elements on the weed component of agrophytocenosis in spring rape crops

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

Бакшаев Д.Ю. Эффективность и конкурентная способность фестулолиума в смеси с люцерной при выращивании на корм

36 Bakshaev D.Yu. Efficiency and competitive ability of festulolium mixed with alfalfa when grown for feed

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Немченко В.В. Эффективность фунгицидной защиты яровой пшеницы от мучнистой росы и пиренофороза

45 Kekalo A.U., Zargaryan N.U., Nemchenko V.V. Effectiveness of fungicidal protection of spring wheat against powdery mildew and tan spot

ЗООТЕХНИКА
И ВЕТЕРИНАРИЯ

ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE

Смагулова А.М., Кухар Е.В., Глотова Т.И., Глов А.Г. Биологические и молекулярно-генетические свойства *Trichophyton benhamiae* – нового возбудителя дерматомикозов кошек

53 Smagulova A.M., Kukhar E.V., Glotova T.I., Glotov A.G. Biological and molecular genetic properties of *Trichophyton benhamiae*, a new pathogen of dermatomycoses in cats

Кузьмина И.Ю. Метод повышения резистентности молодняка крупного рогатого скота

62 Kuzmina I.Yu. The method of increasing the resistance of young cattle

Осокина А.С., Михеева Е.А., Масленников И.В. Перспектива применения природного адаптогена из личинок большой восковой моли в ветеринарии

71 Osokina A.S., Mikheeva E.A., Maslennikov I.V. The opportunities of using a natural adaptogen from the *Galleria mellonella* larvae in veterinary medicine

Лоенко Н.Н., Куликов В.Н., Люднов И.П., Косовский Г.Ю. Влияние уровня кормления на показатели генетической изменчивости самок норок

80 Loenko N.N., Kulikov V.N., Lyudnov I.P., Kosovsky G.Yu. The effect of feeding level on the genetic variability of female minks

Галиакбарова А.А., Пименов Н.В. Сравнительные вирулентные свойства эпизоотических штаммов бактерий *Escherichia coli*

87 Galiakbarova A.A., Pimenov N.V. Comparative virulence properties of epizootic strains of *Escherichia coli* bacteria

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION, AUTOMATION,
MODELLING AND DATAWARE

Бурлаков Ю.В., Чемоданов С.И., Бурлакова С.В. Базовая концептуальная схема молотильно-сепарирующего устройства подборщика-очесывателя льна-долгунца

94 Burlakov Yu.V., Chemodanov S.I., Burlakova S.V. Basic conceptual scheme of the threshing and separating device of the flax fiber combing machine

- Яковлев Д.А., Беляев В.И., Поляков Г.Н.** Оценка влияния влажности почвы при посеве на глубину заделки семян зерновых культур **104** **Yakovlev D.A., Belyaev V.I., Polyakov G.N.** Evaluating the effect of soil moisture during sowing on the depth of cereal crops seeding

*ИЗ ИСТОРИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ*

*FROM THE HISTORY
OF AGRICULTURAL SCIENCE*

- Юшкова Л.Я., Донченко Н.А., Донченко А.С., Рожков О.А.** История разработки документов по переводу ветеринарной службы на платные ветеринарные услуги **111** **Yushkova L.Ya., Donchenko N. A., Donchenko A.S., Rozhkov O.A.** History of document development on the transfer of Animal Health Office to fee-based veterinary services

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

SCIENTIFIC RELATIONS

- Маслинская М.Е.** Влияние биопрепаратов на развитие первичной корневой системы льна масличного **121** **Maslinskaya M.E.** Influence of biological preparations on the development of oil flax primary root system

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

IN COMMEMORATION OF SCIENTIST

Василий Захарович Ямов

Vasily Zakharovich Yamov



ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

✉ Кузина Е.В.

Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцева – филиал Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук
Ульяновская область, пос. Тимирязевский, Россия

✉ e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Представлена оценка агроэкономической эффективности различных систем обработки почвы под горчицу, возделываемую в зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница – горчица. Эксперименты заложены в полевом опыте в лесостепной зоне Среднего Поволжья в 2019–2021 гг. Почва опытного участка – чернозем слабовыщелоченный среднесиловый тяжелосуглинистый. Пахотный горизонт характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса от 5,8 до 6,1%, обеспеченность подвижным фосфором высокая (226 мг/кг), калием средняя (92 мг/кг), реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН 6,6). Объект исследования – горчица сорта Рапсодия, предмет исследования – системы обработки почвы. Установлена целесообразность замены ежегодной классической вспашки на дифференцированную в севообороте обработку, основанную на чередовании глубокой вспашки и поверхностной дисковой обработки. Она положительно влияет на процесс формирования агрофизических, биологических и агрохимических свойств почвы, способствует сохранению запасов продуктивной влаги, помогает снизить засоренность посевов. Данная обработка приводит к достоверному росту урожайности на 0,11 т/га, позволяет получить продукцию с наивысшей рентабельностью 199% (в среднем по фонам) и наибольшим энергетическим коэффициентом 1,33, что на 71 и 22% выше, чем на варианте с ежегодной отвальной обработкой. Отмечено, что применяемые минеральные удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ не дали должного эффекта. Отсутствие роста урожайности привело к формированию отрицательных экономических показателей при внесении минеральных удобрений на всех изучаемых вариантах, за исключением дифференцированной в севообороте обработки. В данном варианте отмечено максимальное увеличение урожайности на 0,25 т/га и стоимости валовой продукции на 7500 р./га, что на 1521 р./га выше возросших производственных затрат. На варианте с ежегодной отвальной обработкой внесение удобрений сопровождалось снижением чистого дохода и уровня рентабельности на 965 р./га и 75% относительно неудобренного фона, что свидетельствует об убыточности применения удобрений.

Ключевые слова: горчица, обработка почвы, плотность сложения, запасы продуктивной влаги, урожайность, рентабельность

DIFFERENTIATED TILLAGE SYSTEM IN THE FOREST- STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

✉ Kuzina E.V.

Ulyanovsk Research Institute of Agriculture n.a. N.S. Nemtsev –
Branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Timiryazevsky settl., Ulyanovsk Region, Russia

✉ e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Evaluation of agro-economic efficiency of different tillage systems for mustard, cultivated in a grain fallow rotation with the following alternation of crops: complete fallow - winter wheat - spring

wheat - mustard is presented. The experiments were made in a field experiment in the forest-steppe zone of the Middle Volga region in 2019-2021. The soil of the experimental plot is slightly leached medium-powered heavy loamy chernozem. Tillage horizon is characterized by the following agrochemical parameters: humus content of 5.8 to 6.1%, the provision of mobile phosphorus is high (226 mg/kg), the potassium is medium (92 mg/kg), the reaction of the soil solution is close to neutral (pH 6.6). The object of the study is the mustard variety Rhapsody, the subject of the study is soil tillage systems. The expediency of replacing the annual classic plowing with a differentiated treatment in the rotation, based on the alternation of deep plowing and surface disc cultivation is established. It positively affects the process of formation of agrophysical, biological and agrochemical properties of soil, contributes to the conservation of productive moisture reserves, and helps to reduce weed infestation of crops. This treatment leads to a significant increase in the yield by 0.11 t/ha, allows for the highest yields of 199% (on average for the backgrounds) and the highest energy factor of 1.33, which is 71 and 22% higher than on the option with the annual mouldboard plowing. It was noted that the used mineral fertilizers at a dose of $N_{30}P_{30}K_{30}$ did not produce the desired effect. Lack of yield growth led to the formation of negative economic indicators when making mineral fertilizers in all the variants studied, with the exception of differentiated treatment in the rotation. In this variant, the maximum increase in the yield by 0.25 t/ha and the cost of gross output by 7500 rubles/ha, which is 1521 rubles/ha higher than the increased production costs is noted. In the option with annual mouldboard plowing fertilization was accompanied by a decrease in the net income and profitability levels by 965 rubles/ha and 75% relative to the non-fertilized background, indicating that the unprofitable use of fertilizers.

Keywords: mustard, tillage, bulk density, productive moisture reserves, yield, profitability

Для цитирования: Кузина Е.В. Дифференцированная система обработки почвы в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 5–13. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-1>

For citation: Kuzina E.V. Differentiated tillage system in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 5–13. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-1>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Обработка почвы влияет на все свойства почвы и регулирует большинство факторов жизни растений. Неправильное ее применение может нанести большой вред почве [1–3]. Выбор системы обработки почвы всегда был наиболее противоречивым и актуальным в процессе агрономической практики. Различные мнения о необходимости глубокого и активного рыхления, особенно с оборотом пласта, в настоящее время приводят на практике к минимизации обработки почвы с сокращением глубины и числа обработок [4–8]. Однако переход от вспашки к длительному применению рыхления и особенно к поверхностным или минимальным обработкам порождает негативные явления. В их числе: увеличение засоренности посе-

вов, снижение водопроницаемости верхнего слоя и т.д. Все это может приводить к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [9–11]. В связи с этим наиболее согласованной системой обработки почвы является дифференцированная, состоящая из различного рода комбинаций приемов отвальной и безотвальной обработок [12, 13]. Проблемы повышения засоренности полей и ухудшения агрофизических свойств почвы после отказа от интенсивного механического вмешательства решаются путем периодического применения вспашки под наиболее требовательные культуры [14–16].

Большое разнообразие почвенного покрова не позволило до настоящего времени дать точную агроэкономическую характеристику различным способам и глубине основной обработки почвы, применяемым в

сельскохозяйственном производстве. Поэтому разработка ресурсосберегающих систем обработки, обеспечивающих оптимизацию свойств почвы, почвенных режимов, фитосанитарного состояния и воспроизводства плодородия, является актуальной.

Цель исследований – сравнительная агротехнологическая и экономическая оценка систем обработки почвы на черноземах Среднего Поволжья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в полевом опыте в Ульяновском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН) в 2019–2021 гг. Объектами исследований служили горчица белая Рапсодия, чернозем выщелоченный. Почва опытного участка – чернозем слабовыщелоченный среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса от 5,8 до 6,1%, обеспеченность подвижным фосфором очень высокая (226 мг/кг), калием средняя (92 мг/кг), реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН 6,6).

Предмет исследований – шесть систем обработки почвы (фактор *A*):

- отвальная (контроль): вспашка на 20–22 см ПЛН-4-35;
- дифференцированная разноглубинная: чередование вспашки на 25–27 см ПЛН-4-35 и дискования на 6–8 см;
- без основной осенней обработки, весной – мелкая мульчирующая обработка: на 10–12 см АПК-3;
- гребнекульная: ОП-3С на 13–15 см;
- дисковая: БДМу на 6–8 см;
- плоскорезная: КПШ-3 на 13–15 см.

Приемы основной обработки почвы применяли систематически с 2015 г. для каждого варианта.

Эффективность различных систем основной обработки почвы изучали на двух фонах

(фактор *B*):

- без удобрений (контроль);
- фон ($N_{30}P_{30}K_{30}$).

В качестве минеральных удобрений применена азофоска (азотно-фосфорно-калийное удобрение) марка N : P : K – 15 : 15 : 15, которую вносили поверхностно разбросным способом под предпосевную культивацию.

Предпосевная обработка почвы состояла из ранневесеннего боронования в апреле и предпосевной культивации. Посев проводили в I декаде мая дисковой сеялкой СЗ-5,4 сплошным способом сева с шириной междурядий 15 см, нормой высева 1,5–2,0 млн шт. всхожих семян/га на глубину 3–4 см. Регулировка глубины заделки семян в почву на всех изучаемых вариантах проведена изменением глубины хода сошников с помощью винта регулятора заглубления, расположенного на снице сеялки. Минимальное заглубление (примерно 4 см) достигалось при полностью вывинченном винте, при этом шток гидроцилиндра был полностью втянут.

Расположение делянок в опыте систематическое, размер вариантов по основной обработке почвы – 500 м², размер посевной площади делянки – 250 м² (10 × 25), учетная площадь – 125 м² (5 × 25). Повторность четырехкратная.

Системы обработки почвы изучены в зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур: 1 – чистый пар; 2 – озимая пшеница; 3 – яровая пшеница; 4 – горчица; 5 – озимая пшеница; 6 – ячмень.

Наблюдения, определения и учеты проведены по общепринятым методикам. Учет засоренности посевов проводили на площадках 0,25 м² по 8 шт. на первой и третьей повторности в три срока, метод учета – количественно-весовой, показатели переводили на 1 м². Учет проводили в период появления массовых всходов в середине вегетации культуры и перед уборкой. Влажность почвы определяли методом высушивания. Пробы отбирали на двух несмежных повторностях по две скважины послойно через 10 см глубиной до 1 м весной и осенью после уборки. Взятые образцы помещали в бумажные пакеты.

взвешивали, высушивали при температуре 140 °С в течение 6 ч. Содержание влаги в почве вычисляли в процентах от абсолютно-сухой почвы и в миллиметрах продуктивной влаги. Плотность почвы определена методом режущих колец, путем отбора проб с ненарушенным сложением (г/см^3) в первой и третьей повторности, образцы отбирали в середине вегетации культуры в слоях почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см. Структурно-агрегатный состав почвы определен перед уборкой культуры по методу Н.И. Савинова. Почву фракционировали на ситах в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание). Среднюю пробу (2,5 кг) разделяли на фракции: 10, 10–7, 7–5, 5–3, 3–2, 2–1, 1,0–0,5, 0,5–0,25 и 0,25 мм. Каждую фракцию собирали, отдельно взвешивали и рассчитывали ее процентное содержание. Фракцию менее 0,25 мм рассчитывали по разности между взятой для анализа почвой и суммой фракций более 0,25 мм. За 100% принята вся взятая для анализа навеска.

Содержание N-NO_3 определяли дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26951–86) в почвенных образцах, отобранных в пахотном слое буром Малькова в сроки: весной (посев – всходы), в цветение и перед уборкой культуры в слоях почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см.

Биологическая активность почвы определена методом льняных полотен – «аппликаций» по Вострову и Петровой за период

инкубации (посев – уборка) в трехкратной повторности по слоям 0–10, 10–20, 20–30 см (размер аппликаций 8×8 см). Учет урожайности проводили путем сплошного обмолота всей массы с учетной делянки комбайном СК-5. Данные по учету приводили к 100%-й чистоте и 8%-й влажности (ГОСТ 10856). Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием программ Agros, Microsoft Office Excel, Statistica.

Экономическая эффективность различных технологий основной обработки почвы, систем защиты растений проанализирована расчетно-нормативным методом и проведена по методическим рекомендациям Министерства сельского хозяйства РФ. Энергетическая оценка возделывания выполнена в соответствии с методикой по энергетической оценке севооборотов и технологий выращивания сельскохозяйственных культур (Е.Н. Базаров, Е.В. Глинка, 1983 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что дифференцированная обработка почвы превосходила другие сравниваемые виды основной обработки по всем параметрам. Она формировала оптимальную плотность сложения для роста и развития растений горчицы перед посевом $1,07 \text{ г/см}^3$ (см. табл. 1). Обработка создавала благоприятные усло-

Табл. 1. Изменение свойств почвы в зависимости от ее обработки

Table 1. Changes in the soil properties depending on its processing

Вариант обработки	Слой почвы 0–30 см			
	Плотность, г/см^3	Структура, фракция 10,0–0,25 мм, %	Биологическая активность, %	N-NO_3 , мг/100 г почвы
1. Отвальная на 20–22 см	1,09	77,1	41,0	4,41
2. Дифференцированная	1,07	79,2	46,4	5,30
3. Мульчирующая на 10–12 см (весной)	1,24	76,3	34,6	2,23
4. Гребнекулисная на 13–15 см	1,17	78,5	37,2	4,55
5. Дисковая на 6–8 см	1,25	79,3	35,8	3,01
6. Плоскорезная на 13–15 см	1,13	79,4	40,7	3,06
$\text{НСР}_{0,05}$ (факторы АВ)	0,05	1,36	2,05	0,23

вия для образования агрономически ценной структуры, содержание которой по сравнению с традиционной ежегодной вспашкой увеличивалось на 2,1%, повышала микробиологическую деятельность и обеспеченность почвы нитратной формой азота в пахотном слое почвы на 5,4 и 20,0%, обеспечивала лучшие условия накопления и сохранения влаги в течение всей вегетации горчицы (см. рисунок).

Также за счет чередования способов отвальной и безотвальной дисковой обработок на разную глубину отмечено снижение потенциального запаса семян сорняков и улучшение фитосанитарного состояния в агроэкосистеме. Развитие сорной растительности в посевах горчицы по общей численности сорняков снижалось на 7%, по их воздушно-сухой массе – на 17% в сравнении с отвальной обработкой. Это очень важно, так как при выборе систем основной обработки почвы повышение их противосорняковой эффективности играет решающую роль и является одной из основных задач в сельском хозяйстве.

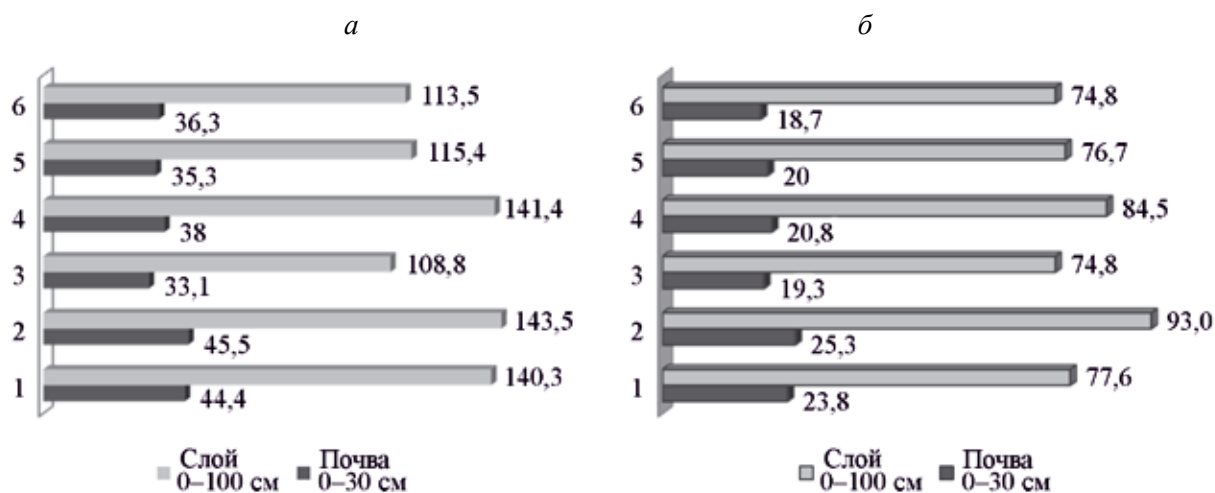
Варианты с плоскорезной, гребнекульской и поверхностной обработкой дисковой бороной характеризовались более высокой засоренностью по сравнению с отвальной обработкой. На этих вариантах увеличение

общей численности и массы сорняков в среднем составило соответственно 45–57–42 и 34–20–28% относительно контроля.

Уровень продуктивности масла семян горчицы существенно изменялся как по годам исследований, так и по вариантам опыта. Максимальная продуктивность культуры формировалась на вариантах с дисковой и дифференцированной обработкой соответственно 1,08–1,09 т/га, что превышало показатель урожайности на контроле на 0,10–0,11 т/га. При этом все бесплужные обработки по величине урожая семян горчицы не уступали контролю (отвальной обработке на 20–22 см), за исключением мелкой весенней обработки, где урожайность была ниже на 0,18 т/га (при $НСР_{0,05} AB = 0,049$ т/га).

Как известно, основные элементы питания растений оказывают существенное влияние на биохимические и физиологические процессы, протекающие в растениях на протяжении всего периода вегетации, и, следовательно, на величину и качество урожая. Эффективность применяемых удобрений определяется уровнем содержания элементов питания в почве, условиями влагообеспеченности, температурным режимом и биологическими особенностями сортов горчицы.

Применение минеральных удобрений под предпосевную культивацию на различ-



Влияние способов обработки почвы на запасы продуктивной влаги в посевах горчицы, 2019–2021 гг., мм:

а – весной; б – в уборку; 1–6 – варианты обработки (см. табл. 1)

Influence of tillage methods on the reserves of productive moisture in mustard crops, 2019–2021, mm

а - in spring; б - during harvesting; 1-6 - treatment options (see Table 1)

ных вариантах основной обработки оказало неоднозначное влияние на урожайность. Внесение удобрений дало достоверную прибавку урожайности изучаемой культуры. В среднем по способам обработки почвы урожайность горчицы на естественном фоне плодородия составила 0,90 т/га. При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ продуктивность повысилась относительно естественного фона на 0,19 т/га (см. табл. 2).

Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений отмечена на варианте с дифференцированной обработкой, где прибавка составила 0,25 т/га относительно неудобренного фона соответствующей обработки и 0,33 т/га в сравнении с неудобренным вариантом вспашки. На контроле при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность культуры повысилась на 0,18 т/га. На оставшихся вариантах результативность применения минеральных удобрений составила 0,13–0,22 т/га относительно естественного фона.

Лучшие экономические показатели достигнуты в технологии, основанной на дифференцированной в севообороте обработке, которая позволила значительно снизить трудовые, энергетические и материально-денежные затраты на основную обработку почвы и при этом получить урожай выше, чем на вспашке. Общие затраты на про-

изводство семян горчицы при ежегодной отвальной обработке в среднем по фонам составили 12 875 р./га, себестоимость 1 т семян – 11 913 р., на варианте с дифференцированной обработкой эти показатели были ниже соответственно на 15–25%. Условно чистый доход и рентабельность по отвальной обработке составили 16 524 р./га и 128%, на варианте с дифференцированной обработкой эти показатели были выше на 32 и 71%. Варианты гребнекулисной, плоскорезной и поверхностной обработки дисковой бороной по эффективности уступали дифференцированной обработке, однако имели показатели лучше, чем на контроле. Они обеспечили снижение производственных затрат по сравнению с отвальной обработкой соответственно на 12–13–15%, что позволило снизить себестоимость полученной продукции на 15–16–24% и повысить рентабельность производства на 39–66%. При одинаковой цене реализации стоимость продукции находится в прямой зависимости от величины урожайности. Снижение урожайности горчицы на варианте с мелкой весенней обработкой повлекло за собой снижение прибыли с одного гектара пашни. В связи с этим себестоимость масла семян повышалась на 6%, а рентабельность их производства снижалась на 17% по сравнению с контролем.

Табл. 2. Изменение урожайности горчицы в зависимости от способов обработки почвы, и внесения удобрений (2019–2021 гг.), т/га

Table 2. Change in the yield of mustard depending on the methods of tillage and fertilization (2019–2021), t/ha

Вариант обработки	Фон		Среднее по варианту
	$N_0P_0K_0$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	
Отвальная на 20–22 см	0,89	1,07	0,98
Дифференцированная	0,97	1,22	1,09
Мульчирующая на 10–12 см (весной)	0,69	0,91	0,80
Гребнекулисная на 13–15 см	0,95	1,08	1,01
Дисковая на 6–8 см	1,01	1,15	1,08
Плоскорезная на 13–15 см	0,90	1,10	1,00
Среднее	0,90	1,09	–

$HCp_{0,05}$ $A - 0,035$ (обработки) $B - 0,020$ (удобрения) $AB - 0,049$

Из-за низкой продуктивной влаги в почве минеральные удобрения не дали должного эффекта. Использование минеральных удобрений позволило поднять выход семян с единицы площади в среднем по вариантам обработки всего на 0,19 т/га, что увеличило стоимость продукции на 21% по сравнению с неудобренным фоном. В то же время затраты на производство продукции на удобренном фоне увеличивались на 77%, поэтому уровень рентабельности в этом варианте был ниже на 105% по сравнению с неудобренным фоном. В среднем по фону $N_{30}P_{30}K_{30}$ прибавка урожая от применения удобрений составила 0,95 кг масла семян на каждый килограмм удобрений и не окупала денежные затраты, израсходованные на приобретение и внесение удобрений.

Так как на различных вариантах обработки удобрения обеспечивали неравную дополнительную прибавку урожая, они различались по окупаемости единицы внесенных удобрений дополнительно полученной прибавкой урожая. Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений, отмеченная на варианте с дифференцированной обработкой, обеспечила максимальную прибавку урожая от применения удобрений в размере 1,25 кг семян на каждый килограмм удобрений. Это окупало денежные затраты, израсходованные на приобретение и внесение удобрений соответственно на 126% против контроля, где окупаемость не превышала 90%.

Затраты совокупной техногенной энергии при возделывании горчицы по вариантам опыта изменялись в среднем по фону от 35 320 МДж/га (на варианте поверхностной обработки дисковой бороной) до 38 600 МДж/га (на вспашке). Различия между этими вариантами составили 3280 МДж/га, или 9%. Максимальное количество биогенной энергии, накопленной в хозяйственно ценной части культуры, отмечено на варианте с дифференцированной обработкой (47 143 МДж/га). Различия в накоплении биогенной энергии между ежегодной отвальной и безотвальными обработками были в пределах 3–10%. Мелкая весенняя обработка, несмотря на меньшие

энергозатраты на технологию возделывания, снижала энергетическую эффективность по сравнению с отвальной обработкой, что объясняется недобором в накоплении энергии полученной продукции на 18%.

Коэффициент энергетической эффективности возделывания горчицы с учетом затрат техногенной энергии по вариантам опыта изменялся от 0,95 до 1,33. Наибольшие значения были получены на варианте с дисковой и дифференцированной обработкой, что превысило его показатели по сравнению с отвальной обработкой на 21–22%. Разница между отвальной, гребнекулисной и плоскорезной обработками составила 10% в пользу последних.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований наиболее благоприятные условия для роста и развития горчицы отмечены на фоне дифференцированной в севообороте обработки с элементами минимализации (применение после глубокой отвальной обработки под озимую пшеницу, поверхностной дисковой – под яровую пшеницу и горчицу). Ее применение обеспечило не только достаточное накопление продуктивной влаги, улучшение агрофизических свойств и повышение биологической активности почвы, а также низкую степень засоренности посевов, что способствовало достижению наиболее высокой урожайности культуры и лучших экономических и биоэнергетических показателей. Наибольшая отзывчивость в сборе семян от удобрений, отмеченная на варианте с дифференцированной обработкой, обеспечила максимальную прибавку урожая от применения удобрений в размере 1,25 кг семян на каждый килограмм удобрений. В данном варианте окупаемость денежных затрат на приобретение и внесение удобрений составила 126% против контроля, где она не превышала 90%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пакуль А.Л., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Зависимость агрохимических и агрофизических свойств выщелоченного чернозема

- от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 5–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-1.
2. Кузина Е.В. Зависимость структурно-функциональных свойств почвы от ее обработки при возделывании горчицы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (65). С. 15–19. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-15-19.
 3. Сахаров А.В., Мищенко В.В., Ерёмин Д.И. Агрофизические свойства чернозёма выщелоченного при различном его использовании в лесостепной зоне Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3. С. 62–67.
 4. Антонов В.Г., Ермолаев А.П. Результаты эффективности применения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов на продуктивность вики яровой // Владимирский земледелец. 2018. № 4 (86). С. 11–14. DOI: 10.24411/2225-2584-2018-10033.
 5. Федотов А.А., Горонжин Е.А., Хрипунов А.И. Влияние влагообеспеченности на урожайность озимой пшеницы в засушливой зоне Ставрополя // Земледелие. 2012. № 3. С. 21–22.
 6. Пегова Н.А., Холзаков В.М. Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 1 (44). С. 35–39.
 7. Якупов Е.Н., Савельев А.С., Круглов А.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н. Влияние приемов основной обработки почвы и фунгицидов на урожайность ярового ячменя // Аграрная наука. 2022. № 1 (355). С. 84–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87.
 8. Ростова Е.Н. Влияние элементов технологии на засоренность и продуктивность посевов горчицы сарептской (*Brassica juncea*) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3 (75). С. 75–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-75-81.
 9. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Урожайность зерновых и качество зерна пшеницы при различных системах основной обработки почвы // Земледелие. 2017. № 5. С. 36–38.
 10. Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., Кобозев А.К. Эффективность обработки почвы в севооборотах на различных типах почв Центрального Предкавказья // Земледелие. 2017. № 4. С. 19–22.
 11. Волков А.И., Кириллов Н.А., Григорьева И.В., Соколова Е.А. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота // Земледелие. 2017. № 5. С. 32–35.
 12. Кузина Е.В. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на содержание основных элементов питания в чернозёме выщелоченном // Аграрная наука. 2021. № 11–12 (354). С. 123–128. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-123-128.
 13. Kozhevnikov N.V., Zaushintsena A.V., Romanov V.N. Ecological and economic efficiency of tillage resource-saving technologies // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 537. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062007.
 14. Гребенников А.М., Фрид А.С., Сапрыкин С.В., Чевердин Ю.И. Влияние применения различных способов основной обработки на запасы продуктивной влаги в агрочерноземах // Агрохимия. 2019. № 8. С. 40–47. DOI: 10.1134/S0002188119080052.
 15. Пакуль А.Л., Лапинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 16–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-2.
 16. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. 2021. № 2. С. 37–43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208.
- ## REFERENCES
1. Pakul A.L., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Dependence of agrochemical and agrophysical properties of leached chernozem on soil treatment system. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 5–19. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-1.
 2. Kuzina E.V. Dependence of soil structural and functional properties on its treatment during mustard growing. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*, 2022, no. 1 (65), pp. 15–19. (In Russian). DOI: 10.12737/2073-0462-2022-15-19.
 3. Sakharov A.V., Mishchenko V.V., Eremin D.I. Agrophysical properties of leached chernozem

- at its different use in the forest-steppe zone of Zauralye. *Vestnik Kurganskoy GSKhA = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, 2020, no. 3, pp. 62–67. (In Russian).
4. Antonov V.G., Ermolaev A.P. Results of the effectiveness of the use of combined tillage aggregates on the productivity of spring vetch. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir Agricolist*, 2018, no. 4 (86), pp. 11–14. (In Russian). DOI: 10.24411/2225-2584-2018-10033.
 5. Fedotov A.A., Goronzhin E.A., Khripunov A.I. Influence of water supply on winter wheat yield in the arid zone of Stavropol region. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2012, no. 3, pp. 21–22. (In Russian).
 6. Pegova N.A., Kholzakov V.M. Resource-saving tillage system of sod-podzolic soils. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2015, no. 1 (44), pp. 35–39. (In Russian).
 7. Yakupov E.N., Saveliev A.S., Kruglov A.V., Bochkarev D.V., Nikolsky A.N. Influence of methods of primary tillage and fungicides on the yield of spring barley. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2022, no. 1 (355), pp. 84–87. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87.
 8. Rostova E.N. The effect of technology elements on weediness and productivity of brown mustard (*Brassica juncea*) sowings. *Zernovoye khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2021, no. 3 (75), pp. 75–81. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-75-81.
 9. Perfiliev N.V., Vyushina O.A. Yield and quality of wheat grain under different tillage systems. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2017, no. 5, pp. 36–38. (In Russian).
 10. Kuzychenko Yu.A., Kulintsev V.V., Kobozev A.K. Efficiency of soil cultivation in crop rotations on various types of soils of the Fore-Caucasus. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2017, no. 4, pp. 19–22. (In Russian).
 11. Volkov A.I., Kirillov N.A., Grigorieva I.V., Sokolova E.A. Influence of resource saving technologies of cereals cultivation on the productivity of a field crop rotation. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2017, no. 5, pp. 32–35. (In Russian).
 12. Kuzina E.V. Influence of basic methods of soil tillage with an application of fertilizers on the content of main mineral nutrients in leached chernozem. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2021, no. 11–12 (354), pp. 123–128. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-123-128.
 13. Kozhevnikov N.V. Zaushintsena A.V., Romanov V.N. Ecological and economic efficiency of tillage resource-saving technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, p. 537. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062007.
 14. Grebennikov A.M., Frid A.S., Saprykin S.V., Cheverdin Yu.I. Effect of applying different methods of primary treatment on the reserves of productive moisture in agro-chernozems. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no 8, pp. 40–47. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119080052.
 15. Pakul' A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul' V.N. Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 16–23. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-2.
 16. Polyakov D.G. Tillage and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and yield of field crops. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2021, no. 2, pp. 37–43. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Кузина Е.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 433315, Ульяновская обл., Ульяновский район, пос. Тимирязевский, ул. Институтская, 19; e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Elena V. Kuzina**, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head, Senior Researcher; **address:** 19, Institutskaya St., Timiryazevsky settl., Ul'yanovsk District, Ul'yanovsk Region, 433315, Russia; e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 27.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.07.2022
Дата публикации / Published 20.02.2023



РЕЗУЛЬТАТЫ СИМБИОТИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ЛЮЦЕРНЫ

✉ **Степанова Г.В.**

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса

Московская область, г. Лобня, Россия

✉ e-mail: gvstep@yandex.ru

Представлены результаты исследований эффективности симбиоза сортов люцерны, созданных разными способами. Выявлены некоторые особенности растительно-ризобиальных взаимодействий. При выращивании люцерны на слабокислой и близкой к нейтральной почве (рН 5,1–6,0) наиболее высокие прибавки урожайности по сухому веществу обеспечивала предпосевная инокуляция штаммом СХМ 412б, на сильно- и среднекислой почве (рН 4,1–5,0) – штаммом СХМ 404б. В год посева эффективность симбиоза составляла не менее 25%, снижение урожайности до уровня контроля происходило в течение 3–4 лет пользования. Штамм СХМ 404б обладает уникальной способностью повышать семенную продуктивность сортов в разных условиях выращивания на 23–56%, другие штаммы – на 3–32%. Установлено, что продуктивность сорто-микробных систем в основном определяется штаммом клубеньковых бактерий (влияние инокуляции 60–62%). Не выявлено связи между урожайностью надземной биомассы и содержанием в ней сырого протеина. Коэффициенты корреляции, полученные в разных полевых опытах, составили $-0,41 \pm 0,34$ – $0,26 \pm 0,39$. Предпосевная инокуляция высокоактивными штаммами ризобий семян люцерны изменчивой сортов Селена, Агния, Таисия, созданных с использованием методов сопряженной симбиотической селекции, повысила урожайность в год посева на 26–35% по сухому веществу и на 44–56% по семенам. Урожайность сортов Вега 87, Луговая 67, Пастбищная 88, Находка, созданных традиционными методами, возрастала на 3–20% по сухому веществу и на 23–29% по семенам. Предпосевная инокуляция активными штаммами ризобий сортов люцерны, созданных симбиотическими методами селекции, повысила урожайность в первый год пользования на 46–128% на участках, где люцерну прежде не выращивали, и на 32–35% в севообороте с высоким насыщением посевами люцерны.

Ключевые слова: люцерна, штаммы, клубеньковые бактерии, симбиоз, сопряженная селекция, урожайность

RESULTS OF SYMBIOTIC BREEDING OF ALFALFA

✉ **Stepanova G.V.**

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Lobnya, Moscow region, Russia

✉ e-mail: gvstep@yandex.ru

The results of the studies on the effectiveness of alfalfa symbiosis varieties created by different methods are presented. Some peculiarities of plant-rhizobial interactions are identified. When alfalfa was grown in low- and near-neutral soils (pH 5.1-6.0), the highest increase in dry matter yield was achieved by pre-sowing inoculation with the CXM 412b strain, and on strongly and moderately acidic soils (pH 4.1-5.0) by the CXM 404b strain. In the year of sowing, the efficiency of symbiosis was at least 25%, and the yield reduction to the control level occurred during 3-4 years of use. Strain CXM 404b has the unique ability to increase the seed productivity of different varieties under different growing conditions by 23-56%, other strains - by 3-32%. It was found that the productivity of variety microbial systems is mainly determined by the strain of nodule bacteria (the effect of inoculation was

60-62%). No relationship between the yield of the aboveground biomass and its crude protein content was found. The correlation coefficients obtained in the different field experiments were -0.41 ± 0.34 to 0.26 ± 0.39 . Pre-sowing inoculation with highly active rhizobia strains of alfalfa variegated seeds of Selena, Agnia, Taisia, created using the methods of conjugate symbiotic breeding, increased the yield in the year of sowing by 26-35% in dry matter and by 44-56% in seeds. The yield of Vega 87, Lugovaya 67, Pastbishnaya 88, and Nakhodka varieties created by traditional methods increased by 3-20% in dry matter and by 23-29% in seeds. Pre-sowing inoculation with active rhizobia strains of alfalfa cultivars created by symbiotic breeding methods increased the yield in the first year of use by 46-128% in plots where alfalfa was not grown before and by 32-35% in the crop rotation with high alfalfa crop saturation.

Keywords: alfalfa, strains, nodule bacteria, symbiosis, conjugate breeding, yield

Для цитирования: Степанова Г.В. Результаты симбиотической селекции люцерны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 14–22. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-2>

For citation: Stepanova G.V. Results of symbiotic breeding of alfalfa. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 14–22. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-2>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

С 1990 г. во Всероссийском научно-исследовательском институте кормов им. В.Р. Вильямса начался новый этап селекции люцерны: создание сортов нового поколения, способных обеспечить устойчиво высокие сборы сухого вещества и семян за счет использования возобновляемых ресурсов люцерно-ризобиального симбиоза. Начало этих исследований стало результатом теоретических и экспериментальных работ ряда отечественных и зарубежных ученых^{1–5}. С учетом этих работ во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса предложен «Способ селекции люцерны»⁶. Затем этот способ был оптимизирован и разработан «Биотехнология сопряженной симбиотической селекции» [1]. С использованием новых способов селекции созданы сорта люцерны Селена (2007 г.), Агния (2012 г.), Таисия (2015 г.), обладающие высокой азот-

фиксирующей способностью, урожайностью и адаптивностью за счет использования возобновляемых ресурсов растительно-микробного симбиоза. Сорта такого типа необходимы для создания экологически устойчивых агрофитоценозов, высокая продуктивность которых достигается при минимальном использовании агрохимикатов [2, 3].

Исследования с использованием изотопа ¹⁵N показали, что высоко комплементарные растительно-микробные системы способны в полевых условиях накопить 140–210 кг/га связанного азота за сезон. Коэффициент симбиотической азотфиксации достигает 0,88, средняя прибавка урожайности – 25% [4]. Повысить урожайность сортов за счет растительно-микробного симбиоза можно, используя предпосевную инокуляцию азотфиксирующими биопрепаратами. Например, в Томской области сбор сена люцерны увеличился

¹Barnes D.K., Heichel G.H., Vance C.P. A multiple-trait breeding program for improving the symbiosis for N₂ fixation between *Medicago sativa* L. and *Rhizobium meliloti* // *Plant and Soil*. 1984. Vol. 82. P. 303–312.

²Phillips D.A., Teuber L.R. Plant genetics of symbiotic nitrogen fixation // *Biological Nitrogen Fixation*. New York, 1992. P. 625–647.

³Provorov N.A., Simarov B.V. Genetic variation of alfalfa, sweet clover and fenugreek for the activity of symbiosis with *Rhizobium meliloti* // *Plant Breeding*. 1990. Vol. 105. P. 300–310.

⁴Provorov N.A., Saimnazarov U.B., Tanriverdiev T.A., Simarov B.V. The contributions of plant and bacterial genotypes in the growth and nitrogen accumulation of inoculated alfalfa // *Plant and Soil*. 1994. Vol. 164. P. 213–219.

⁵Provorov N.A. Relationship between symbiotic and combined nitrogen assimilation in leguminous plants: genetic and breeding aspects // *Russian Journal of Plant Physiology*. 1996. T. 43. N 1. С. 111–118.

⁶Пат. 2077190 С1 Способ селекции люцерны (Российская Федерация) / Г.В. Степанова; заявл. 25.07.94; опубл. 20.04.97; Бюл. № 11.

на 1,2 т/га [5]. В Московской и Ленинградской областях предпосевная инокуляция разных сортов люцерны штаммами ризобий А5, А6, А8 повысила урожайность на 27–36% по сухому веществу и на 7–109% по семенам [6, 7]. В системе Географической сети по оценке биопрепаратов во Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург) проанализирована урожайность 73 люцерно-ризобиальных пар. Установлено, что инокуляция активными штаммами ризобий повышала урожайность сортов, созданных традиционными методами, на 6–84%, созданных методами сопряженной симбиотической селекции, – на 33–198% [8].

Высокая эффективность симбиоза отмечена при выращивании бобовой культуры на новых почвах [9], а также при высокой «специфичности взаимодействия партнеров» [5]. Добиться высокой «специфичности партнеров» можно только сопряженной селекцией растений и микроорганизмов. Микроорганизмы, активно взаимодействуя с растением, оптимизируют эндогенный гормональный баланс растений, азотное и фосфорное питание, активизируют механизмы системной устойчивости к стрессам. Возрастает устойчивость к засолению и закислению почвы, температурному шоку и фитопатогенам [9, 10].

Цель исследования – сравнить эффективность симбиоза сортов люцерны, созданных разными способами, и выявить некоторые особенности растительно-ризобиальных взаимодействий.

Задачи исследования:

- изучить эффективность симбиоза сортов люцерны изменчивой, созданных традиционными методами селекции, с активными штаммами ризобий при выращивании в различных почвенных условиях;
- выявить влияние инокуляции на накопление сухого вещества и азота (протеина);
- разработать метод сопряженной симбиотической селекции и с его использованием создать сорта люцерны изменчивой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые опыты проводили на опытном поле ВНИИК им. В.Р. Вильямса, расположенном в 30 км севернее Москвы. Почва опытных участков дерновоподзолистая среднесуглинистая, pH солевой вытяжки 4,99–5,91, содержание гумуса по Тюрину 1,62–2,10%, общего азота 0,161–0,174%, подвижного фосфора 194,9–289,3 мг/кг почвы, обменного калия 107,7–184,1 мг/кг. В работе использовали сорта люцерны изменчивой (*Medicago varia*, Mart.) селекции ВНИИК им. В.Р. Вильямса, созданные традиционными методами селекции: Вега 87, Лада, Пастбищная 88, Находка, а также Селена, Агния, Таисия, созданные с использованием способов сопряженной симбиотической селекции, и препараты (ризоторфин) штаммов клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*), созданных во Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург). Всего изучено 33 штамма. Кроме того, в качестве контроля использовали штамм СХМ 48, имеющий мутацию $Nod^+ fix^-$, которая блокирует симбиотическую азотфиксацию и переводит растение люцерны на питание азотом почвы. Посев сплошной рядовой, площадь делянок 4 м² (контрольные питомники), 10 м² (конкурсное сортоиспытание), повторность четырехкратная. Перед посевом семена люцерны опудривали биопрепаратом из расчета 400 г препарата клубеньковых бактерий на 1 га посева. Расход препарата составил 10 г на 100 г семян. Контроль – вариант без инокуляции. Наблюдения, учеты, статистическая обработка проведены по общепринятым методикам^{7–9}.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За 7 лет исследований (1990–1997) подобраны штаммы к сортам Пастбищная 88 (СХМ 4156), Лада, Вега 87 и Луговая 67 (СХМ 4126), Находка (Т 482). На среднекислой (pH 4,5–5,0) и сильнокислой (pH 4,1–4,4) почве лучшие результаты со всеми сорта-

⁷Методические указания по селекции многолетних трав. М.: ВНИИ кормов, 1985. 190 с.

⁸Селекция люцерны на повышение эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями: метод. реком. СПб.: ВНИИСХМ, 1990. 50 с.

⁹Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 335 с.

ми обеспечил штамм СХМ 4046. Штамм СХМ 4126 имел преимущество на слабокислой и близкой к нейтральной почве (рН 5,1–6,0). Урожайность сортов Вега 87, Лада, Пастбищная 88, Луговая 67, Находка, инокулированных штаммом СХМ 4126, в год посева была в среднем на 25% выше, чем в варианте без инокуляции (см. рис. 1).

В последующие годы жизни растений сорто-микробных систем средняя урожайность снижалась до 119, 112% и к 4-му году жизни сравнивалась (101%) с урожайностью варианта без инокуляции. Зеркальным отражением выглядит на графике линия изменения эффективности симбиоза пяти названных выше сортов, инокулированных мутантным штаммом СХМ 48. В год посева средняя урожайность оказалась на 22% ниже варианта без инокуляции. Объясняется это тем, что штамм СХМ 48 отличается высокой конкурентной способностью, быстро формирует на корнях люцерны многочисленные мелкие неактивные клубеньки (ген *Nod*⁺), которые не фиксируют азот воздуха (ген *fix*⁻). Люцерна переходит на питание минеральным азотом почвы, и средняя урожайность снижается до 78% к уровню контроля. На 2-й год жизни она возрастает до 88%, на 3-й – до 95 и 4-й – до 98% к уровню контроля (см. рис. 1). Причина – образование вторичного симбиотического

комплекса растений люцерны с клубеньковыми бактериями, живущими в почве. После каждого скашивания растений или их ухода в период зимнего покоя клубеньки на корнях люцерны отмирают, бактерии переходят в почву. После возобновления роста растений образуются новые клубеньки, их формируют наиболее генетически близкие растениям люцерны расы (штаммы) клубеньковых бактерий. Чаще всего это местные расы бактерий, в присутствии которых создавался сорт. В результате уровень симбиотической азотфиксации и урожайности сорто-микробных систем через один-два года жизни травостоя выравнивается с вариантом без инокуляции. Если инокулянт обладает высокой конкурентной способностью и генетической комплементарностью растению-хозяину, при образовании вторичного симбиотического аппарата этот штамм из раза в раз станет формировать высокоэффективные симбиотические системы. Снижение урожайности будет замедленным. По-видимому, к такой категории относится штамм СХМ 4126, снижение средней урожайности пяти сорто-микробных систем до уровня варианта без инокуляции продолжалось 4 года (см. рис. 1).

Вторым важным вопросом является влияние предпосевной инокуляции на содержание сырого протеина в сухом веществе люцерны.

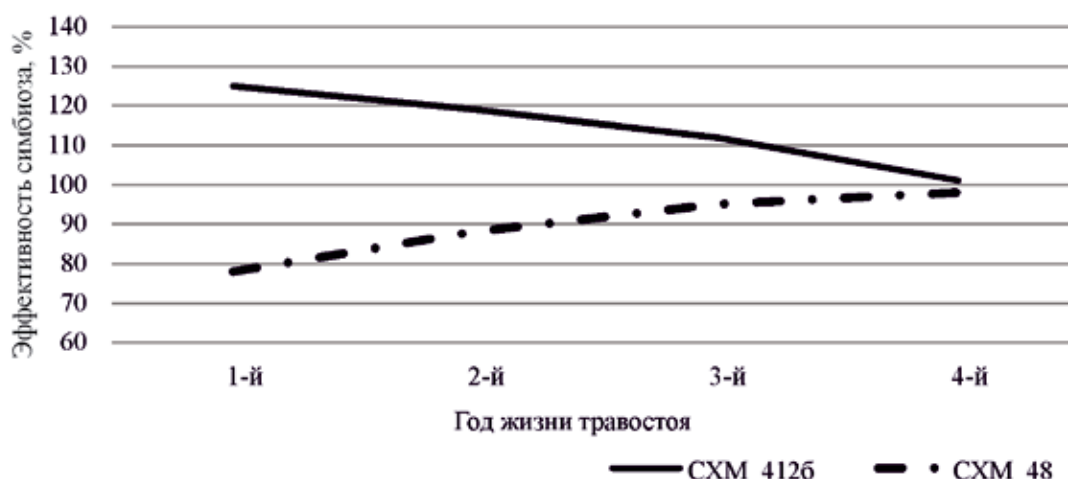


Рис. 1. Динамика средней эффективности симбиоза пяти сортов люцерны (закладка опытов 1991, 1992, 1993 гг., среднее за 1991–1996 гг.)

Fig. 1. Dynamics of the average efficiency of symbiosis of five alfalfa varieties (sowing years 1991, 1992, 1993, average 1991–1996)

Рассмотрим это на примере сортов Пастбищная 88 (Rhizome × Syn 7008) и Находка (Syn 7008 × Rhizome). Исследования проводили на участке, где люцерну выращивают более 50 лет. Влияние инокуляции было слабо выраженным. Только 8 из 13 штаммов существенно – на 23–65 г/м² (+7–20%) – повысили продуктивность сорта Пастбищная 88 и 4 штамма – на 28–56 г/м² (+9–18%) сорта Находка (см. табл. 1).

Среднее содержание сырого протеина в сухом веществе сортов Пастбищная 88 и Находка без инокуляции составило 19,1 и 20,0%, инокуляция увеличила белковость на 0,8 и 0,6% в абсолютном показателе. Существенное увеличение содержания протеина в сухом веществе сорта Пастбищная 88 обеспечили пять штаммов, сорта Находка – четыре. Причем, штамм Т 482 существенно – на 8 и 11% – повысил сбор сухого вещества, на 1,3 и 1,4% – содержание протеина обоих сортов. Штамм СХМ 71 на 12% увеличил сбор сухого вещества и на 1,7% содержание протеина сорта Пастбищная 88. По сорту Находка лучшие показатели (+18 и 1,3%) обеспечил штамм СХМ 425а (см. табл. 1).

Дисперсионный анализ показал, что продуктивность растений люцерны сортов Паст-

бищная 88 и Находка на 60 и 62% определялась вариантом инокуляции. Содержание сырого протеина в сухом веществе растительно-микробных систем с сортом Пастбищная 88 на 42% зависело от варианта инокуляции, сортом Находка – на 28%.

Корреляционно-регрессионный анализ выявил отсутствие связи между накоплением сухого вещества надземной биомассы и содержанием в ней сырого протеина. По сорту Пастбищная 88 коэффициент корреляции (r) равнялся $0,05 \pm 0,29$, коэффициент существенности $t_r = 0,18 < t_{05} = 2,45$. По сорту Находка: $r = 0,18 \pm 0,28$; $t_r = 0,64 < t_{05} = 2,45$.

Несколько другие результаты получены при определении зависимости содержания сырого протеина от продуктивности растительно-микробных систем, сформированных штаммами с эффективностью симбиоза 7% и выше. Таких оказалась восемь по каждому сорту. Средняя продуктивность лучших растительно-микробных систем с сортом Пастбищная 88 достигла 362 г/м², на 18 г/м² больше, среднее содержание сырого протеина 19,88%, на 0,03% меньше; $r = -0,34 \pm 0,38$; $b_{yx} = -0,01$; $t_r = -0,90 < t_{05} = 2,45$. Прослеживается тенденция понижения содержания сырого протеина в среднем на 0,01% в абсо-

Табл. 1. Продуктивность и содержание сырого протеина; первый цикл пользования в год посева, начало цветения (среднее за 1991 и 1993 гг.)

Table 1. Productivity and crude protein content; the first cycle of use in the year of sowing, the beginning of flowering (the average of 1991 and 1993)

Вариант инокуляции	Сухое вещество, г/м ²		Сырой протеин, %	
	Пастбищная 88	Находка	Пастбищная 88	Находка
СХМ 226	347*	324	19,7	21,0*
СХМ 4126	342	295	20,2*	20,7
СХМ 214	349*	312	19,7	20,2
СХМ 126	382*	331	19,6	19,8
СХМ 239	336	347*	19,5	20,2
СХМ 3	389*	319	19,4	21,0*
СХМ 425а	351*	359*	19,7	21,3*
Т 482	350*	335*	20,4*	21,4*
Т 798	339	333*	20,7*	20,5
СХМ 105	341	300	20,4*	20,6
СХМ 71	362*	293	20,8*	20,9*
Среднее значение	344	322	19,9	20,6
Контроль	324	303	19,1	20,0
НСР ₀₅	23	24	1,0	0,8

*Статистически существенно, $p \leq 0,05$.

лютном показателе при повышении продуктивности растительно-микробной системы на 1 г сухого вещества/м². По сорту Находка средняя продуктивность восьми растительно-микробных систем была 335 г/м² (+13 г/м²). Среднее содержание сырого протеина (20,66%) увеличилось на 0,06%. Отмечено незначительное повышение содержания сырого протеина при возрастании продуктивности; $r = 0,26 \pm 0,39$; $b_{yx} = 0,01$; $t_r = 0,65$; $t_{05} = 2,45$. Следовательно, предпосевная инокуляция разных сортов люцерны препаратами активных штаммов клубеньковых бактерий по-разному влияет на урожайность и содержание сырого протеина в сухом веществе этих сортов. Для каждого сорта можно подобрать препараты клубеньковых бактерий, повышающие урожайность и белковость или один из этих признаков. Недостатком таких сорто-микробных систем является относительно низкая генетическая комплементарность макро- и микросимбионта и, как следствие, быстрое повторное заселение корней люцерны малоактивными местными расами клубеньковых бактерий.

По-видимому, чтобы реализовать возможность управлять метаболизмом растительно-микробных систем и использовать возобновляемые ресурсы люцерно-ризобиального симбиоза, необходимо создавать сорта и генетически близкие им штаммы клубеньковых бактерий, обеспечивающие высокую эффективность симбиоза в течение трех лет и более. Одним из таких сортов является

Селена. В табл. 2 показана динамика продуктивности надземной биомассы растительно-микробных систем сорта Селена по годам пользования. В год посева проведен один укос в фазу полного цветения. Все растительно-микробные пары (исключение инокуляция штаммом СХМ 425а) были существенно – на 0,5–0,9 кг/м² (+14–26%) – урожайнее варианта без инокуляции. На 2-й год жизни травостоя за три укоса собрали 1,70–2,08 кг сухого вещества /м².

Инокуляция штаммами СХМ 4156, СХМ 4046, СХМ 4126 и Т 4 существенно – на 16–22% – повысила урожайность по сравнению с контролем. Вегетационный период 2002 г. был жарким и засушливым, гидротермический коэффициент составил 0,62 (норма 1,58). Проведен один укос в фазу начала цветения. Растительно-микробные системы со штаммами СХМ 4126, СХМ 4156 и СХМ 4046 оказались на 11–18% урожайнее сорта Селена без инокуляции (см. табл. 2).

Инокуляция активными штаммами снизила содержание сырого протеина до 20,00–21,38% (исключение сорто-микробные системы со штаммами СХМ 4156 и Т 2 (23,0 и 24,06%)). Выявлена отрицательная зависимость между урожайностью растительно-микробных систем и содержанием сырого протеина: $r = -0,41 \pm 0,34$; $b_{yx} = -7,6$; $t_r = 1,18$; $t_{05} = 2,37$. Исключение – штамм СХМ 4156, который обеспечил повышение урожайности по годам жизни на 26, 16 и 13%, содержание сырого протеина на 3-й год жизни составило 23,0%.

Табл. 2. Эффективность симбиоза люцерно-ризобиальных систем сорта Селена. Посев 2000 г.
Table 2. Efficiency of symbiosis of alfalfa-rhizobial systems of the Selen variety. Sowing in the year 2000.

Вариант инокуляции	Сухое вещество, кг/м ²			Сырой протеин, % (1-й укос 2002 г.)	Семена, г/м ²
	2000 г.	2001 г.	2002 г.** (1-й укос)		
СХМ 4126	0,40*	2,06*	0,88*	20,56	11,2*
СХМ 425а	0,39	1,85	0,86	20,31	10,0
СХМ 4046	0,41*	2,03*	0,93*	20,94	12,2*
Т 8	0,43*	1,87	0,79	20,00	9,4
Т 4	0,41*	2,08*	0,78	21,38	10,5
СХМ 4156	0,44*	1,98*	0,89*	23,00	9,3
Т 2	0,42*	1,89	0,75	24,06	9,7
Контроль	0,35	1,70	0,79	22,38	8,5
НСР ₀₅	0,05	0,21	0,08		2,5

*Статистически существенно, $p \leq 0,05$.

**2002 г. – из-за продолжительной засухи (с 22.06 по 17.09.2002) получен один полноценный укос зеленой массы.

В 2003 г. травостой люцерны использовали для получения семян. Погодные условия были неблагоприятными, сбор семян оказался небольшим: от 8,5 до 12,2 г/м². Инокуляция штаммами СХМ 4126 и СХМ 4046 повысила сбор семян на 31 и 44% (см. табл. 2). Таким образом, можно рекомендовать предпосевную инокуляцию сорта Селена штаммом СХМ 4156 для получения сухого вещества с высоким содержанием протеина, семян – штаммом СХМ 4046.

Следующим этапом развития сопряженной симбиотической селекции стала разработка метода, названного «Биотехнология сопряженной селекции сортов с высокой адаптивной способностью». С использованием этого метода созданы и включены в Государственный реестр селекционных достижений сорта люцерны изменчивой Агния (2012 г.), Таисия (2015 г.). В сортоиспытании с 2021 г. находится сорт Агния ВИК. Новая «Биотехнология» позволяет сократить селекционный процесс на 5–7 лет и обеспечивает создание сортов (сорто-микробных систем), обладающих высокой симбиотической азотфиксацией, урожайностью и адаптивной способностью.

Суть метода: на специальном селективном фоне проводят отбор родительских растений с очень высокой адаптивной способностью, скрещивают между собой отобранные расте-

ния, формируют сорта с заданными свойствами из полученных гибридов.

Сорт Агния формировали на средне-окультуренной почве (рН 5,0–5,8) при инокуляции штаммами СХМ 4126, СХМ 4156, СХМ 425а. В результате получился сорт с высокой отзывчивостью на инокуляцию штаммами СХМ 4126 и СХМ 4156. Прибавка продуктивности надземной биомассы достигала 30–40% и выше, семян – 40–60% и выше по сравнению с выращиванием без инокуляции. В популяции сорта преобладают цветки с сиреневой окраской.

Сорт Таисия формировали на кислой почве (рН 3,9–4,5) при инокуляции штаммом СХМ 4046. Сорт отличается высокой устойчивостью к избыточному увлажнению в период вегетации и покоя, а также возделыванию на кислой почве (рН 4,4 и выше). В популяции преобладают цветки с пестрой окраской.

На рис. 2 показана продуктивность растительно-ризобийных систем сорта Таисия в первый год пользования травостоем. Испытание сорта проводили на участке с кислой почвой, где прежде люцерну не выращивали. Для демонстрации возможностей нового сорта выбрали первый год пользования, во-первых, потому, что в год посева и первый год пользования наиболее эффективно действие инокулянтов, во-вторых, в этот период молодые растения люцерны наиболее

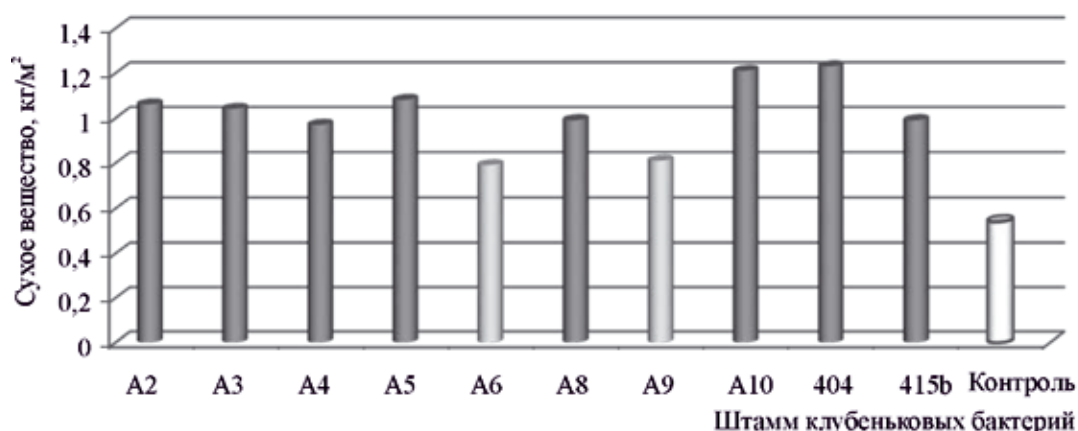


Рис. 2. Продуктивность люцерно-ризобийных систем сорта Таисия; возделывание на кислой почве (рН 4,36). Данные 2018 г., посев 2017 г.

Fig. 2. Productivity of alfalfa-rhizobial systems of Taisia variety, cultivation on acidic soil (рН 4.36). Data 2018, seeding 2017

чувствительны к негативному действию почвенной кислотности.

В первый год пользования получили 0,54 кг сухого вещества/м² в контроле и 0,79–1,23 кг/м² в вариантах с предпосевной инокуляцией 10 штаммами ризобий. Растительно-микробные системы со штаммами А6 и А9 были существенно – на 0,25–0,27 кг/м² (НСР₀₅ = 0,24 кг/м²) – урожайнее сорта Таисия без инокуляции. Остальные штаммы высоко существенно – на 0,43–0,69 кг/м² (НСР₀₁ = 0,34 кг/м²) – увеличили сбор сухого вещества. Наиболее урожайными оказались сорто-микробные системы со штаммами А10 и СХМ 4046. Прибавка составила 0,67 и 0,69 кг/м² (+124 и 128%) (см. рис. 2).

Хозяйственную ценность сортов люцерны, созданных разными способами, испытывали в питомнике посева 2018 г. Люцерну на этом участке периодически выращивают, начиная с 1975 г. В почве имеются местные расы клубеньковых бактерий, поэтому высоких прибавок урожайности от инокуляции не отмечено. В варианте без инокуляции средняя за 3 года пользования (2019–2021) урожайность сортов Агния и Таисия была 10,0 и 10,3 т сухого вещества/га, сортов Вега 87, Луговая 67 – лишь 8,0 и 8,9 т/га. Инокуляция штаммом СХМ 4046 повысила урожайность сортов первой группы до 13,2 и 13,9 т/га (+32 и 35%), второй – до 9,1 и 9,2 т/га (+14 и 3%).

Семенная продуктивность – один из адаптивных признаков растений: чем больше растение производит семян, тем выше способность этого генотипа к выживанию и расширению ареала произрастания. В контроле средняя за 2 года пользования (2019 и 2020) урожайность сортов Агния и Таисия составляла 85,3 и 82,8 кг/га, сортов Вега 87 и Луговая 67 – 48,2 и 59,1 кг/га. Инокуляция штаммом СХМ 4046 повысила сбор семян двух первых сортов до 132,9 и 119,4 кг/га (+56 и 44%), вторых – до 59,2 и 76,3 кг/га (+23 и 29%).

ВЫВОДЫ

1. Продуктивность сорто-микробных систем в основном определяется штаммом клубеньковых бактерий (влияние инокуляции 60–62%). При выращивании люцерны на слабокислой и близкой к нейтральной поч-

ве (рН 5,1–6,0) лучшие результаты обеспечивает предпосевная инокуляция штаммом СХМ 4126, на сильно- и среднекислой почве (рН 4,1–5,0) – штаммом СХМ 4046, при выращивании люцерны на семена – штаммом СХМ 4046.

2. Не выявлено связи между урожайностью надземной биомассы и содержанием в ней сырого протеина: коэффициенты корреляции, полученные в разных полевых опытах, составили $-0,41 \pm 0,34$ – $0,26 \pm 0,39$.

3. Эффективность симбиоза сортов люцерны, созданных методами симбиотической селекции, с активными штаммами ризобий составила 26–35% по сухому веществу и 44–56% по семенам, созданных традиционными методами – лишь 3–20 и 23–29% соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова Г.В. Сорт люцерны изменчивой Таисия // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 2. С. 21–32. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.
2. Provorov N.A., Shtark O.Yu., Dolgikh E.A. Evolution of nitrogen-fixing symbioses on the basis of bacterial migration from mycorrhizal fungi and soil into plant tissue // Biology Bulletin Reviews. 2017. Т. 7. N 5. P. 355–368.
3. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Новые сорта кормовых культур и технологии для сельского хозяйства России // Кормопроизводство. 2021. № 6. С. 22–26. DOI: 10.25685/KRM.2021.89.77.001.
4. Provorov N., Tikhonovich I. Symbiogenetics underway: from genetic analysis to genetic synthesis // Biological Communications. 2021. Vol. 66. N 1. P. 3–5. DOI: 10.21638/spbu03.2021.101.
5. Степанов А.Ф., Александрова С.Н., Храмов С.Ю. Азотфиксирующая способность и урожайность многолетних бобовых трав в подтаежной зоне Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2019. № 1 (33). С. 46–53.
6. Косолапов В.М., Пилипко С.В. Основные методы и результаты селекции многолетних трав // Кормопроизводство. 2018. № 2. С. 23–26.
7. Юрков А.П., Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П. Анализ симбиотической эффективности бактериальных и грибных препаратов на кормовых культурах по данным урожайности семян // Кормопроизводство. 2017. № 3. С. 16–19.

8. Roumiantseva M.L., Vladimirova M.E., Muntyan V.S., Stepanova G.V., Saksaganskaya A.S., Kozhemyakov A.P., Orlova A.G., Becker A., Simarov B.V. Highly effective root nodule inoculants of alfalfa (*Medicago varia* L.): molecular-genetic analysis and practical usage in cultivar creation // *Agricultural Biology*. 2019. Vol. 54. N 6. P. 1306–1323. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.6.1306eng.
9. Тихонович И.А., Иванова Е.А., Перишина С.В., Андронов Е.Е. Метагеномные технологии выявления генетических ресурсов микроорганизмов // *Вестник Российской академии наук*. 2017. Т. 87. № 4. С. 337–341. DOI: 10.7868/S0869587317040089.
10. Belimov A.A., Dodd I.C., Safronova V.I., Tikhonovich I.A., Davies W.J. The cadmium tolerant pea (*Pisum sativum* L.) mutant SGECDt is more sensitive to mercury: assessing plant-water relations // *Journal of Experimental Botany*. 2015. Vol. 66. N 8. P. 2359–2369.
5. Stepanov A.F., Aleksandrova S.N., Khramov S. Yu. Nitrogen-fixing capacity and productivity of long-term bean herbs in Subtaiga zone of Western Siberia. *Vestnik Omskogo GAU = Vestnik of Omsk SAU*, 2019, no. 1 (33), pp. 46–53. (In Russian).
6. Kosolapov V.M., Pilipko S.V. Principal methods and results in breeding of perennial grasses. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2018, no. 2, pp. 23–26. (In Russian).
7. Yurkov A.P., Laktionov Yu.V., Kozhemyakov A.P. Symbiotic efficiency of bacterial and fungal preparations. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2017, no. 3, pp. 16–19. (In Russian).
8. Roumiantseva M.L., Vladimirova M.E., Muntyan V.S., Stepanova G.V., Saksaganskaya A.S., Kozhemyakov A.P., Orlova A.G., Becker A., Simarov B.V. Highly effective root nodule inoculants of alfalfa (*Medicago varia* L.): molecular-genetic analysis and practical usage in cultivar creation. *Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 6, pp. 1306–1323. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.6.1306eng.
9. Tikhonovich I.A., Ivanova E.A., Pershina S.V., Andronov E.E. Metagenomic technologies of detecting genetic resources of microorganisms. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2017, vol. 87, no. 4, pp. 337–341. (In Russian). DOI: 10.7868/S0869587317040089.
10. Belimov A.A., Dodd I.C., Safronova V.I., Tikhonovich I.A., Davies W.J. The cadmium tolerant pea (*Pisum sativum* L.) mutant SGECDt is more sensitive to mercury: assessing plant-water relations. *Journal of Experimental Botany*, 2015, vol. 66, no. 8, pp. 2359–2369.

REFERENCES

1. Stepanova G.V. Variety of variable alfalfa Taisia. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive fodder production*, 2020, no. 2, pp. 21–32. (In Russian). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-21-32.
2. Provorov N.A., Shtark O.Yu., Dolgikh E.A. Evolution of nitrogen-fixing symbioses on the basis of bacterial migration from mycorrhizal fungi and soil into plant tissue. *Biology Bulletin Reviews*, 2017, vol. 7, no. 5, pp. 355–368.
3. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. New varieties of forage crops and technologies for Russian agriculture. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2021, no. 6, pp. 22–26. (In Russian). DOI: 10.25685/KRM.2021.89.77.001.
4. Provorov N., Tikhonovich I. Symbiogenetics underway: from genetic analysis to genetic synthe-

AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina V. Stepanova**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** Building 1, Nauchnyi gorodok, Lobnya, Moscow Region, 141055, Russia; e-mail: gvstep@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.10.2022
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.12.2022
 Дата публикации / Published 20.02.2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Степанова Г.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 141055, Московская область, г. Лобня, Научный городок, корпус 1; e-mail: gvstep@yandex.ru

НОВЫЙ РАННЕСПЕЛЫЙ СОРТ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА ЦИВИЛЬ

✉ Фадеев А.А.

Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

Цивильский район, пос. Опытный, Чувашская Республика

✉ e-mail: optniish@yandex.ru

Представлены данные о морфобиологических особенностях и основных показателях качества зерна сорта Цивиль. Приведены результаты конкурсного испытания, показана адаптивность сорта к различным условиям возделывания. Отмечена необходимость выведения раннеспелых сортов сои для сельскохозяйственного производства в северных регионах России, так как сорта с вегетационным периодом 110–125 дней не вызревают. Селекционные работы по созданию сортов сои проводили на экспериментальном участке в полевых условиях. Почва опытного поля серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 4,1, близкая к нейтральной (с реакцией почвенного раствора 5,7), с повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Новый сорт Цивиль имеет вегетационный период 83–105 дней. Сорт сои северного экотипа Цивиль (селекционный номер 116_{4/7-1ск}) выведен методом многократного индивидуального отбора в гибридных популяциях F_3-F_8 , полученных от потомства Чера-1 × ЮГ 30. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации с 2022 г. по Центральному региону (3). Новый сорт характеризуется раннеспелостью, повышенной урожайностью, его потенциальная урожайность превышает 3,8 т зерна/га. Сорт Цивиль отличается от районированных сортов повышенным содержанием масла. Содержание жира в семенах сои данного сорта достигает 24%, что выше аналогичного показателя сорта-стандарта СибНИИК 315 на 1,8%. Включение в производственные посевы нового раннеспелого сорта сои северного экотипа Цивиль в почвенно-климатических условиях средней полосы будет способствовать продвижению культуры в северные районы России.

Ключевые слова: соя, северный экотип, сорт

A NEW EARLY-RIPENING SOYBEAN VARIETY OF THE NORTHERN ECOTYPE CIVIL

✉ Fadeev A.A.

Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of the Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky

Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic

✉ e-mail: optniish@yandex.ru

The data on morphobiological features and the main indicators of quality of the grain variety Civil are presented. The results of competitive testing are given, and the adaptability of the variety to different conditions of cultivation is shown. The need to develop early-ripening soybean varieties for agricultural production in the northern regions of Russia is noted, since the varieties with a growing season of 110–125 days do not ripen. Breeding work on soybean varieties was carried out at the experimental site under field conditions. The soil of the experimental field is gray forest heavy loam with a humus content of 4.1, close to neutral (with a soil solution reaction of 5.7), with a high content of mobile phosphorus and exchangeable potassium. The new variety Civil has a growing season of 83–105 days. The soybean variety of the northern ecotype Civil (breeding number 116_{4/7-1sk}) was bred by multiple individual selection in a hybrid population of F_3-F_8 obtained from the offspring of Chera-1 × SOUTH 30. The variety has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2022 for the Central region (3). The new variety is characterized by early maturity, high yield, its potential yield exceeds 3.8 tons of grain/ha. The Civil variety differs from the zoned varieties by an increased oil content. The fat content in soybean seeds of this variety reaches 24%, which is 1.8% higher than that of the SibNIK 315

standard variety. The inclusion of a new early maturing soybean variety of the northern ecotype Civil in the soil and climatic conditions of the midland will contribute to the promotion of the crop in the northern regions of Russia.

Keywords: soy, northern ecotype, variety

Для цитирования: Фадеев А.А. Новый раннеспелый сорт сои северного экотипа Цивиль // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 23–28. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-3>

For citation: Fadeev A.A. A new early-ripening soybean variety of the northern ecotype Civil. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 23–28. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-3>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) является универсальной продовольственной, кормовой и технической культурой. Она самая распространенная зернобобовая культура мирового значения. В семенах содержится в среднем 36–42% полноценного белка, высококачественного по аминокислотному составу. Белок характеризуется высокой усвояемостью, хорошей растворимостью в воде. Содержание в семенах полноценного растительного масла составляет 17–25%, пригодного для использования в пищевых, кормовых и технических целях. Благоприятное сочетание питательных веществ позволяет широко возделывать сою как пищевое, кормовое и техническое растение [1–4]. Преимущество сои состоит в формировании двух урожаев белка и жира за 100–120 дней, обогащении почвы азотом (до 80–100 кг/га), благодаря чему повышаются ее плодородие и урожайность выращиваемых после сои культур [5, 6].

Независимо от того, что соя по своим биологическим особенностям отличается повышенным требованием к свету, теплу и влаге, она относится к тем культурам, которые лежат в основе «осеверения» земледелия и расширяют ареалы эффективного возделывания за счет устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам [7]. Соя обладает высокой степенью адаптивности к различным почвенно-климатическим условиям, что при использовании раннеспелых сортов делает возможным ее возделывание

на значительных территориях с умеренным климатом (вплоть до южных районов Рязанской и Тульской областей) [8–10]. Выведение раннеспелых сортов северного экотипа в почвенно-климатических условиях средней полосы будет способствовать продвижению сои в северные районы России. По данной причине создание новых раннеспелых сортов северного экотипа для возделывания в условиях умеренного климата является актуальным.

Цель исследований – создать новый высокоурожайный среднескороспелый технологичный, с повышенным содержанием белка, сорт сои северного экотипа для Центрального региона России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Географическое положение Чувашской Республики определяет климат как умеренно континентальный. Климатические условия благоприятны для роста и развития всех районированных культур, хотя территория Чувашии относится к зоне рискованного земледелия и не является соеопроизводящим регионом. Однако тепловые ресурсы климата позволяют возделывать сою в связи с появлением сортов северного экотипа [11, 12].

Продолжительность вегетационного периода сельскохозяйственных культур 170–175 дней, сумма активных температур выше 10 °C достигает до 2100–2300°, среднегодовое количество осадков составляет 450–550 мм, в том числе за период вегета-

ции 250–300 мм. Территория республики по теплообеспеченности относится к умеренному поясу, по увлажнению – к незначительно засушливой подзоне засушливой зоны (ГТК 1,1–1,2) [13]. В 2010–2021 гг. сумма активных температур за период вегетации составляла от 1790° (2017 г.) до 2925° (2010 г), то есть раннеспелые сорта при наборе этой суммы активных температур успевают формировать полноценный урожай семян.

Основным лимитирующим фактором для получения высоких урожаев сои является влагообеспеченность. За вегетационный период дефицит влаги отмечен в 2010, 2014, 2016, 2018, 2021 гг., то есть из 12 лет 5 были засушливые, ГТК составляло 0,5; 0,8; 0,8; 0,7; 0,7 соответственно. Самая длительная воздушная и почвенная засуха 2010 г. отрицательно отразилась не только на урожайности, но и на качестве семян сои [14].

Селекционные работы по созданию сортов сои проводили на экспериментальном участке Чувашского научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ). Почва опытного поля серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 4,1, близкая к нейтральным (с реакцией почвенного раствора 5,7), с повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия.

В Чувашском НИИСХ за последние годы созданы сорта сои, адаптированные к условиям произрастания на территории 56° с. ш. [15]. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использо-

ванию, внесены: сорт Чера-1 для возделывания в Волго-Вятском, Средневолжском, Западно-Сибирском, Центральном, сорт Памяти Фадеева – в Средневолжском, Волго-Вятском, Центральном, Центрально-Черноземном, Западно-Сибирском, сорт Люмария – в Центральном, Волго-Вятском и Средневолжском регионах Российской Федерации. В 2022 г. в Реестр включен новый раннеспелый сорт сои Цивиль для возделывания в Центральном регионе Российской Федерации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сорт Цивиль относится к маньчжурскому подвиду, апробационной группе украинка (по Енкену). Сорт создан авторским коллективом сотрудников группы селекции и семеноводства сои Чувашского НИИСХ путем скрещивания сортов Чера-1 и ЮГ 30 и многократным индивидуальным отбором в гибридной популяции $F_3 - F_8$. Раннеспелый, для формирования полноценных бобов достаточно суммы активных температур выше 10 °С от 1800 до 2000°.

Растения имеют законченный тип развития, опушение светло-серое средней густоты, средней высоты (65–85 см). Куст компактный, прямостоячий, ветвление слабое (2–3), цветы белые, семена шаровидные, желтые, матовые среднего размера, рубчик короткий светло-коричневый. В табл. 1 представлены морфобиологические особенности сорта Цивиль.

Период от всходов до полной спелости семян в теплые засушливые годы сорт

Табл. 1. Характеристика сорта сои Цивиль по некоторым количественным показателям (среднее за 2018–2021 гг.)

Table 1. Characteristics of the Civil soybean variety according to some quantitative indicators (average for 2018–2021)

Сорт	Вегетационный период	Урожайность семян, ц/га	Масса 1000 семян, г	Высота растений, см	Высота нижнего боба, см	Число бобов на растение, шт.	Содержание белка, %	Содержание жира, %
Цивиль	98 (83–105)	28,9 (24,1–32,5)	131 (125–140)	88 (67–92)	13,5 (11–16)	75 (45–110)	38,7 (36,1–42,4)	20,4 (18,7–24,0)
СибНИИК 315 (стандарт)	102 (90–106)	26,8 (19,3–30,6)	165 (150–173)	73 (57–82)	13,1 (9–17)	56 (35–71)	38,3 (36,7–41,8)	18,6 (16,6–20,7)

проходил за 83–85 дней, во влажные прохладные годы – за 95–105 дней. В условиях 2020 г. полное созревание сои отмечено 10 сентября при наборе суммы активных температур 1950°, а в 2021 г. жаркая сухая погода способствовала ускорению фазы развития, и соя к уборке была готова на 23 августа (сумма активных температур за период вегетации 2472°). В условиях Чувашии для накопления суммы активных температур в пределах 2000° достаточны посев сои в середине мая и уборка в конце августа или в начале сентября.

Растения данного сорта имеют достаточно крепкий стебель и за годы испытаний полегание у них не отмечено. Бобы не раскрываются, крепкое прикрепление семян к створкам боба предотвращает их осыпание. Высота прикрепления нижнего боба находилась в пределах 11–16 см (см. рис. 1), и потери при комбайновой уборке не превышали 5–7% от биологического урожая семян.

При плотности перед уборкой 35–40 растений на одном квадратном метре куст имеет от 60 до 100 бобов, и в основном бобы были трехсемянные (см. рис. 2). Эта особенность отмечена на разреженных посевах, загущение посевов более 60 растений на единицу площади ведет к уменьшению количества ветвлений, числа бобов на растении и семян в бобе.

В условиях Чувашии урожайность семян сорта Цивиль по годам при конкурсном сор-

тоиспытании и в питомниках размножения доходила от 24,1 до 32,5 ц/га (при НСР_{0,5} = 0,78 ц/га). Превышение над стандартным сортом СибНИИК 315 составило в среднем 2,1 ц/га. В 2020 г., по данным ГСУ, показатели урожайности выше 30 ц/га на богаре были в Тульской (33,5 ц/га), Орловской (33,8) областях, Мордовской Республике (38,1 ц/га).

Содержание белка в среднем по годам равнялось 38,7%, то есть на уровне стандартного сорта, по содержанию жира Цивиль превосходил районированный сорт на 1,8%. Особенно это наблюдали в засушливом 2021 г., когда содержание жира у нового сорта было на уровне 24%. За годы испытаний при средней урожайности 28,9 ц/га сбор белка и жира с одного гектара составил 1118,4 и 589,6 кг соответственно, что имеет превышение над стандартным сортом на 9,0 и 18,3% соответственно.



Рис. 1. Вид бобов и семян сорта сои северного экотипа Цивиль

Fig. 1. Type of beans and seeds of the soybean variety of the northern ecotype Civil



Рис. 2. Растения сорта сои северного экотипа Цивиль

Fig. 2. Soybean plants of the northern ecotype Civil

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимущества нового сорта сои северного экотипа Цивиль по сравнению со стандартом:

- ультраскороспелость, вегетационный период 83–85 дней (сумма активных температур 1800°);

- технологичность в уборке (не полегает, не растрескивается, не осыпается). Потери при комбайновой уборке не превышают 5–7% от биологического урожая семян;

- высокий потенциал продуктивности (в оптимальных условиях урожай достигал 38,1 ц/га);

- высокое содержание белка (38,7%) и жира (20,4%).

Включение нового раннеспелого сорта сои северного экотипа Цивиль в производственные посевы в областях Центрального региона позволит получать стабильные урожаи бобов сои и в конечном итоге позволит решить проблему белка в отрасли животноводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорохов А.С., Бельшикина М.Е., Большева К.К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. №. 3 (47). С. 25–33. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-25-33.
2. Расулова В.А., Мельник А.Ф. Анализ современного состояния производства сои в России // Вестник сельского развития и социальной политики. 2020. №. 3 (27). С. 6–8.
3. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ: монография. Орел: Картуш, 2019. 320 с.
4. Бельшикина М.Е. Влияние агрометеорологических условий на продукционный процесс сортов сои северного экотипа // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. №. 2 (50). С. 15–21. DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-15-21.
5. Юшкевич Л.В., Ершов В.Л., Ломановский А.В. Агротехнология яровой пшеницы

- после соевого предшественника в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. №. 1 (29). С. 56–62.
6. Попова Н.П., Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа // Известия ТСХА. 2018. № 1. С. 104–108. DOI 10.26897/0021-342X-2018-1-104-108.
 7. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика. Краснодар: Просвещение-Юг. 2010. 13–14 с.
 8. Арькова Ж.А., Утешев В.Ю., Машутиков В.И., Арьков К.А. Сравнительная оценка продуктивности сортов сои в условиях Тамбовской области // Наука и Образование. 2019. Т. 2. №. 3. С. 1–9.
 9. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Агроэкологическая оценка новых линий сои селекции ФГБНУ "АНЦ" Донской" // Зерновое хозяйство России. 2019. №. 6. С. 7–11. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-7-11.
 10. Иванова И.Ю., Фадеев А.А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. №. 4 (36). С. 93–98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210.
 11. Ivanova I., Ilina S. Variability of morphological features of spring soft wheat Moskovskaya 35 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. T. 433. №. 1. С. 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012016.
 12. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., Матвеева О.Л. Влияние погодных условий на признаки технологичности и урожайности сои в северо-восточной части РФ // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. №. 5 (66). С. 59–63. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63.
 13. Карягин Ф.А. Современные гидроклиматические изменения в Чувашии: монография. Чебоксары: ЧГИГН, РГСУ, 2007. Т. 2. 151 с.
 14. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В. Влияние засухи на биометрические показатели раннеспелых сортообразцов сои // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013. №. 6 (37). С. 26–29.
 15. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В. Соя стратегическая культура в экономической политике // Владимирский земледелец. 2017. №. 1 (79). С. 27–28.

REFERENCES

1. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E., Bol'sheva K.K. Soy production in the Russian Federation: basic trends and development prospects. *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2019, no. 3 (47), pp. 25–33. (In Russian). DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-25-33.
2. Rasulova V.A., Mel'nik A.F. Analysis of the current state of soybean production in Russia. *Vestnik sel'skogo razvitiya i social'noj politiki = Bulletin of Rural Development and Social Policy*, 2020, no. 3 (27), pp. 6–8. (In Russian).
3. Golovina E.V., Zotikov V.I. *Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation*. Orel, Kartush, 2019, 320 p. (In Russian).
4. Bely'shkina M.E. Influence of agrometeorological conditions on production process of the north ecotype soybean. *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2020, no. 2 (50), pp. 15–21. (In Russian). DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-15-21.
5. Yushkevich L.V., Ershov V.L., Lomanovskij A.V. Agrarian technology of the spring wheat after soybean predecessor in forest-steppe agro landscape in Western Siberia. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Omsk State Agrarian University*, 2018, no. 1 (29), pp. 56–62. (In Russian).
6. Popova N.P., Bely'shkina M.E., Kobozeva T.P. Protein complex features of the northern ecotype soybean seeds. *Izvestiya TSXA = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2018, no 1, pp. 104–108. (In Russian). DOI 10.26897/0021-342X-2018-1-104-108.
7. Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants as an independent scientific discipline. *Theory and practice*. Krasnodar, Prosveshchenie-Yug, 2010, pp. 13–14. (In Russian).
8. Ar'kova Zh.A., Uteshev V.Yu., Mashutikov V.I., Ar'kov K.A. Comparative assessment of the productivity of soybean varieties in the conditions of the Tambov region. *Nauka i Obrazovanie = Science and Education*, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 1–9. (In Russian).
9. Ashiev A.R., Xabibullin K.N., Skulova M.V. Agroecological estimation of the new soybean lines developed in the agricultural research center "Donskoy". *Zernovoe khozyajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2019, no. 6, pp. 7–11. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-7-11.
10. Ivanova I.Yu., Fadeev A.A. Influence of weather conditions on soybean yield in the conditions of the Volga-Vyatka region. *Zernobobovy'e i krupyany'e kul'tury' = Legumes and Groat Crops*, 2020, no. 4 (36), pp. 93–98. (In Russian). DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210.
11. Ivanova I., Ilina S. Variability of morphological features of spring soft wheat Moskovskaya 35. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing*, 2020, vol. 433, no. 1, pp. 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012016.
12. Fadeeva M.F., Vorob'eva L.V., Matveeva O.L. The influence of weather conditions on the signs of manufacturability and yield of soybeans in the north-eastern part of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2018, no. 5 (66), pp. 59–63. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63.
13. Karyagin F.A. *Modern hydroclimatic changes in Chuvashia*. Cheboksary, ChGIGN, RGSU Publ., 2007, vol. 2, 151 p. (In Russian).
14. Fadeeva M.F., Vorob'eva L.V. Influence of drought on biometric indicators of early-ripening soybean varieties. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2013, no. 6 (37), pp. 26–29. (In Russian).
15. Fadeeva M.F., Vorob'eva L.V. Soy strategic culture in economic policy. *Vladimirskij zemledecz = Vladimir Agricolist*, 2017, no. 1 (79), pp. 27–28. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Фадеев А.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, директор; **адрес для переписки:** Россия, 429911, Чувашская Республика, Цивильский район, пос. Опытный, ул. Центральная, 2; e-mail: optniish@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Andrey A. Fadeev**, Candidate of Science in Agriculture, Director; **address:** 2, Tsentralnaya St., Opytny settl., Tsivilsky district, Chuvash Republic, 429911, Russia; e-mail: optniish@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.07.2022
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 04.10.2022
 Дата публикации / Published 20.02.2023

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СОРНЫЙ КОМПОНЕНТ АГРОФИТОЦЕНОЗА В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО РАПСА

✉ Черкасова Е.А.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Тюмень, Россия

✉ e-mail: evgeniyacherkasova92@mail.ru

Представлены данные полевых опытов за 2019–2021 гг., проведенные в условиях Северо-Казахстанской области. Показаны приемы совершенствования элементов технологии возделывания сортов и гибридов ярового рапса, направленных на оптимизацию показателей продуктивности. Определены видовой состав, биологические группы сорных растений, компоненты агрофитоценоза и степень засорения сортов и гибридов ярового рапса. Основные учеты и наблюдения проведены согласно методике госсортоиспытания. В исследование были включены сорта Юбилейный, Герос, Майкудык, Хантер, Махаон и гибриды Калибр, Билдер, GEN0009. Изучение сортов и гибридов проведено по двум опытам: на фоне двух предшественников (чистый пар и яровая пшеница); по нормам высева (2,0; 2,5 и 3,0 млн всхожих семян/га). Результаты исследований 2019–2021 гг. показывают, что степень засорения зависела от особенностей сорта или гибрида. Выявлено, что в опыте по предшественникам посевы ярового рапса по чистому пару незначительно чище. За счет проведенной агротехники чистый пар позволяет освободить почву от сорных растений и накопить влагу в корнеобитаемом слое, но статистически достоверные различия не обнаружены. Наиболее чистыми были посевы сорта Майкудык (2,6%) и гибрида Билдер (2,8%). Во втором опыте установлено, что увеличение норм высева от 2,0 до 3,0 млн всхожих семян/га приводило постепенно к снижению засоренности. Наименьшей засоренностью в этом опыте обладали сорт Майкудык (степень засорения 13,9%) и гибрид Билдер (14,7%).

Ключевые слова: степень засорения, сорные растения, яровой рапс, сорта, гибриды

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS ON THE WEED COMPONENT OF AGROPHYTOCENOSIS IN SPRING RAPE CROPS

✉ Cherkasova E.A.

Northern Trans-Ural State Agricultural University

Tyumen, Russia

✉ e-mail: evgeniyacherkasova92@mail.ru

Data from field experiments for 2019–2021 conducted under conditions of the North Kazakhstan region are presented. The methods of improving the elements of cultivation technology of spring rape varieties and hybrids aimed at optimizing the indicators of productivity are shown. The species composition, biological groups of weeds, components of agrophytocenosis and the degree of weed infestation of spring rape varieties and hybrids were determined. Basic recordings and observations were made in accordance with the methodology of state variety testing. The following varieties were included in the study: Jubilee, Geros, Maikudyk, Hunter, Mahaon and hybrids: Caliber, Bilder, GEN0009. The study of varieties and hybrids was conducted in two experiments: on the background of two forecrops (complete fallow and spring wheat); by seeding rates (2.0; 2.5 and 3.0 million germinated seeds/ha). The 2019–2021 results show that the degree of infestation depended on the characteristics of the variety or hybrid. It was found that in the experiment on the forecrops the crops of spring rape on complete fallow were slightly cleaner. Due to the implemented agrotechnics, complete fallow allows you to clean the soil from weeds and accumulate moisture in the root layer, but statistically significant differences were not detected. The cleanest crops were the variety Maikudyk (2.6%) and the hybrid Bilder (2.8%). In the second experiment, it was found that increasing seeding rates from 2.0 to 3.0 million germinated seeds/ha led to a gradual decrease in weediness. The variety

Maikudyk (degree of weeding 13.9%) and the hybrid Bilder (14.7%) had the lowest weediness in this experiment.

Keywords: degree of weed infestation, weedage, spring rape, varieties, hybrids

Для цитирования: Черкасова Е.А. Влияние элементов технологии возделывания на сорный компонент агрофитоценоза в посевах ярового рапса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 29–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-4>

For citation: Cherkasova E.A. Influence of cultivation technology elements on the weed component of agrophytocenosis in spring rape crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 29–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-4>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько десятилетий изменились многие позиции в технологии возделывания ярового рапса: с каждым годом появляются новшества в технологии посева и ухода за посевами. Изменился и его сортовой состав, побуждающий проводить испытания для дальнейшего районирования в условиях меняющегося резко континентального климата [1, 2].

Значительно повысить урожайность культуры, окупаемость затрат и более эффективно использовать почвенно-климатический потенциал позволяет правильный выбор сорта или гибрида [3]. В связи с этим стоит задача подобрать для каждой почвенно-климатической зоны лучшие сорта и гибриды рапса отечественной и зарубежной селекции, которые в полной мере отвечают требованиям производства [4].

Цель исследования – представить элементы технологии возделывания ярового рапса, направленные на оптимизацию показателей продуктивности сортов и гибридов ярового рапса в условиях Северо-Казахстанской области.

Задача исследования – провести оценку влияния элементов технологии возделывания сортов и гибридов ярового рапса на видовой состав, биологические группы сорных растений, компоненты агрофитоценоза и степень засорения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019–2021 гг. в Есильском районе Северо-Казахстанской об-

ласти Республики Казахстан. Основные учеты и наблюдения проведены согласно методике госсортоиспытания. В работе использованы эмпирические и теоретические методы исследований, основанные на полевом опыте, лабораторных исследованиях, анализе и статистических методах. Опыты закладывали по типу питомника конкурсного сортоиспытания. Повторность четырехкратная, размещение делянок последовательное, площадь учетной делянки 25 м².

Изучение сортов и гибридов проведено по двум опытам:

- на фоне двух предшественников (чистый пар и яровая пшеница);
- по нормам высева (2,0; 2,5 и 3,0 млн всхожих семян/га).

Исследуемые сорта – Герос, Майкудык, Хантер, Махаон, гибриды – Калибр, Билдер, GEN0009. Опрыскивание посевов проводили гербицидом Галион (0,27 л/га) в фазу 3–6-го листьев культуры. В течение вегетации для борьбы с комплексом вредителей осуществляли двукратную обработку системными инсектицидами Биская и Децис Профи (0,03 л/га) [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Растения рапса в процессе вегетации формируют большую надземную массу, поэтому в дальнейшем сами способны подавлять сорную растительность [6]. Однако для того, чтобы эта надземная масса была успешно сформирована, на начальных фазах развития посевы рапса должны быть практически чистыми от сорной растительно-

сти¹ [7]. Борьба с сорно-полевыми растениями эффективна и результаты ее стабильны, если она базируется на знании их видового состава в каждом конкретном природно-хозяйственном регионе [8, 9].

При возделывании рапса за годы исследований встречались сорные растения двух биологических типов: мало- и многолетние. Из малолетних двудольных наиболее распространены пастушья сумка, ярутка полевая, ромашка непахучая, марь белая, подмаренник цепкий, щирица обыкновенная; из малолетних однодольных – щетинник сизый, просо куриное, из многолетних – осот желтый, выюнок полевой, сурепка обыкновенная и одуванчик лекарственный. По нашим данным, в зависимости от погодных условий года видовой состав преобладающих сорных растений на вариантах изменялся, но незначительно. При этом малолетние сорные растения составляли 71% от общего видового состава, многолетние – 29%.

В посевах ярового рапса определены два компонента агрофитоценоза – растения ярового рапса и сорные растения. Отмечено, что засоренность в опыте по предшественникам перед применением гербицида находилась на уровне 11,1–14,2% и соответствовала средней степени засорения. По чистому пару она была ниже на 1,6–1,7%, чем по яровой пшенице, и составила перед применением гербицида 11,1–12,5% по чистому пару и 12,7–14,2% по яровой пшенице. Через месяц после применения гербицида степень засорения в опыте снизилась на 8,5–10,5%, по чистому пару она находилась в пределах 2,6–3,7%. К уборке ярового рапса за счет появления таких зимующих сорных растений, как пастушья сумка, ярутка полевая, ромашка непахучая, степень засорения возросла на 15,6–16,4% и составила 18,2–23,7%. Перед уборкой по чистому пару данный показатель был меньше на 3,1–3,6%, чем по яровой пшенице, – 18,2–20,1%. По предшественнику яровая пшеница он составил 21,3–23,7%. Сравнивая степень засорения посевов сортов и гибридов, стоит отметить, что данный показатель у сортов перед применением гербицида был незна-

чительно меньше – 11,1–14,2%. Через месяц после применения гербицида степень засорения у сортов также оказалась незначительно меньше – 2,6–3,4%. Перед уборкой у сортов она равнялась 18,2–23,7%.

Степень засорения 11,1% отмечена при возделывании сорта Майкудык по предшественнику чистый пар перед применением гербицида. Через месяц после его применения данный показатель снизился на 8,5% и составил 2,6%. Наименьший показатель перед уборкой равен 18,2%, что незначительно меньше стандарта (см. табл. 1).

Во втором опыте тенденция увеличения степени засорения посевов ярового рапса при уменьшении нормы высева сохранялась по годам, поддаваясь небольшой корректировке погодными условиями конкретного года. Наименьшей степенью засорения обладали сорта и гибриды с нормой высева 3,0 млн всхожих семян/га. Степень их засорения – 7,9–8,9%, что ниже других испытываемых вариантов на 3,2–3,6%. Благодаря применению гербицида степень засорения снизилась на 8,0–8,8% и через месяц после применения составила 1,9–3,7%. Перед уборкой данный показатель был равен 13,9–15,5% на посевах при норме высева 3,0 млн всхожих семян/га: ниже на 4,3–4,6% по сравнению с другими нормами высева.

Степень засорения сортов перед применением гербицида была незначительно меньше по сравнению с гибридами и находилась на уровне 7,9–12,2%. Через месяц после применения гербицида у сортов она оказалась немного ниже – 1,9–3,3%, перед уборкой также незначительно меньше – 13,9–20,1%.

Степенью засорения 7,9% отмечены посеvy сорта Майкудык и Юбилейный. Через месяц после применения гербицида степень засорения снизилась до 1,9% при норме высева 3,0 млн всхожих семян/га у сорта Майкудык и гибрида Билдер. Перед уборкой степень засорения 13,9% отмечена у сорта Майкудык с нормой высева 3,0 млн всхожих семян/га, что незначительно меньше стандарта (см. табл. 2). Снижение нормы высева семян приводило к увеличению степени засорения посевов ярового рапса. При норме

¹Данилов В.П., Полюдина Р.И. Ассортимент сортов культур для кормопроизводства // Моя Сибирь для животноводов (спецвыпуск аграрного бизнес-журнала «Моя Сибирь»). Декабрь 2017. С. 8–11.

Табл. 1. Компоненты агрофитоценоза посевов ярового рапса при норме высева 2,0 млн всхожих семян/га по предшественникам (2019–2021 гг.)
Table 1. Components of agrophytocenosis of spring rape crops with a seeding rate of 2.0 million germinating seeds per hectare by forecrops (2019-2021)

	Предшественник													
	Чистый пар (контроль)							Яровая пшеница						
	Количество растений перед применением гербицида, шт./м²	Степень засорения, %	Количество растений через месяц после применения гербицида, шт./м²	Степень засорения, %	Количество растений перед уборкой, шт./м²	Степень засорения, %	Масса сорняков, г/м²	Количество растений перед применением гербицида, шт./м²	Степень засорения, %	Количество растений через месяц после применения гербицида, шт./м²	Степень засорения, %	Количество растений перед уборкой, шт./м²	Степень засорения, %	Масса сорняков, г/м²
Сорт, гибрид														
Юбилейный (стандарт)	176 22,3	11,2	159 5,1	3,1	105 23,6	18,4	41,2	173 26,4	13,2	158 5,2	3,2	99 27,7	21,9	44,5
Герос	174 22,6	11,5	156 5,3	3,3	101 23,8	19,1	41,0	171 26,8	13,5	157 5,2	3,2	97 28,9	22,9	45,2
Майкудык	174 21,7	11,1	162 4,4	2,6	104 23,2	18,2	40,6	176 25,7	12,7	160 4,8	2,9	101 27,4	21,3	43,2
Хантер	173 22,9	11,7	154 5,3	3,3	96 24,1	20,1	42,1	167 26,9	13,9	157 5,3	3,3	96 28,4	22,8	45,1
Махаон	172 23,5	12,2	156 5,2	3,2	97 24,2	19,9	42,0	169 27,9	14,2	150 5,3	3,4	95 29,5	23,7	46,5
Калибр	168 24,1	12,5	154 5,4	3,4	97 23,2	19,3	40,1	166 27,1	14,0	151 5,5	3,5	96 29,6	23,6	46,3
Билдер	175 22,0	11,2	165 4,8	2,8	98 23,8	19,5	40,3	175 26,8	13,3	160 5,0	3,0	95 27,8	22,6	44,7
GEN0009	171 22,9	11,8	152 5,8	3,7	97 23,9	19,8	41,8	168 27,5	14,1	151 5,4	3,5	94 29,0	23,6	46,2
НСР 05	5,3 3,3	4,1	5,0 1,5	1,3	4,7 3,5	4,5		5,7 3,9	4,3	5,1 1,6	1,4	5,2 4,2	5,1	

Примечание. В числителе – количество культурных растений, шт./м², в знаменателе – количество сорняков, шт./м².

Табл. 2. Компоненты агрофитоценоза посевов ярового рапса, размещенных после чистого пара, в зависимости от нормы высева (2019–2021 гг.)
Table 2. Components of agrophytocenosis of spring rape crops placed after complete fallow depending on the seeding rate (2019-2021)

Сорт, гибрид	Норма высева всхожих семян на 1 га (предшественник чистый пар), млн													
	2,0 (контроль)							2,5						
	Количество растений перед применением гербицида, шт./м ²	Степень засорения, %	Количество растений через месяц после применения гербицида, шт./м ²	Степень засорения, %	Количество растений перед применением гербицида, шт./м ²	Степень засорения, %	Масса сорных растений, г/м ²	Количество растений перед применением гербицида, шт./м ²	Степень засорения, %	Количество растений через месяц после применения гербицида, шт./м ²	Степень засорения, %	Количество сорных растений перед уборкой, шт./м ²	Степень засорения, %	Количество сорных растений перед уборкой, шт./м ²
Юбилейный (стандарт)	176 22,3	11,2	159 5,1	3,1	105 23,6	18,4	41,2	219 22,4	9,3	192 5,2	2,6	122 24,7	16,8	40,1
Герос	174 22,6	11,5	156 5,3	3,3	101 23,8	19,1	41,0	216 22,6	9,5	190 5,1	2,6	119 24,9	17,3	41,3
Майкудык	174 21,7	11,1	162 4,4	2,6	104 23,2	18,2	40,6	216 21,8	9,2	194 4,9	2,5	111 23,5	17,5	40,0
Хантер	173 22,9	11,7	154 5,3	3,3	96 24,1	20,1	42,1	212 22,8	9,7	190 5,2	2,7	106 25,2	19,2	42,3
Махаон	172 23,5	12,2	156 5,2	3,2	97 24,2	19,9	42,0	215 23,1	9,7	188 5,1	2,6	111 25,0	18,4	42,1
Калибр	168 24,1	12,5	154 5,4	3,4	97 23,2	19,3	40,1	211 24,3	10,3	178 5,0	2,7	106 24,3	18,6	41,2
Билдер	175 22,0	11,2	165 4,8	2,8	98 23,8	19,5	40,3	220 22,2	9,2	190 4,9	2,5	126 23,8	15,9	41,1
GEN0009	171 22,9	11,8	152 5,8	3,7	97 23,9	19,8	41,8	212 22,9	9,7	187 5,7	2,9	114 24,9	17,9	42,1
НСР ₀₅	5,3 3,3	4,1	5,0 1,5	1,3	4,7 3,5	4,5		5,0 3,5	3,8	4,3 1,5	1,4	3,3 3,8	4,7	

Примечание. В числителе – количество культурных растений, шт./м², в знаменателе – количество сорных растений, шт./м².

высева 3,0 млн всхожих семян/га отмечены погибшие экземпляры сорных растений, по всей видимости, не выдержавших конкуренции со стороны ярового рапса.

Отношение массы надземной части сорных растений к общей надземной массе агрофитоценоза, выраженное в процентах, Н.З. Милащенко назвал долей сорняков, или их вредоносностью [10]. Установлено, что по численности и видовому составу сорных растений в учетных рамках можно судить о том, что в пределах одного поля засоренность неодинакова [11–14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За годы наших исследований выявлено, что в опыте по предшественникам посевы ярового рапса по чистому пару незначительно чище. За счет проведенной агротехники чистый пар позволяет освободить почву от сорных растений и накопить влагу в корнеобитаемом слое, но статистически достоверные различия не обнаружены. Наиболее чистыми были посевы сорта Майкудык (2,6%) и гибрида Билдер (2,8%). Во втором опыте установлено, что увеличение норм высева от 2,0 до 3,0 млн всхожих семян/га приводило постепенно к снижению засоренности. Наименьшей засоренностью в этом опыте обладали сорт Майкудык (степень засорения 13,9%) и гибрид Билдер (14,7%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носкова Е.В., Шукин С.В. Роль систем энергосберегающей обработки почвы в управлении засоренностью посевов и урожайностью ярового рапса // *Главный агроном*. 2018. № 4. С. 29–32.
2. Нурлыгаянов Р.Б., Карома А.Н., Карома И.А., Филимонов А.Л. Перспективы возделывания ярового рапса в Кемеровской области в условиях импортозамещения // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2015. № 5. С. 22–23.
3. Нурлыгаянов Р.Б., Филимонов А.Л. Производство семян ярового рапса в Западной Сибири // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 4. С. 20–22.
4. Бедарева О.М., Францева А.Б., Горошина Г.В. Влияние агроэкологических условий на урожайность семян сортов ярового рапса в условиях Калининградской области // *Известия Калининградского государственного технического университета*. 2017. № 44. С. 174–182.
5. Черкасова Е.А., Рзаева В.В. Сравнительная продуктивность сортов и гибридов ярового рапса в условиях Северо-Казахстанской области // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 4. С. 34–36. DOI: 10.28983/asj.y2021i4pp34-36.
6. Гущина В.А., Уполовников Д.А., Лыкова А.С., Летучий А.В. Продуктивность и экономическая эффективность возделывания ярового рапса при различных нормах его высева // *Аграрный научный журнал*. 2017. № 3. С. 3–8.
7. Егушова Е., Нурлыгаянов Р. Влияние климатических изменений на производство продукции растениеводства (на примере Кемеровской области) // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2015. № 3. С. 45–49.
8. Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С., Лошкомойников И.А. Продуктивность и жирно-кислотный состав масла рапса и сурепицы в условиях Западной Сибири // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2017. № 6. С. 42–44.
9. Нурлыгаянов Р.Б., Карома А.Н., Межевский А.Л. Значение учений о сельском хозяйстве М.Т. Варрона в земледелии Западной Сибири (на примере Кемеровской области) // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2013. № 5–6. С. 91–94.
10. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А. Устойчивое развитие агроландшафтов: монография. Пушкино: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2000. 282 с.
11. Нурлыгаянов Р.Б., Филимонов А.Л. Производство семян ярового рапса в Западной Сибири // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 4. С. 20–22.
12. Моисеев А.Н., Моисеев Е.А. Засоренность травопольного севооборота в условиях Северной лесостепи Тюменской области // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022. № 4 (71). С. 121–124.
13. Фатыхов И.Ш., Вафина Э.Ф., Медведев В.В. Приемы обработки почвы в технологии возделывания ярового рапса Аккорд в условиях Среднего Предуралья: монография. Ижевск: Издательство Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, 2021. 124 с.
14. Моторин А.С., Малышкин Н.Г., Санникова Н.В., Конищева В.А. Вредоносность сорного компонента в агрофитоценозах Северного Зауралья: монография. Тюмень: Издательство Государственного аграрного университета Северного Зауралья, 2018. 362 с.

REFERENCES

1. Noskova E.V., Shchukin S.V. The role of energy-saving tillage systems in crop weed and yield management of spring rape. *Glavnyi agronom = Chief Agronomist*, 2018, no. 4, pp. 29–32. (In Russian).
2. Nurlygayanov R.B., Karoma A.N., Karoma I.A., Filimonov A.L. Prospects for the cultivation of spring rape in the Kemerovo region in conditions of import substitution. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International agricultural journal*, 2015, no. 5, pp. 22–23. (In Russian).
3. Nurlygayanov R.B., Filimonov A.L. Production of spring rape seeds in Western Siberia. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International agricultural journal*, 2018, no. 4, pp. 20–22. (In Russian).
4. Bedareva O.M., Frantseva A.B., Goroshina G.V. Effect of agro-ecological conditions on seed yield of spring rape varieties under conditions of the Kaliningrad region. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = KSTU News*, 2017, no. 44, pp. 174–182. (In Russian).
5. Cherkasova E.A., Rzaeva V.V. The comparative productivity of spring rape varieties and hybrids in the conditions of the North Kazakhstan region. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 4, pp. 34–36. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2021i4pp34-36.
6. Gushchina V.A., Upolovnikov D.A., Lykova A.S., Letuchii A.V. Productivity and economic efficiency of spring rape cultivation at the different seeding rate. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2017, no. 3, pp. 3–8. (In Russian).
7. Egushova E., Nurlygayanov R. The impact of climate change on crop production (the example of the Kemerovo region). *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International agricultural journal*, 2015, no. 3, pp. 45–49. (In Russian).
8. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S., Loshkoinikov I.A. Productivity and fatty acid composition of rapeseed and turnip oil in Western Siberia conditions. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International agricultural journal*, 2017, no. 6, pp. 42–44. (In Russian).
9. Nurlygayanov R.B., Karoma A.N., Mezhevich A.L. Significance of M.T. Varron's teachings concerning agriculture in the farming of Western Siberia (on the example of the Kemerovo Region). *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International agricultural journal*, 2013, no. 5-6, pp. 91–94. (In Russian).
10. Milashchenko N.Z., Sokolov O.A., Braison T., Chernikov V.A. *Sustainable development of agrolandscapes*. Pushchino: MSKhA named after K.A. Timiryazev, 2000, 282 p. (In Russian).
11. Nurlygayanov R.B., Filimonov A.L. Spring rapeseed production in Western Siberia. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International agricultural journal*, 2018, no. 4, pp. 20–22. (In Russian).
12. Moiseev A.N., Moiseev E.A. Weed infestation in a grass-field crop rotation in the Northern forest-steppe of the Tyumen region. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2022, no. 4 (71), pp. 121–124. (In Russian).
13. Fatykhov I.Sh., Vafina E.F., Medvedev V.V. *Methods of tillage in the technology of cultivation of spring rape Accord in the conditions of the Middle Cis-Ural region*. Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy Publisher, 2021. 124 p. (In Russian).
14. Motorin A.S., Malyshkin N.G., Sannikova N.V., Konishcheva V.A. *Harmfulness of the weed component in agrophytocenoses of the Northern Trans-Urals*. Tyumen: Publishing house of the State Agrarian University of the Northern Trans-Ural, 2018, 362 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Черкасова Е.А., соискатель; адрес для переписки: Республика Казахстан, 150513, Северо-Казахстанская область, Есильский район, с. Покровка, ул. Строительная, 49; e-mail: evgeniyacherkasova92@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Evgenia A. Cherkasova, External Doctorate Student; address: 49, Stroitel'naya St., Pokrovka vil., Esil'sky District, North-Kazakhstan Region, 150513, Republic of Kazakhstan; e-mail: evgeniyacherkasova92@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.12.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.01.2023
Дата публикации / Published 20.02.2023



ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТНАЯ СПОСОБНОСТЬ ФЕСТУЛОЛИУМА В СМЕСИ С ЛЮЦЕРНОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА КОРМ

✉ Бакшаев Д.Ю.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ bakshaevd@mail.ru

Представлены результаты анализа урожайности и биологической эффективности совместного возделывания фестулолиума и люцерны при различных способах посева и внесения азотных удобрений в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Совместный посев фестулолиума с люцерной при различном чередовании рядов снижает урожайность зеленой массы на 8,9–15,1% по сравнению с одновидовым посевом фестулолиума. Внесение азота в дозе 30 кг/га достоверно увеличило урожайность смесей фестулолиума с люцерной в вариантах черезрядного посева на 21,2% и в варианте посева смесью семян на 20,2% за счет увеличения количества побегов на растении фестулолиума на 11,1%, массы побега – на 12,5–17,8%. Увеличение дозы азота до 60 кг/га достоверно повысило урожайность фестулолиума на 16,13 т зеленой массы/га (74,1%) по сравнению с неудобренным фоном за счет увеличения количества побегов на растении на 26,6% и увеличения массы одного побега на 30,1%. В смесях отмечено уменьшение на 21,0–30,2% численности побегов злакового компонента и на 76,7–82,1% – бобового. При этом у фестулолиума масса побега увеличилась на 8,3–42,5%, у люцерны – снизилась на 54,3–81,5%, что свидетельствует об ее угнетении. Показатель эффективности использования пашни (LER) отмечен выше в вариантах с внесением удобрений. Без использования азота основная доля фактора принадлежит фестулолиуму. С внесением небольших доз азота возрастает влияние бобового компонента за счет повышения конкурентоспособности (CR). При этом положительное значение коэффициента агрессивности (CA) отмечено у злакового компонента, что характеризует его как доминирующий вид.

Ключевые слова: фестулолиум, люцерна, способы посева, азотные удобрения, конкурентная способность

EFFICIENCY AND COMPETITIVE ABILITY OF FESTULOLIUM MIXED WITH ALFALFA WHEN GROWN FOR FEED

✉ Bakshaev D.Yu.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ bakshaevd@mail.ru

The results of yield analysis and biological efficiency of joint cultivation of festulolium and alfalfa with different methods of sowing and nitrogen fertilizers in the forest-steppe zone of Western Siberia are presented. The joint sowing of festulolium with alfalfa at different alternation of rows reduces the yield of green mass by 8.9-15.1% compared to the single-seeded festulolium sowing. Nitrogen application at a dose of 30 kg/ha significantly increased the yield of festulolium mixtures with alfalfa in the variants of inter-row sowing by 21.2% and in the variant of sowing by seed mixture by 20.2% due to the increase of shoots on festulolium plant by 11.1%, and the shoot weight - by 12.5-17.8%. An increase in nitrogen dose to 60 kg/ha significantly increased the yield of festulolium 16.13 t/ha

green mass (74.1%) compared with unfertilized background due to an increase in the number of shoots on the plant by 26.6% and an increase in weight per shoot by 30.1%. There was a 21.0-30.2% decrease in the number of shoots of the cereal component in the mixtures and a 76.7-82.1% decrease in the number of shoots of the legume component. At the same time, the shoot mass of festulolium increased by 8.3-42.5%, while that of alfalfa decreased by 54.3-81.5%, indicating its depression. Land equivalent ratio (LER) is higher in the variants with the application of fertilizers. With no nitrogen use, the major share of the factor belongs to festulolium. With the application of small doses of nitrogen, the impact of the legume component increases through increased competitive ratio (CR). At the same time, a positive value of the coefficient of aggressivity (CA) was noted in the cereal component, which characterizes it as the dominant species.

Keywords: festulolium, alfalfa, sowing methods, nitrogen fertilizers, competitive ability

Для цитирования: Бакшаев Д.Ю. Эффективность и конкурентная способность фестулолиума в смеси с люцерной при выращивании на корм // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 36–44. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-5>

For citation: Bakshaev D.Yu. Efficiency and competitive ability of festulolium mixed with alfalfa when grown for feed. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 36–44. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-5>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Многолетние травы занимают ведущее место в решении проблемы получения полноценных кормов, сбалансированных по протеину, незаменимым аминокислотам и витаминам. Они служат основой для биологизации земледелия, повышения плодородия почвы, защиты ее от ветровой и водной эрозии, повышают экологическую безопасность и устойчивость производства дешевых кормов [1–5].

Используемые в луговодстве традиционные злаковые травы (тимopheевка луговая, ежа сборная, овсяница луговая, кострец безостый и др.) характеризуются недостаточным содержанием водорастворимых углеводов, экстенсивным темпом отрастания после очередных циклов отчуждения, летней депрессией роста. В связи с этим важно расширить ассортимент кормовых культур путем создания, интродукции и адаптации в производственных условиях новых видов и сортов с лучшими хозяйственно полезными свойствами¹ [6].

Одной из таких перспективных кормовых культур является фестулолиум (*Festulolium* F. Aschers. Et Graebn.) – искусственно выведенная кормовая культура, которая получена с использованием методов межродовой гибридизации родов *Lolium* sp. и *Festuca* sp. От райграсов фестулолиум унаследовал отличные кормовые качества (высокое содержание сахара, протеина и обменной энергии), хорошую поедаемость и переваримость корма, способность интенсивно образовывать большое количество хорошо облиственных вегетативных побегов, а от овсяниц – хорошую зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к длительному стравливанию и вытаптыванию [7–9].

Преимущественно травосмеси с участием фестулолиума исследованы в Европейской части России, в Западной Сибири подобных данных в настоящее время недостаточно. В связи с этим назрела необходимость научной разработки приемов возделывания и внедрения фестулолиума в кормопроизводство Западной Сибири, направленных на полную реализацию биологического по-

¹Переprаво Н.И., Рябова В.Э., Куликов З.А. Агробиологические особенности семеноводства межродовых гибридов фестулолиум (*Festulolium*) // Перспективы развития адаптивного кормопроизводства: материалы науч.-практ. конф. Москва-Астана: ГНУ ВИК Россельхозакадемии, 2011. С. 96–100.

тенциала и получение устойчивых урожаев этой культуры.

Цель исследований – разработать приемы возделывания одновидовых и смешанных посевов фестулолиума сорта Изумрудный с люцерной в условиях лесостепи Западной Сибири.

Задачи исследований: установить целесообразность совместного посева фестулолиума сорта Изумрудный с люцерной; определить оптимальный способ посева при внесении небольших (стартовых) доз азота.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на стационаре Сибирского научно-исследовательского института кормов Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, расположенном в северной лесостепи Западной Сибири (Россия).

Тип почвы – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, с содержанием гумуса в слое 0–40 см – 4,3–6,5%, что характеризует ее как среднеобеспеченную. Относительно хорошо почва опытного участка обеспечена подвижными формами фосфора и обменного калия. Реакция почвенного раствора pH = 7,4.

По климатическим ресурсам – это умеренно теплый недостаточно увлажненный агроклиматический район со среднегодовым количеством осадков 350–450 мм (254 мм в период апрель – сентябрь, 113–130 мм за июнь – август). Гидротермический коэффициент по Селянинову составляет 1,0–1,2. Погодные условия в годы проведения исследований можно характеризовать, как близкие к климатической норме для места проведения исследований: 2019 г. – ГТК – 1,15; 2020 г. – 1,29; 2021 г. – 1,0.

Схема опыта.

Способы посева (фактор А):

- 1) фестулолиум (контроль);
- 2) люцерна (контроль);
- 3) фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд;
- 4) фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд;
- 5) фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд;
- 6) фестулолиум + люцерна (посев смесью семян).

Варианты внесения азотных удобрений (фактор Б):

- 1) без удобрений N_0 (контроль);
- 2) внесение N_{30} ;
- 3) внесение N_{60} .

Повторность опытов 4-кратная с систематическим расположением вариантов. Посевная площадь делянок 36 м². Посевы проводили во II декаде июля.

В 2021 г. полученные результаты урожайности проанализированы через показатели «отношение земельных эквивалентов» (LER), «коэффициент конкурентоспособности» (CR) и «коэффициент агрессивности» (CA) [10]. Эти показатели рассчитываются по формуле

$$LER = (Y_{AB}/Y_{AA}) + (Y_{BA}/Y_{BB}),$$

где LER – отношение земельных эквивалентов, Y_{AB} – урожайность культуры А в смешанном посеве с культурой В, т/га; Y_{BA} – урожайность культуры В в смешанном посеве с культурой А, т/га; Y_{AA} и Y_{BB} – урожайность соответственно культур А и В в чистом посеве, т/га.

$$CR_{AB} = (LER_A : LER_B)(Z_{BA} : Z_{AB}),$$

$$CR_{BA} = (LER_B : LER_A)(Z_{AB} : Z_{BA}),$$

где CR_{AB} – коэффициент конкурентоспособности культуры А в смеси с культурой В; CR_{BA} – коэффициент конкурентоспособности культуры В в смеси с культурой А; Z_{AB} и Z_{BA} – соотношение культур А и В в смеси, %.

$$CA_{AB} = Y_{AB} : (Y_{AA} \cdot Z_{AB}) - Y_{BA} : (Y_{BB} \cdot Z_{BA}),$$

где CA – коэффициент агрессивности культуры А в смешанном посеве с культурой В; Y_{AB} – урожайность на единицу площади культуры А в смешанном посеве с культурой В; Y_{AA} – урожай на единицу площади культуры А в чистом посеве; Z_{AB} и Z_{BA} – соотношение культур А и В в смеси, %.

Агротехника в опыте: ранневесеннее закрытие влаги в два следа зубowymi боронами БЗСС-1,0; предпосевная культивация КПС-4,2 с боронованием; прикатывание кольчатыми катками ЗККШ-6 до и после посева. Посев сеялкой СН-16 на глубину 2–3 см. Нормы высева фестулолиума: в одновидовом посеве 16 кг/га; в смеси с люцерной 8, 6 и 4 кг/га;

в смешанном посеве 8 кг/га. Нормы высева люцерны: в чистом виде 12 кг/га, в смесях 6, 4 и 2 кг/га, в смешанном посеве 6 кг/га.

В опыте использовали фестулолиум сорта Изумрудный, люцерну изменчивую Вега 87. В качестве удобрения использовали аммиачную селитру (N), вносили весной в начале отрастания вразброс с последующей заделкой зубовой бороной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Появление первых всходов отмечено спустя 7 сут, массовых – на 15-е сутки. В совместных посевах наибольшая густота злаковых трав отмечена на варианте чередования двух рядов фестулолиума и одного ряда люцерны, бобовых трав – вариант черезрядного посева фестулолиума и клевера лугового (табл.1). В смешанных посевах наибольшая густота злаковых трав отмечена на варианте смеси фестулолиума и люцерны, бобовых трав на этом же варианте.

По запасам водорастворимых сахаров в корнях растений перед уходом в зиму судят об их зимостойкости. Максимальное содержание водорастворимых сахаров в корнях у фестулолиума – 7,11–7,94%, что может характеризовать его как зимостойкий вид

(см. табл. 2). У люцерны их содержание минимально и снижалось от одновидового посева к смесям от 5,14 до 3,77%.

Выживаемость растений фестулолиума после зимовки составила 84,2–97,4% (см. табл. 1). У люцерны в одновидовом посеве выживаемость была максимальна, а в смесях снизилась до 46,4–74,3%. Таким образом, предположение о плохом прохождении зимовки бобовыми подтверждается данными выживаемости растений.

На различных уровнях минерального питания доля фестулолиума в травостое составила 86,5–100%, подавляя при этом развитие люцерны (см. табл. 3). Высокие показатели доли злакового компонента обусловлены слабым развитием бобового, низкой его конкурентной способностью на 2-й год пользования. При этом количество растений было практически в оптимальных пределах.

Отмечено снижение доли фестулолиума в первом укосе в варианте черезрядного посева с люцерной по мере старения травостоя вне зависимости от уровня внесения азота (см. рис. 1), которое составило 3,7–10,6%. В подобных исследованиях В.Н. Образцова [11] снижение на 4-м году жизни травостоя достигло 51,2%, что подтверждает наши данные.

Табл. 1. Густота всходов и выживаемость в одновидовых и смешанных посевах, шт./м²

Table 1. Germination density and survival in single-species and mixed crops, pcs/m²

Вариант	Перед уходом в зиму, шт./м ²		После перезимовки, шт./м ²		Выживаемость, %	
	Злак	Бобовые	Злак	Бобовые	Злак	Бобовые
Фестулолиум	156	–	152	–	97,4	–
Люцерна	–	82	–	75	–	91,5
Фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	189	74	170	55	89,9	74,3
Фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	196	70	183	45	93,4	64,3
Фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	180	74	166	36	92,2	48,6
Фестулолиум + люцерна (смешанный посев)	181	84	168	39	92,8	46,4

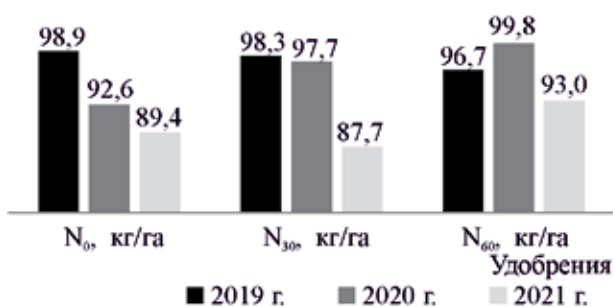
Табл. 2. Содержание водорастворимых сахаров в корнях многолетних трав перед уходом в зиму, посев 2018 г., % в сухом веществе

Table 2. Water-soluble sugars content in perennial grass roots before wintering, sowing 2018, % in dry matter

Вариант	Вид трав	
	Злак	Бобовые
Фестулолиум	7,11	–
Люцерна	–	5,14
Фестулолиум (смешанный посев с люцерной)	7,94	3,77

Табл. 3. Содержание злакового компонента в смешанных посевах фестулолиума с люцерной в зависимости от уровня минерального питания в среднем за 2019–2021 гг., %**Table 3.** Cereal component content in mixed crops of festulolium with alfalfa as a function of mineral nutrition levels on average for 2019-2021, %

Вариант	Доза азота, кг д.в./га					
	N ₀		N ₃₀		N ₆₀	
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
Фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	93,6	100	94,5	100	96,5	100
Фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	100	100	100	100	100	97,6
Фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	100	100	100	98,3	100	100
Фестулолиум + люцерна (смешанный посев)	100	96,5	100	92,8	100	86,5

**Рис. 1.** Содержание злакового компонента в варианте «фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд» в первом укосе в зависимости от дозы внесения азота и года использования травостоя, %**Fig. 1** Cereal component content in the variant "Festulolium 1 row + alfalfa 1 row" in the first cut depending on the dose of nitrogen application and the year of herbage use, %

При обобщении результатов исследования урожайности травостоев фестулолиума с люцерной установлено, что в среднем за 3 года отмечено увеличение сбора зеленой массы на 5% в варианте черезрядного посева и снижение – на 11,9–20,1% при чередовании рядов фестулолиума с 2 и 3 рядами люцерны (см. табл. 4). Доля фактора А (смеси) составила всего 11%, что несущественно.

Внесение дозы азота 30 кг/га достоверно увеличило урожайность смесей фестулолиума с люцерной при черезрядном посеве и посеве смесью семян за счет увеличения доли злакового компонента в смеси на 11,1% и массы побегов на 12,5–17,8%. Урожайность повысилась на 5,49–5,77 т/га.

Увеличение дозы азота до 60 кг/га достоверно повысило урожайность фестулолиума

на 16,13 т зеленой массы/га (74,1%) за счет увеличения количества побегов на растениях на 26,6% и увеличения массы одного побега на 30,1%. В смесях урожайность снизилась до 28,2–36,75 т/га за счет уменьшения на 21,0–30,2% численности побегов злакового компонента и на 76,7–82,1% – бобового. При этом, если снижение численности у фестулолиума сопровождалось повышением массы его побега на 8,3–42,5%, то у люцерны произошло снижение на 54,3–81,5%, что свидетельствует об ее угнетении. Наши данные подтверждаются исследованиями Е.Р. Клыга [12] и С.Т. Эседуллаева [13], где внесение азота на травостоях фестулолиума с люцерной экономически не оправдано и несущественно.

Внесение азота достоверно повышает урожайность по сравнению с неудобренным фоном. Доля фактора составляет 61%, что подтверждается данными табл. 4. При этом, если на неудобренном фоне и с внесением дозы азота 30 кг/га максимальная урожайность отмечена на 2-м году использования трав как в чистом виде, так и в варианте черезрядного посева культур, на остальных вариантах происходит снижение урожайности с возрастом травостоя (см. рис. 2).

При внесении дозы азота 60 кг/га максимальная урожайность достигается на 2-й год пользования, а на 3-й год стабилизируется по вариантам (см. рис. 3).

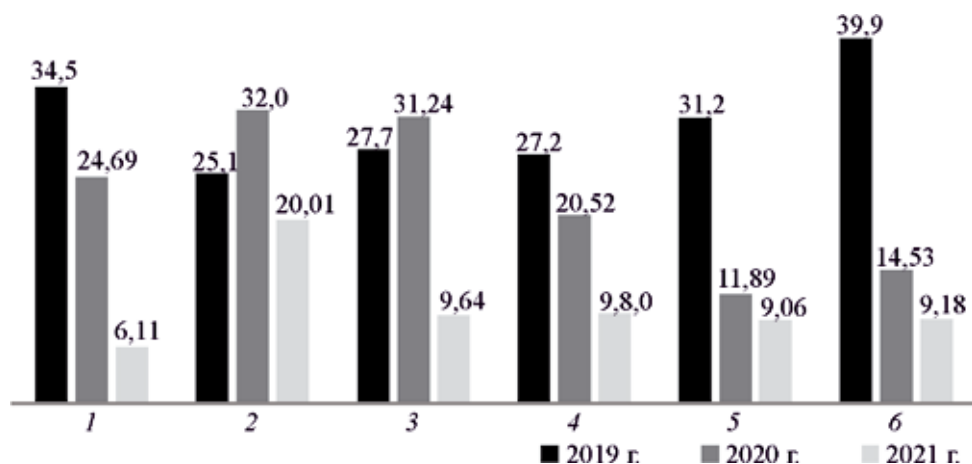
Показатель оценки эффективности использования пашни (LER) без удобрений значительно выше на черезрядном и смешанном посеве, причем основная доля фактора при-

Табл. 4. Урожайность одновидовых и смешанных посевов многолетних трав в среднем за 2019–2021 гг., т зеленой массы/га

Table 4. Single and mixed crops yield of perennial grasses on average for 2019-2021, t green mass/ha

Вариант	Доза внесенного азота, кг д.в./га			Прибавка, ± т/га		
	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	смеси	удобрения	
					N ₃₀	N ₆₀
Фестулолиум	21,76	27,13	37,89	–	+5,37	+16,13
Люцерна	25,70	30,81	31,21	–	+5,11	+5,51
Фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	22,86	32,9	28,20	+1,1	+10,04	+5,34
Фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	19,17	23,02	36,75	–2,59	+3,85	+17,58
Фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	17,38	23,19	29,95	–4,38	+5,81	+12,57
Фестулолиум + люцерна (смешанный посев)	21,20	32,62	29,96	–0,56	+11,42	+8,76
НСР ₀₅ А (смеси)				0,65		
Б (удобрения)				0,46		
АБ				1,12		

a



б

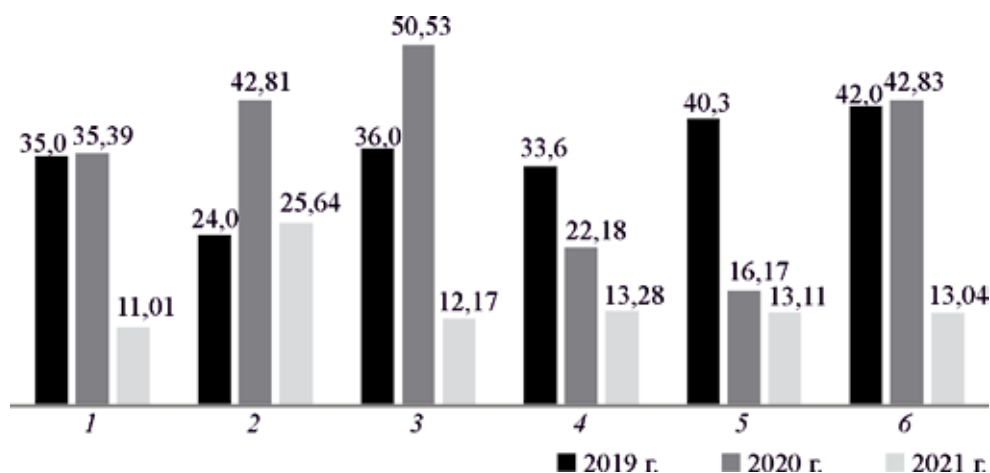


Рис. 2. Урожайность трав в зависимости от года пользования и внесения азота, т зеленой массы/га:
a – без удобрений; *б* – внесение N₆₀.

Здесь и на рис. 3 варианты посевов: 1 – фестулолиум; 2 – люцерна; 3 – фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд; 4 – фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд; 5 – фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд; 6 – фестулолиум + люцерна (смесь семян)

Fig. 2. Yield of grasses depending on the year of use and nitrogen application, tons of green mass/ha:
a – without fertilizer; *б* – application of N₆₀.

Here and in Fig. 3 the sowing options: 1 – festulolium; 2 – alfalfa; 3 – festulolium 1 row + alfalfa 1 row; 4 – festulolium 2 rows + alfalfa 1 row; 5 – festulolium 3 rows + alfalfa 1 row; 6 – festulolium + alfalfa (seed mixture)

надлежит фестулолиуму за счет повышенной его конкурентоспособности (CR) – 1,19 и 1,18 соответственно (см. табл. 5).

Внесение небольших доз азота (30 кг/га) не снижает показатель эффективности использования пашни, однако возрастает доля люцерны в травостое. Конкурентная способность ее повышается в сравнении с фестулолиумом от 0,87 (на смешанном посеве) до

2,64 (на варианте чередования рядов 3 : 1), при этом количество растений на единицу площади по-прежнему мало. При увеличении дозы азота до 60 кг/га общий показатель эффективности использования пашни снижается, как и вклад каждой из культур. Преимущественная конкурентоспособность выше у люцерны (1,20–3,60), однако коэффициент агрессивности (CA) выше у фестулолиума.

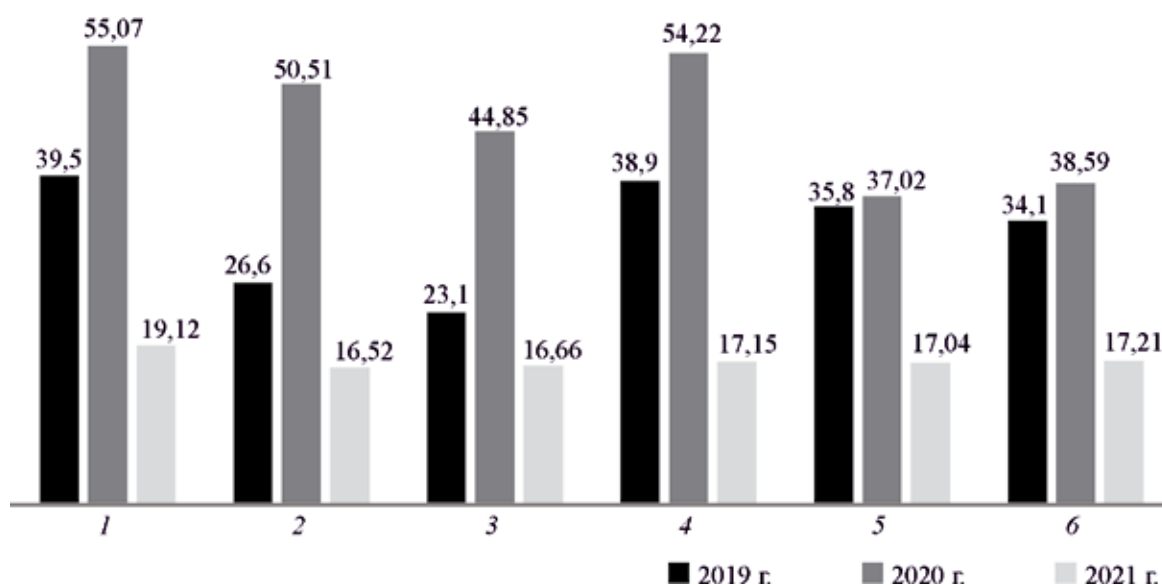


Рис. 3. Урожайность трав в зависимости от года пользования при внесении N_{60} , т зеленой массы /га

Fig. 3. The yield of herbs depending on the year of use when applying N_{60} , tons of green mass/ha

Табл. 5. Оценка эффективности, конкурентоспособности и агрессивности культур в ценозе

Table 5. Evaluation of the effectiveness, competitiveness and aggressiveness of crops in cénosis

Вариант чередования рядов фестулолиума и люцерны	LER (фестулолиум)	LER (люцерна)	LER	CR (фестулолиум)	CR (люцерна)	CA (фестулолиум)	CA (люцерна)
<i>Внесение N_0</i>							
1 : 1	1,05	0,88	1,93	1,19	0,83	0,017	–0,017
2 : 1	0,88	0,74	1,18	0,59	1,68	0,012	–0,012
3 : 1	0,79	0,67	1,46	0,38	2,52	0,010	–0,010
Смешанный посев	0,97	0,82	1,79	1,18	0,84	0,017	–0,017
<i>Внесение N_{30}</i>							
1 : 1	1,21	2,09	3,30	0,57	1,72	0,020	–0,020
2 : 1	0,84	0,74	1,58	0,56	1,76	0,011	–0,011
3 : 1	0,85	0,75	1,60	0,37	2,64	0,010	–0,010
Смешанный посев	1,20	1,05	2,25	0,95	0,87	0,020	–0,020
<i>Внесение N_{60}</i>							
1 : 1	0,74	0,90	1,64	0,82	1,21	0,013	–0,013
2 : 1	0,96	1,17	2,13	0,41	2,43	0,013	–0,013
3 : 1	0,79	0,95	1,74	0,27	3,60	0,009	–0,009
Смешанный посев	0,79	0,95	1,74	0,83	1,20	0,010	–0,010

Полученные данные подтверждают эффективность внесения стартовых доз азота при выращивании бобовых, которое положительно влияет на их конкурентную способность в травостое в соседстве с более агрессивным видом.

ВЫВОДЫ

1. Выживаемость растений фестулолиума на 1-м году жизни после прохождения зимовки в одновидовом посеве составляет 97,4% и снижается в составе смеси с люцерной до 89,9–93,4%. При этом больше от совместного посева страдает бобовый компонент, у которого выживаемость снижается до 46,4–74,3%.

2. Установлено, что без использования азотных удобрений на одновидовом посеве фестулолиума урожайность составила 28,92 т зеленой массы/га. Совместный посев с люцерной при чередном посеве или повысил урожайность незначительно (на 5%), или снизил ее на 8,9–15,1%.

3. Максимальная эффективность в опыте получена при внесении азота в дозе 30 кг/га. Это достоверно увеличило урожайность смесей фестулолиума с люцерной на вариантах чередного посева на 21,2% и на варианте посева смесью семян на 20,2% за счет возросшей доли злакового компонента. При этом количество побегов на растении увеличилось на 11,1%, а масса побега – на 12,5–17,8%.

4. Увеличение дозы азота до 60 кг/га достоверно повысило урожайность фестулолиума на 16,13 т зеленой массы/га (74,1%) по сравнению с неудобренным фоном за счет увеличения количества побегов на растении на 26,6% и увеличения массы одного побега на 30,1%. В смесях отмечено уменьшение на 21,0–30,2% численности побегов злакового компонента и на 76,7–82,1% бобового, что сопровождалось повышением массы побега фестулолиума на 8,3–42,5%, у люцерны произошло снижение на 54,3–81,5%, что свидетельствует об ее угнетении. Урожайность зеленой массы составила 28,2–36,75 т/га.

5. Показатель эффективности использования пашни (LER) отмечен выше на вариантах с внесением удобрений. Без использова-

ния азота основная доля фактора принадлежит фестулолиуму, с внесением небольших доз азота возрастает влияние бобового компонента за счет повышения конкурентоспособности (CR). При этом положительное значение коэффициента агрессивности (CA) было у злакового компонента, что характеризует его как более агрессивный вид.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костенко С.И., Косолапов В.М., Пилипенко С.В., Костенко Е.С. Селекция многолетних злаковых трав для адаптивного кормопроизводства // Кормопроизводство. 2016. № 8. С. 35–38.
2. Переправо Н.И. Состояние и перспективы развития семеноводства кормовых трав // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 30–32.
3. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Лебедева Т.М. Управление агроландшафтами // Кормопроизводство. 2008. № 9. С. 4–5.
4. Тяпугин Е.А., Коновалова Н.Ю., Калабашикин П.Н., Коновалова С.С. Технология создания многолетних травостоев с участием фестулолиума в условиях европейского севера России // Кормопроизводство. 2015. № 8. С. 23–27.
5. Шамсутдинов З.Ш. Достижения и стратегия развития селекции кормовых культур // Кормопроизводство. 2010. № 8. С. 25–27.
6. Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Продуктивность и качество корма различных сортов фестулолиума на серых лесных почвах Калужской области // Кормопроизводство. 2016. № 4. С. 39–41.
7. Barnes B.D., Kopecky D., Lukaszewski A. Evaluation of turf-type interspecific hybrids of meadow fescue with perennial ryegrass for improved stress tolerance // Crop science. 2014. Vol. 54 (1). P. 355–365.
8. Kubota A., Akiyama Y., Ueyama Y. Variability of genomic constitutions of festulolium (*Festuca x Lolium*) with inandamong cultivars // Grasslands science. 2015. Vol. 61 (1). P. 15–23.
9. Schiavon M., Green R.L., Baird J.H. Drought Tolerance of Cool-Season Turfgrasses in a Mediterranean Climate // European journal of horticultural science. 2014. Vol. 79 (3). P. 175–182.
10. Безгоднов А.В., Галимов К.А., Ахметханов В.Ф. Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевной яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 2–14. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14.

11. Образцов В.Н., Щедрина Д.И., Кадыров С.В. Фестулолиум в травосмесях с бобовыми травами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 3 (70). С. 70–76. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_70.
12. Клыга Е.Р., Васько П.П. Влияние нормы высева на продуктивность бинарных агрофитоценозов фестулолиума и люцерны // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 56. С. 116–124.
13. Эседуллаев С.Т. Фотосинтетическая деятельность смешанных посевов трав, их продуктивность и влияние на плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Верхневолжья // Адаптивное кормопроизводство. 2021. № 1. С. 33–45. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-1-33-45.
6. Lukashov V.N., Isakov A.N. Productivity and quality of feed of various varieties of festulolium on gray forest soils of the Kaluga region. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2016, no. 4, pp. 39–41. (In Russian).
7. Barnes B.D., Kopecky D., Lukaszewski A. Evaluation of turf-type interspecific hybrids of meadow fescue with perennial ryegrass for improved stress tolerance. *Crop science*, 2014, vol. 54 (1), pp. 355–365.
8. Kubota A., Akiyama Y., Ueyama Y. Variability of genomic constitutions of festulolium (*Festuca Lolium*) with inandamong cultivars. *Grasslands science*, 2015, vol. 61 (1), pp. 15–23.
9. Schiavon M., Green R.L., Baird J.H. Drought Tolerance of Cool-Season Turfgrasses in a Mediterranean Climate. *European journal of horticultural science*, 2014, vol. 79 (3), pp. 175–182.
10. Bezgodov A.V., Galimov K.A., Ahmethanov V.F. Biological efficiency and competitive ability of spring vetch when growing from a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2020, no. 12 (203), pp. 2–14. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-2-14.

REFERENCES

1. Kostenko S.I., Kosolapov V.M., Pilipenko S.V., Kostenko E.S. Breeding perennial gramineous plants for adaptive forage production. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2016, no. 8, pp. 35–38. (In Russian).
2. Perepravo N.I. The state and prospects of development of seed production of fodder grasses. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2010, no. 8, pp. 30–32. (In Russian).
3. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P., Lebedeva T.M. Management of agricultural landscapes. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2008, no. 9, pp. 4–5. (In Russian).
4. Tyapugin E.A., Konovalova N.Yu., Kalabashkin P.N., Konovalova S.S. Technology of creation of perennial herbage with the participation of festulolium in the conditions of the European North of Russia. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2015, no. 8, pp. 23–27. (In Russian).
5. Shamsutdinov Z.Sh. Achievements and development strategy of forage crop breeding. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*, 2010, no. 8, pp. 25–27. (In Russian).
11. Obrazcov V.N., Shchedrina D.I., Kadyrov S.V. Festulolium in mixtures with leguminous grasses. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2021, vol. 14, no. 3 (70), pp. 70–76. (In Russian). DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_70.
12. Klyga E.R., Vas'ko P.P. Influence of sowing rates on the yield of binary agrophytocenoses with alfalfa and festulolium. *Zemledelie i selekciya v Belarusi = Arable Farming and Plant Breeding in Belarus*, 2020, no. 56, pp. 116–124. (In Russian).
13. Esedullaev S.T. Photosynthetic activity of mixed seeding of grasses, their productivity and influence on fertility of soddy-podzolic soil in the conditions of the Upper Volga. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive Fodder Production*, 2021, no. 1, pp. 33–45. (In Russian). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-1-33-45.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Бакшаев Д.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: bakshaevd@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Dmitry Yu. Bakshaev**, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: bakshaevd@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 08.11.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 09.01.2023
Дата публикации / Published 20.02.2023



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДНОЙ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ МУЧНИСТОЙ РОСЫ И ПИРЕНОФОРОЗА

✉ Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Немченко В.В.

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр

Уральского отделения Российской академии наук

Екатеринбург, Россия

✉ e-mail: alena.kekalo@mail.ru

Представлены результаты исследования эффективности средств защиты растений против мучнистой росы (*Blumeria graminis*) и пиренофороза (*Pyrenophora tritici-repentis*) для яровой пшеницы. Отмечено, что вероятность массового поражения посевов фитопатогенами определяется запасом инфекционного начала возбудителей болезней, восприимчивостью растения-хозяина и благоприятностью погодных условий для их развития и распространения. Эксперимент проведен с использованием общепринятых в Российской Федерации методик. За период наблюдений степень поражения растений более 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.). Эпифитотийное развитие мучнистой росы совместно с бурой листовой ржавчиной (*Puccinia trititica* Eriks.) зарегистрировано в 2013–2014 и 2016–2017 гг. За 2009–2019 гг. степень поражения растений более 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.). Эффективную защиту пшеницы от мучнистой росы (75–87%) обеспечивали фунгициды на основе 2–3 действующих веществ. Биологическая эффективность биофунгицида (*Bacillus subtilis*) проявлялась только в годы с умеренным поражением пшеницы и не превышала средний уровень – 58%. Оперативный контроль желтой пятнистости листьев пшеницы целесообразнее осуществлять препаратами на основе таких действующих веществ, как «азоксистробин + эпоксиконазол», «тебуконазол + пропиконазол». Уровень статистически достоверного сохраненного за счет фунгицидной защиты урожая в годы депрессии составлял 5–6%, при умеренном развитии болезней листьев за счет химических фунгицидов – 18%, а биопрепарат обеспечивал прибавку продуктивности 9%. В годы эпифитотий химзащита посевов сохраняла в среднем 24% урожайности пшеницы, лучшей результативностью и стабильностью действия обладали поликомпонентные препараты, а биологическая защита растений в этих условиях была малоэффективна.

Ключевые слова: мучнистая роса, пиренофороз, яровая пшеница, фунгициды

EFFECTIVENESS OF FUNGICIDAL PROTECTION OF SPRING WHEAT AGAINST POWDERY MILDEW AND TAN SPOT

✉ Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Nemchenko V.V.

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Ekaterinburg, Russia

✉ e-mail: alena.kekalo@mail.ru

The results of the study of the effectiveness of plant protection products against powdery mildew (*Blumeria graminis*) and tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) for spring wheat are presented. It has been noted that the probability of mass destruction of crops by phytopathogens is determined by the stock of the infectious beginning of pathogens, the susceptibility of the host plant and the

favorable weather conditions for their development and spread. The experiment was carried out using the methods generally accepted in the Russian Federation. During the observation period, the degree of plant damage of more than 20% in the heading phase was noted in 46% of the years of observation (in 2009, 2013, 2014, 2016, 2017). Epiphytotic development of powdery mildew together with brown leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) was registered in 2013–2014 and 2016–2017. For 2009–2019 the degree of plant damage of more than 20% in the heading phase was noted in 46% of the years of observation (in 2009, 2013, 2014, 2016, 2017). Effective protection of wheat against powdery mildew (75–87%) was provided by fungicides based on 2–3 active ingredients. The biological effectiveness of the biofungicide (*Bacillus subtilis*) was manifested only in the years with moderate wheat damage and did not exceed the average level of 58%. It is more expedient to carry out operational control of yellow spotting of wheat leaves with preparations based on such active substances as "azoxystrobin + epoxiconazole", "tebuconazole + propiconazole". The level of statistically significant yield preserved due to fungicidal protection during the years of depression was 5–6%, with a moderate development of leaf diseases due to chemical fungicides - 18%, and the biological product provided an increase in productivity of 9%. During the years of epiphytotic, the chemical protection of crops retained an average of 24% of the wheat yield, polycomponent preparations had the best performance and stability of action, and the biological protection of plants under these conditions was ineffective.

Keywords: powdery mildew, tan spot, spring wheat, fungicides

Для цитирования: Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Немченко В.В. Эффективность фунгицидной защиты яровой пшеницы от мучнистой росы и пиренофороза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 45–52. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-6>

For citation: Kekalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Nemchenko V. V. Effectiveness of fungicidal protection of spring wheat against powdery mildew and tan spot. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 45–52. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН № 0532-2021-0002.

Acknowledgments

The studies were carried out in accordance with the research plan of the FSBSI UrFASRC, UrB RAS No. 0532-2021-0002.

ВВЕДЕНИЕ

Значительный ущерб урожайности и качеству зерна яровой пшеницы наносят инфекционные болезни, в основном они грибной этиологии. Потери урожая зерновых культур от их воздействия могут достигать 30% [1]. Оперативным методом контроля фитопатогенов, питающихся на листьях, является применение фунгицидных средств, которые угнетают и (или) останавливают развитие микроорганизмов. Однако интенсивное применение пестицидов биоцидной природы приводит к химическому загрязнению экосистем, а также к появлению резистентных к пестицидам форм патогенов. Использование данного метода в системе защиты растений должно быть обоснованным [1–3].

Возбудители таких болезней злаковых культур, как мучнистая роса и пиренофороз или желтая пятнистость листьев, являются вредоносными инфекциями, способными привести к потерям урожайности от 5–10% при умеренном развитии инфекций до 35–50% в годы эпифитотий [1, 2]. Мучнистой росой поражаются все хлебные и многие кормовые и дикорастущие злаки. *Blumeria graminis* (DC.) *Speer f. sp. Tritici March* – сложный вид гриба, в состав которого входят специализированные формы, способные заражать один или несколько видов злаков [2–4].

Распространение мучнистой росы достаточно широкое: Европа, Азия, Африка, Америка, Австралия. В России заболевание наблюдается повсеместно, но особенно вре-

доносно в Уральском и Волго-Вятском регионах, на Северном Кавказе, в Поволжье, Центрально-Черноземном районе [3, 4]. Имеет оно хозяйственное значение в Беларуси, Казахстане, на Украине, странах Балтии, Закавказье, а также в других зерносеющих регионах Евразии [4]. Районы с возделыванием озимых и яровых злаковых культур находятся в особой зоне фитосанитарного риска, поскольку грибы выстраивают высокоэффективный «конвейер питания». Вредоносность мучнистой росы проявляется прежде всего в уменьшении ассимиляционной поверхности и в разрушении хлорофилла и других пигментов [2, 5]. Основываясь на практическом опыте, следует отметить, что часто агрономы не воспринимают поражение растений данным патогеном как угрозу урожаю в отличие, например, от ржавчины. В результате не предпринимаются своевременные меры защиты, что приводит к потере урожайности пшеницы и снижению качества зерна, накоплению инокулюма на полях.

Мучнистая роса способна питаться только на живых зеленых растениях, то есть пока растение-хозяин зеленое, до тех пор живет и гриб. Он не выделяет токсинов и не пытается быстро убить растение. Иное отношение к растению хозяину выказывает возбудитель пиренофороза, который является некрофитом и продуцирует хозяин-специфичные токсины [2, 5–8]. Эти токсины индуцируют симптомы некроза или хлороза при взаимодействии с соответствующими им генами восприимчивости [9].

Желтая пятнистость листьев – относительно новая болезнь пшеницы для Уральского региона. Возбудитель болезни аскомицетный гриб *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler. В Северной Америке и в Австралии она проявилась на уровне эпифитотий еще в 70-е годы XX в.; в Европе (включая Россию) – в 80-е годы. Эпифитотии этой болезни периодически наблюдаются в разных странах мира, потери зерна у восприимчивых сортов достигают 65% [5, 7–10]. Следует помнить, что излишнее внимание созданию сортов, устойчивых к од-

ной из болезней, может привести к генетической уязвимости другими болезнями, что имело место ранее в Канаде. Распространению желтой пятнистости могла способствовать также современная система обработки почвы (mini-till, no-till), при которой на ее поверхности остается большое количество растительных остатков, где обитают псевдоперитеции *P. tritici-repentis* [11, 12].

Оперативный контроль листовых инфекций осуществляется посредством обработки растений фунгицидами. На вопрос об оправданном их использовании ответить нелегко, так как применение средств защиты растений является инвестицией в часто непредсказуемое будущее. Для результативности защитных мероприятий следует вносить фунгициды адресно, учитывая уровень напряженности фитосанитарной обстановки, спектр действия препарата, ценовые категории на зерно и пестициды. Многочисленные научные (собственные и литературные) данные показывают, что тот или иной запас инфекции не всегда может привести к массовому развитию болезни. Важен мониторинг развития фитопатогенов и погодных условий периода вегетации [13, 14].

Вопросы контроля пятнистостей листьев актуальны практически в каждый растениеводческий сезон. В реалиях настоящего времени, когда традиционные отвальные технологии обработки почвы заменяются на ресурсо- и влагосберегающие системы (mini-till, no-till), на стерневых остатках в поле успешно сохраняется запас инфекционных начал таких болезней растений, как мучнистая роса, пиренофороз, септориоз, фузариоз и др.

Цель исследований – определить уровень развития мучнистой росы и пиренофороза на пшенице яровой (*Triticum aestivum* L.) в условиях Зауралья и эффективность фунгицидных препаратов для контроля фитопатогенов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в 2009–2019 гг. на опытном поле Курганского научно-исследовательского института сельского хо-

зяйства – филиала Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (УрФАНИЦ УрО РАН) в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме: «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, рационального применения пестицидов и биопрепаратов, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия». В опытах использована яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Омская 36. Предшественником являлся чистый ранний пар. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый. Обработки посевов фунгицидами проводили в фазу выхода флагового листа (ф. 37 по Цадоксу) опрыскивателем «Solo 456», оборудованным метровой штангой, расход рабочего раствора 300 л/га. Площадь делянки 20 м², повторность 4-кратная, размещение делянок систематическое. Для устранения влияния сорняков проводилась фоновая обработка опыта баковой смесью гербицидов. Наблюдения и учеты проведены по общепринятым в Российской Федерации методикам^{1–3}. Расчет биологической эффективности препаратов проводили по формуле Аббота.

Схема опыта включала следующие фоллиарные фунгициды: пропиконазол 250 + ципроконазол 80 г/л (Альто Супер), спирокарсамин 250 + тебуконазол 167 + триадименол 43 г/л (Фалькон), пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л (Колосаль ПРО), тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л (Рекс Дуо), пропиконазол 140 + тебуконазол 140 +

эпоксиконазол 72 г/л (Триада), тебуконазол 225 + флутриафол 75 г/л (Страйк Форте), пропиконазол 390 г/л (Титул 390), ципроконазол 400 г/л (Рекрут), тебуконазол 250 г/л (Шансил), азоксистробин 240 + эпоксиконазол 160 г/л (Спирит), *Bacillus subtilis*, штамм 26Д (Фитоспорин-М, Ж), а также контроль без фунгицидной защиты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинг развития грибных инфекций на листьях пшеницы яровой показал, что мучнистая роса осуществляла питание на них практически ежегодно, первичные симптомы поражения отмечались, как правило, в конце фазы выхода в трубку (фенофаза 34–36 по Цадоксу). Эпифитотийное развитие мучнистой росы в комплексе с бурой листовой ржавчиной (*Puccinia triticina* Eriks.) зарегистрировано в 2013, 2014 и 2016, 2017 гг. В 2015–2017 гг. в период цветения – налива зерна наблюдали также поражение соломки и стеблевой ржавчиной (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.). За 2009–2019 гг. степень поражения растений свыше 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.).

Результаты полевых экспериментов по определению результативности защитного действия фунгицидов показали, что высокую биологическую эффективность (более 80%) в отношении пиренофороза обеспечивали такие сочетания фунгицидных действующих веществ, как «азоксистробин 240 + эпоксиконазол 160 г/л», «пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л», «тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л», а также препарат на основе тебуконазола (см. табл. 1). Слабый контроль гриба *Pyrenophora tritici-repentis* отмечен на вариантах с однокомпонентными фунгицидами на основе ципроконазола и пропиконазола (38.0–45.6%) (см. табл. 1). Распространенность инфекций

¹Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: методические рекомендации / под ред. В.И. Танского. СПб.: ВИЗР, 2002. 76 с.

²Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 239 с.

³Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.

Табл. 1. Поражение пшеницы яровой пиренофорозом в зависимости от применения фунгицидных препаратов, 2018, 2019 гг.

Table 1. Damage to spring wheat by *Pyrenophora tritici-repentis* depending on the use of fungicides, 2018, 2019

Вариант	Развитие болезни в период налива зерна (ф. 71–73), %	Биологическая эффективность препарата, %*	Распространенность болезни в период налива зерна, %
Контроль без фунгицидной обработки	3,89	—	75,0
Пропиконазол 390 г/л (Титул 390 0,26 л/га)	2,12	45,6	72,5
Ципроконазол 400 г/л (Рекрут 0,2 л/га)	2,41	38,0	75,0
Тебуконазол 250 г/л (Шансил 1 л/га)	0,60	84,5	80,0
Пропиконазол 250 + ципроконазол 80 г/л (Альто Супер 0,4 л/га)	1,17	69,9	76,5
Пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л (Колосаль ПРО 0,4 л/га)	0,62	84,2	63,5
Тиофанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л (Рекс Дуо 0,5 л/га)	0,73	81,2	67,5
Тебуконазол 225 + флутриафол 75 г/л (Страйк Форте 0,5 л/га)	1,00	74,4	75,5
Азоксистробин 240 + эпоксиконазол 160 г/л (Спирит 0,6 л/га)	1,00	94,4	45,0
Спироксамин 250 + тебуконазол 167 + триадименол 43 г/л (Фалькон 0,6 л/га)	1,83	53,0	82,5
Пропиконазол 140 + тебуконазол 140 + эпоксиконазол 72 г/л (Триада 0,6 л/га)	0,79	79,7	71,0
<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26Д (Фитоспорин-М 1 л/га)	4,14	5,4	70,0

*Расчет проведен по формуле Аббота.

до 45% снижал только препарат Спирит на основе азоксистробина и эпоксиконазола.

Первичные признаки поражения пшеницы мучнистой росой фиксировали преимущественно в фазу выхода в трубку. Дальнейшая скорость развития инфекции напрямую зависела от гидротермических условий. Многолетние данные свидетельствуют о том, что развитие *Blumeria graminis* находилось в заметной отрицательной связи ($r = -0,65-0,70$) с температурой в периоды от кущения до выхода флагового листа и от колошения до цветения, а также в тесной положительной связи ($r = 0,77-0,82$) с осадками периода стеблевания пшеницы.

В годы с умеренным и массовым поражением растений отмечена хорошая (более 70%) биологическая эффективность химических фунгицидов. Биологический фунгицид в условиях эпифитотии и депрессии не справлялся с защитной функцией (33–35% техническая эффективность) (см. табл. 2).

В 2011 и 2015 гг. степень поражения растений характеризовалась как умеренное

развитие (10% в ф. 51–61). Биологическая эффективность изучаемых химических фунгицидов составляла 77–79%, что практически на уровне результативности в годы массового развития инфекций. Биологический препарат при умеренном развитии мучнистой росы на 58% снижал степень поражения растений. В эти годы отмечено меньше засушливых явлений во второй половине вегетации, и результативность инокуляции бактерий на листьях пшеницы существенно повышалась. В годы массового развития аэрогенных инфекций своевременные фунгицидные обработки сохраняли значительную часть урожая пшеницы. При этом корреляционная зависимость урожайности и степени поражения болезнями характеризовалась как сильная отрицательная ($r = -0,94$). При умеренном поражении растений теснота зависимости снижалась ($r = -0,85$).

Биологическая эффективность препаратов фунгицидного действия в отношении суммарного поражения всеми листовыми инфекциями характеризовалась как хорошая

Табл. 2. Биологическая эффективность фунгицидных препаратов при разных уровнях поражения пшеницы мучнистой росой, 2009–2017 гг.

Table 2. Biological effectiveness of fungicidal preparations at different levels of wheat damage by powdery mildew, 2009–2017

Вариант	Эпифитотия листовых инфекций (2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.)		Умеренное развитие инфекций (2011, 2015 гг.)		Депрессия (2018, 2019 гг.)	
	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
Контроль без фунгицидной обработки	38,9	–	10,0	–	3,4	–
Пропиконазол 250 + ципроконазол 80 г/л (Альто Супер 0,4 л/га)	9,9	75	2,3	77	1,1	68
Пропиконазол 300 + тебуконазол 200 г/л (Колосаль ПРО 0,4 л/га)	9,1	77	2,2	78	0,9	74
Тιοфанат-метил 310 + эпоксиконазол 187 г/л (Рекс Дуо 0,5 л/га)	8,6	78	2,1	79	1,6	53
Спироксамин 250 + тебуконазол 167 + триадименол 43 г/л (Фалькон 0,6 л/га)	5,1	87	2,3	77	1,7	50
<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26Д (Фитоспорин-М 1 л/га)	25,9	33	4,2	58	2,2	35

Примечание: R – развитие болезни в период колошения – цветения (ф. 55–65 по Цадоксу); БЭ – биологическая эффективность препарата по формуле Аббота.

(66–68%) на вариантах Титул 390 и Рекрут и достигала 80–90% при обработках препаратами на основе 2–3 действующих веществ. Биологический фунгицид Фитоспорин-М в среднем за годы исследований обеспечивал контроль болезней листьев на 40%. Урожайность пшеницы яровой в опыте составила в среднем за годы исследований 21,9 ц/га (от 10 ц/га в острозасушливых 2010 и 2012 гг. до 39 ц/га в благоприятном 2011 г.), что для условий влагообеспеченности вегетационного периода 175–200 мм является хорошей продуктивностью.

Уровень сохраненного за счет фунгицидной защиты урожая составлял 5–6% в годы депрессии. Применение химических фунгицидов при умеренном развитии болезней листьев позволяло сберечь 18% урожайности, а биопрепарат обеспечивал прибавку продуктивности 9% к контролю, что было статистически достоверно во всех случаях. В годы эпифитотий химзащита посевов сохраняла в среднем 24% урожайности пшеницы, лучшей результативностью и стабильностью действия обладали поликомпонентные препараты.

ВЫВОДЫ

1. Мониторинг развития грибных инфекций на листьях пшеницы яровой показал, что мучнистая роса осуществляла питание на них практически ежегодно, первичные признаки поражения отмечались, как правило, в конце фазы выхода в трубку (фенофаза 34–36 по Цадоксу). За 2009–2019 гг. степень поражения растений более 20% в фазу колошения отмечена в 46% лет наблюдений (в 2009, 2013, 2014, 2016, 2017 гг.).

2. Эффективную защиту пшеницы от мучнистой росы (75–87%) обеспечивали фунгициды на основе 2–3 действующих веществ. Биофунгицид показал среднюю биологическую эффективность только в годы с умеренным поражением пшеницы.

3. Оперативный контроль желтой пятнистости листьев (пиренофороза) пшеницы целесообразнее осуществлять препаратами на основе таких действующих веществ, как «азоксистробин + эпоксиконазол», «пропиконазол + тебуконазол». Биологический фунгицид слабо контролировал данный вид фитопатогена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санин С.С. Адаптивная защита растений – важнейшее звено современного растениеводства // Защита и карантин растений. 2019. № 2. С. 3–10.
2. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Защита зерновых культур от болезней: монография. Куртамыш, ООО «Куртамышская типография». 2017. 172 с.
3. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами // Приложение к журналу “Защита и карантин растений”. 2016. № 5. С. 83–88.
4. Бабоса А.В., Комарова Г.И. Морфология и ориентация первичных инфекционных структур некоторых специализированных форм возбудителя мучнистой росы злаков // Микология и фитопатология. 2019. Т. 53. № 3. С. 146–155. DOI: 10.1134/S0026364819030048.
5. Койшибаев М. Болезни пшеницы: монография. Анкара. 2018. 365 с.
6. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 641–647. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.641rus.
7. Доронин В.Г., Ледовский Е.Н., Кривошеева С.В. Эффективность защиты яровой мягкой пшеницы от листостеблевых болезней в Южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 2 (47). С. 6–12.
8. Кохметова А.М., Коваленко Н.М., Кумарбаева М.Т. Структура популяции *Pyrenophora tritici-repentis* в Республике Казахстан и идентификация устойчивой к пиренофорозу гермоплазмы пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (7). С. 722–729. DOI 10.18699/VJ20.666.
9. Мироненко Н.В., Коваленко Н.М. Особенности взаимодействия генов *Tsn1* и *Toxa* в патосистеме *Triticum aestivum* – *Pyrenophora tritici-repentis* // Вестник защиты растений. 2018. № 2 (96). С. 12–16.
10. Евсеев В.В. Пиренофороз пшеницы в лесостепи Южного Зауралья: монография. Beau Bassac: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 148 с.
11. Lamari L., McCallum B.D., DePauw R.M. Forensic pathology of Canadian bread wheat: The case tan spot // Phytopathology. 2005a. Vol. 95. № 2. P. 144–152.
12. Михайлова Л.А., Тернюк И.Г., Мироненко Н.В. Характеристика популяций *Pyrenophora tritici-repentis* по признаку вирулентности // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. № 3. С. 262–272.
13. Кекало А.Ю., Немченко В.В. Болезни яровой пшеницы и оперативные приемы борьбы с ними // АПК России. 2017. Т. 24. № 5. С. 1093–1098.
14. Научно обоснованная зональная система земледелия Свердловской области: монография. Екатеринбург: Издательство ООО “Джи Лайм”, 2020. 372 с.

REFERENCES

1. Sanin S.S. Adaptive protection of plants: the most important component of the modern plant cultivation. *Zashchita i karantin rastenii* = *Plant protection and quarantine*, 2019, no. 2, pp. 3–10. (In Russian).
2. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. *Protection of grain crops from diseases*. Kurtamysh, ООО «Kurtamyshskaya tipografiya», 2017, 172 p. (In Russian).
3. Sanin S.S. Phytosanitary examination of the grain field and decision-making on the spraying of wheat with fungicides. *Prilozhenie k zhurnal "Zashchita i karantin rastenii"* = *Supplement to the journal Plant Protection and Quarantine*, 2016, no. 5, pp. 83–88. (In Russian).
4. Babosha A.V., Komarova G.I. Morphology and orientation of primary infectious structures of some specialized forms of the pathogen of powdery mildew of cereals. *Mikologiya i fitopatologiya* = *Mycology and Phytopathology*, 2019, vol. 53, no. 3, pp. 146–155. (In Russian). DOI: 10.1134/S0026364819030048.
5. Koishibaev M. *Diseases of wheat*. Ankara, 2018, 365 p.
6. Levitin M.M. Microorganisms and global climate change. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* = *Agricultural biology*, 2015, vol. 50, no. 5, pp. 641–647. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.641rus.
7. Doronin V.G., Ledovskiy E.N., Krivosheeva S.V. Effectiveness of spring soft wheat protection against leaf-stem diseases in the Southern forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova* = *Bulletin of the Buryat*

- State Agricultural Academy n.a. V.R. Filippov*, 2017, no. 2 (47), pp. 6–12. (In Russian).
8. Kokhmetova A.M., Kovalenko N.M., Kumbaeva M.T. *Pyrenophora tritici-repentis* population structure in the Republic of Kazakhstan and identification of wheat germplasm resistant to tan spot. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2020, no. 24 (7), pp. 722–729. (In Russian). DOI 10.18699/VJ20.666.
 9. Mironenko N.V., Kovalenko N.M. Peculiarities of interaction of *Tsn1* and *Toxa* genes in *Triticum aestivum* - *Pyrenophora tritici-repentis* pathosystem. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2018, no. 2 (96), pp. 12–16. (In Russian).
 10. Evseev V.V. *Pyrenophorosis of wheat in the forest-steppe of Southern Urals*. Beau Bassac, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018, 148 p. (In Russian).
 11. Lamari L., McCallum B.D., DePauw R.M. Forensic pathology of Canadian bread wheat: The case tan spot. *Phytopathology*, 2005a, vol. 95, no. 2, pp. 144–152.
 12. Mikhailova L.A., Ternyuk I.G., Mironenko N.V. Characteristic of *Pyrenophora tritici-repentis* populations by their virulence. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*, 2010, vol. 44, no. 3, pp. 262–272. (In Russian).
 13. Kekalo, A.Yu., Nemchenko V.V. Diseases of spring wheat and efficient techniques to control them. *APK Rossii = Agro-Industrial Complex of Russia*, 2017, vol. 24, no. 5, pp. 1093–1098. (In Russian).
 14. *Scientifically substantiated zonal system of agriculture in the Sverdlovsk region*. Ekaterinburg, OOO "Dzhi Laim" Publ., 2020, 372 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кекало А.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 620142, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Белинского, 112а; e-mail: alena.kekalo@mail.ru

Заргарян Н.Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Немченко В.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alena Yu. Kekalo**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 112a, Belinskogo St., Ekaterinburg, Sverdlovsk Region, 620142, Russia; e-mail: alena.kekalo@mail.ru

Natalia Yu. Zargaryan, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Vladimir V. Nemchenko, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.06.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.08.2022

Дата публикации / Published 20.02.2023



БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА *TRICHOPHYTON BENHAMIAE* – НОВОГО ВОЗБУДИТЕЛЯ ДЕРМАТОМИКОЗОВ КОШЕК

Смагулова А.М.¹, Кухар Е.В.^{1,2}, ✉ Глотова Т.И.², Глотов А.Г.²

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина
Астана, Республика Казахстан

²Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия
✉ e-mail: t-glotova@mail.ru

Представлены результаты выделения двух штаммов OVB_T.b-19 и OVB_T.b-20 нового вида микроскопического гриба *Trichophyton benhamiae* из проб биологического материала от кошек с клиническими признаками дерматомикоза. Данный вид гриба впервые изолирован от домашних кошек на территории России. Молекулярно-генетические исследования, видовая идентификация и определение свойств выделенных культур проведены с помощью утвержденных методических рекомендаций и определителей патогенных и условно-патогенных грибов. Изучены кератинолитическая и биохимическая активность, культурально-морфологические (фенотипические) и молекулярно-генетические свойства *T. benhamiae*. Оба штамма гриба характеризовались разнообразием фенотипических свойств: формировали на питательных средах колонии, отличающиеся по морфологии и окраске воздушного и субстратного мицелия. У них выявлено сходство микро-морфологии: наличие септированного бамбукообразного мицелия с характерным ветвлением двухслойных макроконидий и микроконидий. Изученные штаммы характеризовались схожими биохимическими свойствами (выраженная сахаролитическая и уреазная активность) и кератинолитической активностью. Выявленная кератинолитическая активность у штаммов *T. benhamiae* свидетельствует об их этиологической роли в развитии дерматомикозов у домашних кошек. Фенотипические характеристики полностью соответствовали культуре микроскопического гриба *T. benhamiae*. В результате молекулярно-генетических исследований выявлено, что выделенные от кошек микроскопические грибы принадлежали роду *Trichophyton*, виду *Benhamiae*. Молекулярно-генетические исследования установили идентичность последовательностей полученных нами штаммов OVB_T.b-19 и OVB_T.b-20. Оба штамма внесены в базу данных GenBank с присвоением индивидуальных номеров в международной базе данных NCBI – ON479483 и ON479484.

Ключевые слова: дерматомицеты, *Trichophyton*, фенотипические свойства, штаммы, мицелий, макроконидии, микроконидии

BIOLOGICAL AND MOLECULAR GENETIC PROPERTIES OF *TRICHOPHYTON BENHAMIAE*, A NEW PATHOGEN OF DERMATOMYCOSES IN CATS

Smagulova A.M.¹, Kukhar E.V.^{1,2}, ✉ Glotova T.I.², Glotov A.G.²

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University
Astana, Republic of Kazakhstan

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
✉ e-mail: t-glotova@mail.ru

The results of isolation of two strains OVB_T. b-19 and OVB_T. b-20 of a new microscopic fungus species *Trichophyton benhamiae* from the samples of biological material from cats with clinical signs of dermatomycosis are presented.

This type of fungus was isolated from domestic cats for the first time in Russia. Molecular genetic studies, species identification and determination of the properties of the isolated cultures were carried out using approved methodological recommendations and determinants of pathogenic and opportunistic fungi. The keratinolytic and biochemical activity, cultural-morphological (phenotypic) and molecular-genetic properties of *T. benhamiae* were studied. Both strains of the fungus were characterized by a variety of phenotypic properties: they formed colonies on the nutrient media that differed in morphology and color of aerial and substrate mycelium. They revealed the similarity of micromorphology: the presence of a septate bamboo-like mycelium with characteristic branching of two-layer macroconidia and microconidia. The studied strains were characterized by similar biochemical properties (pronounced saccharolytic and urease activities) and keratinolytic activity. The identified keratinolytic activity of the *T. benhamiae* strains indicates their etiological role in the development of dermatomycoses in domestic cats. The phenotypic characteristics fully corresponded to the culture of the microscopic fungus *T. benhamiae*. Molecular genetic studies revealed that microscopic fungi isolated from cats belonged to the genus *Trichophyton*, species *Benhamiae*. Molecular genetic studies established that the sequences of OVB_T. b-19 and OVB_T. b-20 strains that had been obtained were identical. Both strains are listed in the GenBank database with individual numbers in the international NCBI database, ON479483 and ON479484.

Keywords: dermatomycetes, *Trichophyton*, phenotypic properties, strains, mycelium, macroconidia, microconidia

Для цитирования: Смагулова А.М., Кухар Е.В., Глотова Т.И., Глотов А.Г. Биологические и молекулярно-генетические свойства *Trichophyton benhamiae* – нового возбудителя дерматомикозов кошек // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 53–61. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-7>

For citation: Smagulova A.M., Kukhar E.V., Glotova T.I., Glotov A.G. Biological and molecular genetic properties of *Trichophyton benhamiae*, a new pathogen of dermatomycoses in cats. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 53–61. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Trichophyton benhamiae – новый вид микроскопического гриба, способный вызывать поражение кожи и ее производных у человека и разных видов домашних и диких животных [1]. За последние 15 лет распространенность зоонозных инфекционных заболеваний у животных, вызванных *T. benhamiae*, во всем мире непрерывно увеличивается [2]. Описаны случаи выделения *T. benhamiae* от человека и животных в Чехии, Польше, Германии, Италии, Финляндии, Швейцарии, Иране, Египте, Тайване, Японии, США, России [3, 4].

Чаще всего *T. benhamiae* изолировали из проб биологического материала от человека [5]. В случаях изоляции его от животных основными хозяевами патогенных штаммов были морские свинки, лисы [1], кролики [6] и собаки [7]. Описаны случаи изоляции гриба от домашних и бродячих кошек. Боль-

шая часть случаев выделения возбудителя *T. benhamiae* от кошек описана на примере бродячих животных. Авторами выдвигается предположение о том, что источником их заражения являлись дикие грызуны [8, 9].

Многие исследователи *T. benhamiae* ошибочно диагностировали его как *Microsporum canis* [10, 11] или *T. mentagrophytes* var. *porcellae* [2] из-за обнаружения схожих фенотипических признаков или сходства микроморфологии [10].

Учитывая морфологические особенности колоний, для штаммов *T. benhamiae* описано два фенотипа: желтый и белый [3, 12–15]. Желтый фенотип является наиболее часто встречаемым. Этот фенотип формирует плоские колонии с воздушным мицелием от бежевого до желтого цвета бархатистого вида с субстратным мицелием от ярко-желтого, охристого до коричневого или красноватого цвета. Для белого фенотипа колоний харак-

терен порошкообразный, зернистый, лучистый и плоский воздушный мицелий, иногда слегка желтоватый по краям. Этот фенотип характеризуется быстрой скоростью роста, формированием многочисленных микроконидий сферической и булавовидной форм, единичных макроконидий булавовидной и сигароподобной форм [10, 13, 16]. Данный фенотип *T. benhamiae* морфологически очень похож на *T. mentagrophytes*, что вполне могло вызвать ошибки в его идентификации и установлении роли в развитии дерматомикозов.

Штаммы с белым фенотипом, описанные некоторыми авторами, составляют примерно 20% случаев, и их можно спутать с комплексом *T. mentagrophytes* (*T. mentagrophytes*, *T. interdigitale*) [10, 13].

В качестве возбудителя дерматомикозов у кошек на территории Российской Федерации *T. benhamiae* ранее не регистрировали.

Цель работы – изучить биологические и молекулярно-генетические свойства у двух штаммов *T. benhamiae*, впервые выделенных в России из проб биоматериала от кошек с клиническими признаками дерматомикозов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2021, 2022 гг. в лаборатории биотехнологии – диагностического центра Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН и в лаборатории коллективного пользования Научно-исследовательской платформы сельскохозяйственной биотехнологии.

Поверхностное культивирование и выделение монокультур грибов и изучение их фенотипических свойств осуществляли в чашках Петри и блоках по Кадену с питательными средами Сабуро, Чапека, медовым, кукурузным и картофельным агаром при температуре 28 °С. Для детальной характеристики культур *T. benhamiae* и изучения биохимических свойств осуществляли их поверхностное культивирование на средах Гисса с мальтозой, маннитом, лактозой, сахарозой и глюкозой, среде Кристенсена, модифицированной питательной среде с кератином.

Микроморфологию *T. benhamiae* изучали в световом микроскопе при ×400. Для этой цели готовили агаровые блоки по Кадену через 24, 48, 72 ч и более роста. Видовую идентификацию выделенных культур проводили в соответствии с методиками, описанными в литературе [3, 17].

Аmplификацию маркерных генов внутренней транскрибированной области (internal transcribed region – ITS) ДНК проводили в конечном реакционном объеме 25 мкл, содержащем 1× Phusion HF-буфер, 2,5 мМ MgCl₂, 1U Phusion ДНК-полимеразу и 200 мкМ dNTP (New England BioLabs Inc.), 25 пмоль каждого праймера и 20 нг экстрагированной ДНК из одного образца. ПЦР осуществляли при следующих условиях термоциклирования: 95 °С в течение 30 с, 52 °С – в течение 40 с, 72 °С – в течение 50 с, окончательная элонгация – 5 мин при 72 °С. Амплифицированные продукты ДНК анализировали на горизонтальном электрофореze в 1%-м агарозном геле с использованием 1×TAE буферного раствора и EtBr. Параметры протекания электрофореze – 120 V, 250 мА, 50 W, время реакции – 30 мин.

Амплифицированные фрагменты ДНК секвенировали с помощью метода Сэнгера с использованием набора для определения последовательности терминатора BigDye в соответствии с техническими характеристиками производителя. Для обеспечения точности секвенирования амплифицированные фрагменты секвенировали с двумя праймерами: прямым (ITS 4 TCCT-CCGC-TTAT-TGAT-ATGC) и обратным (ITS5 GGAA-GTAA-AAGT-CGTA-ACAA-GG). Продукты секвенирования изучали на генетическом анализаторе ABI 3130XL (Applied Biosystems). Анализ и редактирование хроматограммы проводили с использованием Sequencing Analysis 5.2, Patch 2 (Applied Biosystems). Для сравнительного анализа использовали последовательности штаммов *T. benhamiae* KU257463, LN874020, LC388864, AB458143, KU496914, MT261760, JN134088, AB458165, MF152781, LS444190 и OK376997, опубликованные в GenBank.

Полученные последовательности депонировали в международной базе данных GenBank.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате микологического исследования проб биоматериала, полученных от кошек с предварительным диагнозом «микроспория», выделены два штамма дерматомицетов. Изучение культурально-морфологических свойств показало их отличие от классических культур гриба *M. canis*. При

более детальном изучении культурально-морфологических и молекулярно-генетических свойств выделенных культур дерматомицетов идентифицирован новый, ранее не встречавшийся в России вид возбудителя дерматомикозов кошек.

Культурально-морфологическими исследованиями установлено, что они отличались разнообразием фенотипических признаков (см. рис. 1).

Штамм *T. benhamiae* OVB_T.b-19 формировал на агаре Сабуро мучнистые круглые с

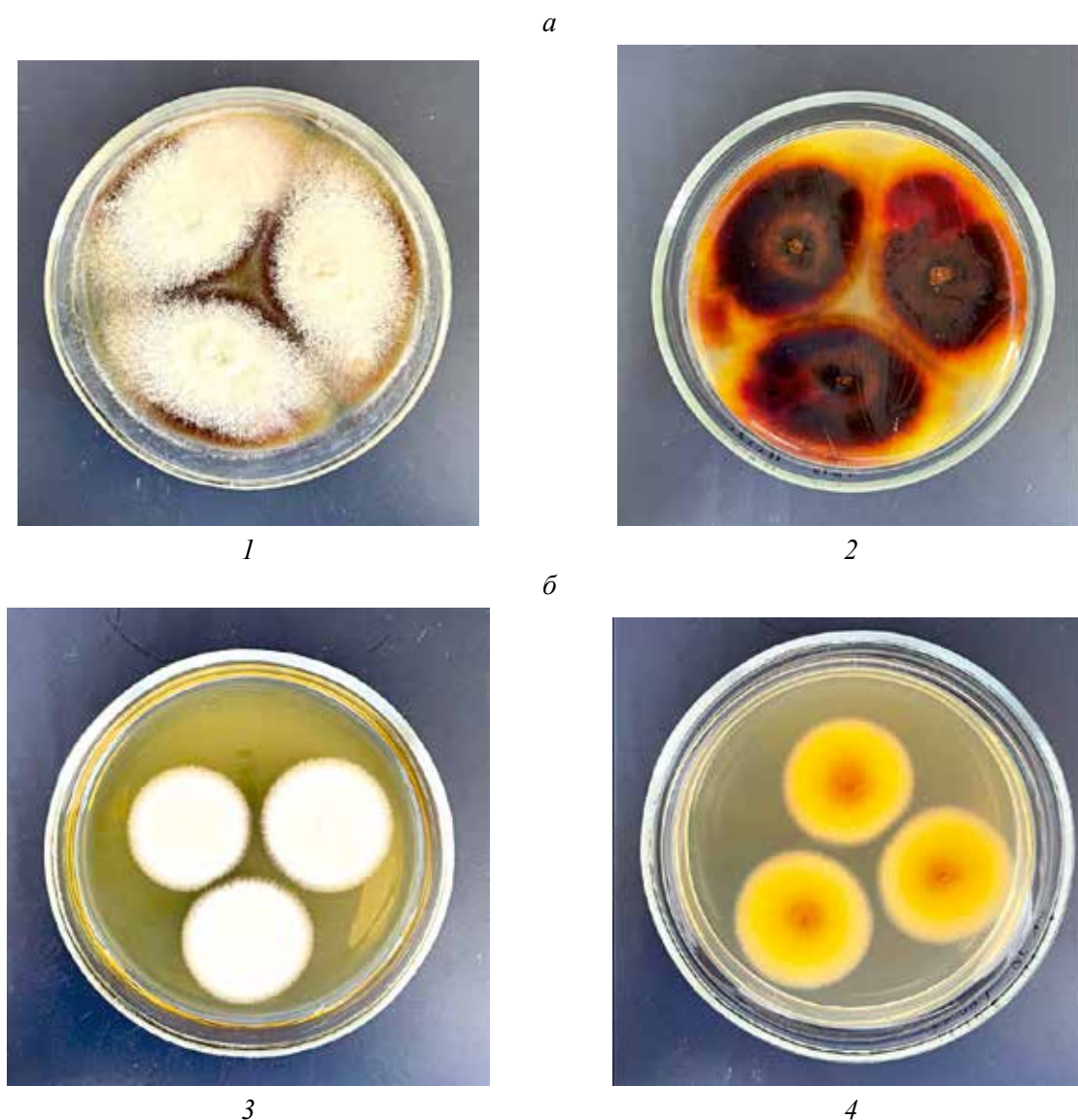


Рис. 1. Колонии штаммов *T. benhamiae*, агар Сабуро; 28 °С, 20 сут:

а – штамм *T. benhamiae* OVB_T.b-19: 1 – лицевая сторона; 2 – обратная сторона;

б – штамм *T. benhamiae* OVB_T.b-20: 3 – лицевая сторона; 4 – обратная сторона

Fig. 1. Colonies of *T. benhamiae* strains, Saburo agar; 28 °C, 20 days:

а – strain *T. benhamiae* OVB_T.b-19: 1 – front side; 2 – reverse side;

б – strain *T. benhamiae* OVB_T.b-20: 3 – front side; 4 – reverse side



Рис. 2. Строение мицелия у штаммов *T. benhamiae*: на агаровых блоках с агаром Сабуро; 28 °C; ×400, 3 сут:

a – септированный бамбукообразный мицелий; *б* – ветвление; *в* – микроконидии;
г – макроконидии; *д* – артроспоры

Fig. 2. Mycelial structure of *T. benhamiae* strains: on agar blocks with Saburo agar; 28 °C; ×400, 3 days:
a – septated bamboo-like mycelium; *б* – branching; *в* – microconidia; *г* – macroconidia; *д* – arthrospores

кратероидным центром колонии со стелющимся бежево-кремового цвета слегка порошистым мицелием. Обратная сторона колонии и субстратный мицелий на агаре Сабуро были окрашены в коричнево-винный цвет. По краю колонии отмечали формирование пушистого мицелия в виде тонких нитей как на поверхности, так и в глубине агара.

Штамм *T. benhamiae* OVB_T.b-20 рос в виде мучнистых, белых, местами кремовых колоний округлой формы с выраженной зональностью. Обратная сторона колоний имела оранжевый цвет. Растущий край колонии *T. benhamiae* был ровным.

Микроскопия позволила выявить у обоих штаммов гриба *T. benhamiae* наличие септированного бамбукообразного мицелия с характерным ветвлением и сходные микроstructures: обильные микроконидии, единичные макроконидии с характерными перетяжками формирующихся артроспор (см. рис. 2).

При этом штаммы различались некоторыми морфологическими признаками: у *T. benhamiae* OVB_T.b-19 выявили септированный ветвящийся бесцветный мицелий, у *T. benhamiae* OVB_T.b-20 – бесцветный септированный бамбукообразный мицелий с выраженным ветвлением. У обоих штаммов обнаружены характерные макроконидии с двухконтурной клеточной стенкой и заметной перетяжкой и микроконидии, сидящие на гифах (см. рис. 3).

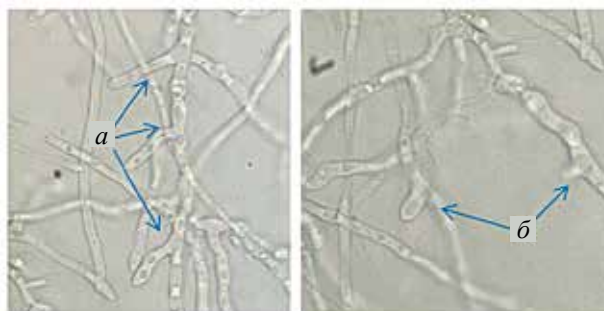


Рис. 3. Морфология макроконидий (*a*) и микроконидий (*б*) *T. benhamiae*; среда Сабуро, агаровые блоки; 28 °C, ×400, 7 сут; стрелкой указаны перетяжки

Fig. 3. Morphology of *T. benhamiae* macroconidia (*a*) and microconidia (*б*); Saburo medium, agar blocks; 28 °C, ×400, 7 days; the arrow indicates constrictions

Изучение биохимических свойств позволило выявить у тестируемых штаммов гриба *T. benhamiae* выраженную уреазную активность. Оба штамма активно сбраживали сахарозу, мальтозу, лактозу, слабо расщепляли глюкозу и практически не ферментировали маннит на средах Гисса.

Штаммы *T. benhamiae* проявили кератинолитические свойства при проведении теста на перфорацию волоса. Они выражались в обильном росте и появлении достаточно заметных «колышков» и изъеденности поверхности волоса (см. рис. 4).

Для выявления кератинолитических свойств готовили среды Сабуро с добавлением гидролизата кератина из волос челове-

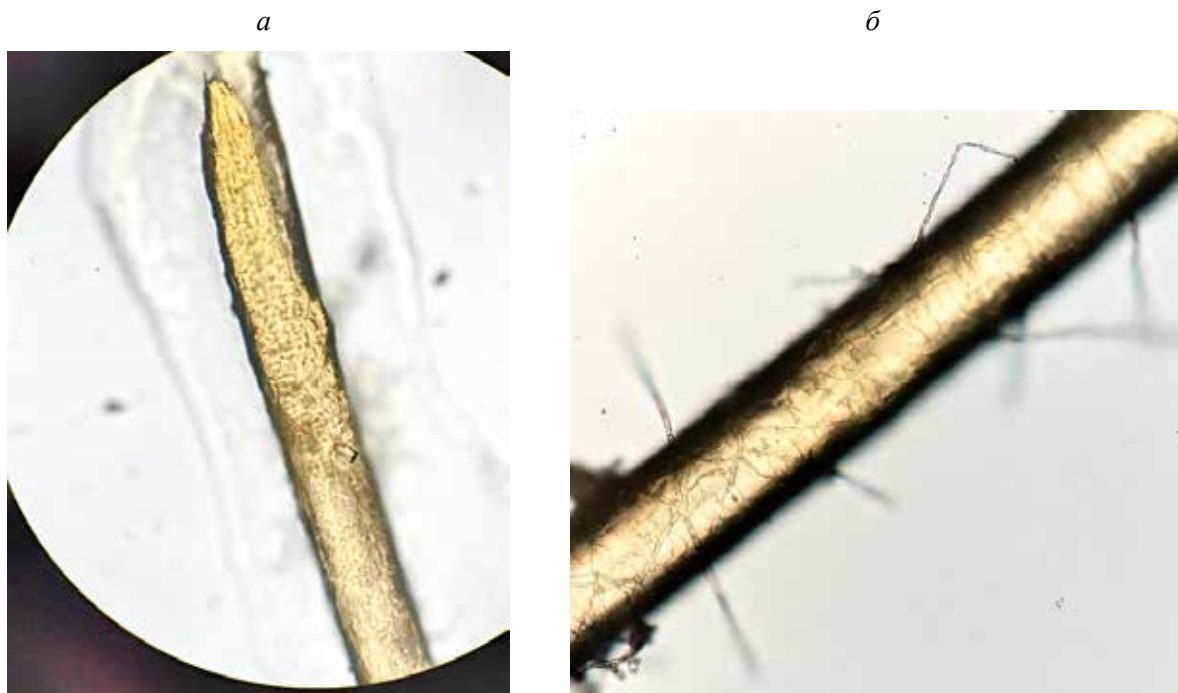


Рис. 4. Разрушение волоса под действием кератинолитических ферментов *T. benhamiae*:

a – штамм № 19; *б* – штамм № 20

Fig. 4. Hair destruction under the action of *T. benhamiae* keratinolytic enzymes:

a – strain No. 19; *б* – strain No. 20

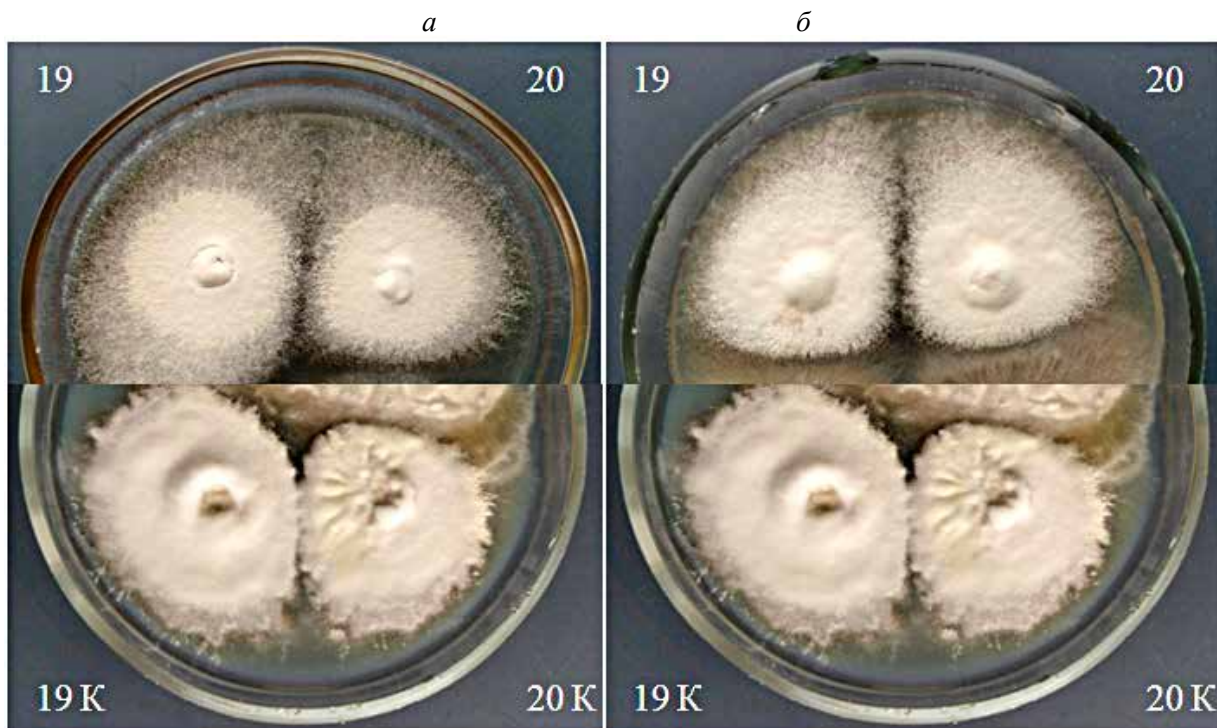


Рис. 5. Особенности роста штаммов *T. benhamiae* на модифицированной среде с добавлением кератина волос:

a – кератин из волос человека; *б* – кератин кошачьих волос

Fig. 5. Peculiarities of *T. benhamiae* strains growth on a modified medium with hair keratin addition:

a – keratin from human hair; *б* – keratin from feline hair

ка и мелко измельченной кошачьей шерсти. На средах с добавлением кератина человеческих и кошачьих волос штаммы быстрее формировали споры, чем на контрольной среде без добавления волос. Поверхность колоний на контрольной среде была более нежно структурированная, бархатистая, на среде с кератином – более зернистая, плотная (см. рис. 5).

Также во время роста и формирования колоний отмечали более выраженную зону прозрачности вокруг каждого штамма, что проявлялось более интенсивным цветным фоном. Считаем, что данный феномен связан с истончением и разрушением волоса под влиянием кератинолитических ферментов.

Генотипирование подтвердило у выделенных двух штаммов культур грибов совпадение в 98–99% по 649 нуклеотидным последовательностям с опубликованными в GenBank последовательностями штаммов KU257463, LN874020, LC388864, AB458143, KU496914, MT261760, JN134088, AB458165, MF152781, LS444190 и OK376997 гриба *T. benhamiae*.

Оба штамма систематизированы и депонированы в международной базе данных NCBI. Им присвоен инвентарный номер *T. benhamiae* OVB_T.b-19 (ON479483) и *T. benhamiae* OVB_T.b-20 (ON479484).

ВЫВОДЫ

1. При изучении культурально-морфологических свойств у двух культур гриба, выделенных от домашних кошек, установлены их отличия от основного возбудителя дерматомикозов у кошек *M. canis*. В результате молекулярно-генетических исследований выявлено, что выделенные от кошек микроскопические грибы принадлежали роду *Trichophyton*, виду *Benhamiae*. Нуклеотидные последовательности штаммов *T. benhamiae* OVB_T.b-19, OVB_T.b-20 депонированы в GenBank под номерами ON479483 – ON479484.

2. Штаммы *T. benhamiae* имеют характерные культуральные и морфологические признаки, широко описанные в научной литературе [3, 14]. Также штаммы отличались высокой сахаролитической активностью и способностью расщеплять мочевины. Оба штамма активно сбрасывали сахарозу, маль-

тозу, лактозу, слабо расщепляли глюкозу и практически не ферментировали маннит на средах Гисса.

3. Выявленная кератинолитическая активность у штаммов *T. benhamiae* свидетельствует об их этиологической роли в развитии дерматомикозов у домашних кошек.

4. Изучение фенотипических и молекулярно-генетических свойств выделенных культур микроскопических грибов позволило идентифицировать два штамма *T. benhamiae* – нового возбудителя дерматомикозов у кошек на территории России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tan J., Liu X., Gao Z., Yang H., Yang L., Wen H. A case of Tinea Faciei caused by *Trichophyton benhamiae*: first report in China // BMC Infectious Diseases. 2020. Vol. 20. P. 171. DOI: 10.1186/s12879-020-4897-z.
2. Sabou M., Denis J., Boulanger N., Forouzanfar F., Glatz I., Lipsker D., Poirier P., Candolfi E., Letscher-Bru V. Molecular identification of *Trichophyton benhamiae* in Strasbourg, France: a 9-year retrospective study // Medical Mycology. 2018. Vol. 56. P. 723–773. DOI: 10.1093/mmy/myx100.
3. Čmoková A., Kolařík M., Dobiáš R., Lois L., Hoyer L., Janoušková H., Kano R. Resolving the taxonomy of emerging zoonotic pathogens in the *Trichophyton benhamiae* complex // Fungal Diversity. 2020. Vol. 104. P. 333–387. DOI: 10.1007/s13225-020-00465-3.
4. Савинов В.А., Овчинников Р.С., Южаков А.Г., Хабарова А.В., Гайнуллина А.Г. Новые виды возбудителей в этиологии дерматофитозов животных-компаньонов в Московском регионе // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 9. С. 15–25.
5. Nenoff P., Schulze I., Uhrlaß S., Krüger C. Kerion caused by the zoophilic dermatophyte *Trichophyton* species of *Arthroderma benhamiae* in a child: a new emerging pathogen of dermatomycoses in Germany // Hautarzt Z Dermatol Venerol Verwandte Geb. 2013. Vol. 64. P. 846–849.
6. Nakamura Y., Kano R., Nakamura E., Saito K., Watanabe S., Hasegawa A. Case report. First report on human ringworm caused by *Arthroderma benhamiae* in Japan transmitted from a rabbit // Mycoses. 2002. Vol. 45. P. 129–131. DOI: 10.1046/j.1439-0507.2002.00732.x.
7. Sieklucki U., Oh S-H., Hoyer L.L. Frequent isolation of *Arthroderma benhamiae* from dogs

- with dermatophytosis // *Veterinary Dermatology*. 2014. Vol. 25. P. 39–e14. DOI: 10.1111/vde.12095.
8. De Freitas R.S., de Freitas T.H.P., Siqueira L.P.M., Gimenes V.M.F., Benard G. First report of tinea corporis caused by *Arthroderma benhamiae* in Brazil // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2019. Vol. 50. P. 985–987. DOI: 10.1007/s42770-019-00141-y.
 9. Drouot S., Mignon B., Fratti M., Roosje P., Monod M. Pets as the main source of two zoonotic species of the *Trichophyton mentagrophytes* complex in Switzerland, *Arthroderma vanbreuseghemii* and *Arthroderma benhamiae* // *Veterinary Dermatology*. 2009. Vol. 20. P. 13–18. DOI: 10.1111/j.1365-3164.2008.00691.x.
 10. Nenoff P., Uhrlaß S., Krüger C., Erhard M., Hippler U.C., Seyfarth F. *Trichophyton* species of *Arthroderma benhamiae* – a new infectious agent in dermatology // *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 2014. Vol. 12 (7). P. 558–571. DOI: 10.1111/ddg.12390.
 11. Mayser P., Budihardja D. A simple and rapid method to differentiate *Arthroderma benhamiae* from *Microsporum canis* // *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 2013. Vol. 11. P. 322–327. DOI: 10.1111/j.1610-0387.2012.08057.x.
 12. Baert F., Lefevere P., D'hooge E., Stubbe D., Packeu A. A Polyphasic Approach to Classification and Identification of Species within the *Trichophyton benhamiae* Complex // *Journal Fungi (Basel)*. 2021. Vol. 7. P. 602. DOI: 10.3390/jof7080602.
 13. Bartosch T., Frank A., Günther C., Uhrlaß S., Heydel T., Nenoff P., Baums C.B., Schrödl W. *Trichophyton benhamiae* and *T. mentagrophytes* target guinea pigs in a mixed small animal stock // *Medical Mycology Case Reports*. 2018. Vol. 23. P. 37–42. DOI: 10.1016/j.mmcr.2018.11.005.
 14. Peano A., Hubka V., Cavana P., Ottino C., Blandolino M., Molinar Min A.R., Pasquetti M. Cases of dermatophytosis caused by *Trichophyton benhamiae* var. *luteum* and *T. europaeum*, newly described dermatophytes within the *T. benhamiae* complex // *Veterinary Dermatology*. 2022. Vol. 33. P. 440–445. DOI: 10.1111/vde.13082.
 15. Kimura U., Yokoyama K., Hiruma M., Kano R., Takamori K., Suga Y. *Tinea faciei* caused by *Trichophyton mentagrophytes* (molecular type *Arthroderma benhamiae*) mimics impetigo: a case report and literature review of cases in Japan // *Medical Mycology*. 2015. Vol. 56. P. 1–5. DOI: 10.3314/mmj.56.E1.
 16. Needle D.B., Gibson R., Hollingshead N., Sidor I.F., Marra N.J., Rothenheber D., Thachil A.J. Atypical Dermatophytosis in 12 North American Porcupines (*Erethizon dorsatum*) from the Northeastern United States 2010–2017 // *Pathogens*. 2019. Vol. 8. P. 171. DOI: 10.3390/pathogens8040171.
 17. Самтон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. М.: Мир, 2001. 486 с.

REFERENCES

1. Tan J., Liu X., Gao Z., Yang H., Yang L., Wen H. A case of *Tinea faciei* caused by *Trichophyton benhamiae*: first report in China. *BMC Infectious Diseases*, 2020, vol. 20, pp. 171. DOI: 10.1186/s12879-020-4897-z.
2. Sabou M., Denis J., Boulanger N., Forouzanfar F., Glatz I., Lipsker D., Poirier P., Candolfi E., Letscher-Bru V. Molecular identification of *Trichophyton benhamiae* in Strasbourg, France: a 9-year retrospective study. *Medical Mycology*, 2018, vol. 56, pp. 723–773. DOI: 10.1093/mmy/myx100.
3. Čmoková A., Kolařík M., Dobiáš R., Lois L., Hoyer L., Janoušková H., Kano R. Resolving the taxonomy of emerging zoonotic pathogens in the *Trichophyton benhamiae* complex // *Fungal Diversity*, 2020, vol. 104, pp. 333–387. DOI: 10.1007/s13225-020-00465-3.
4. Savinov V.A., Ovchinnikov R.S., Yuzhakov A.G., Habarova A.V., Gajnullina A.G. New pathogenic species in etiology of dermatophytosis in companion animals in the Moscow region. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya = Veterinary Medicine, Zootechnics and Biotechnology*, 2021, no. 9, pp. 15–25. (In Russian). DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202109002.
5. Nenoff P., Schulze I., Uhrlaß S., Krüger C. Kerion caused by the zoophilic dermatophyte *Trichophyton* species of *Arthroderma benhamiae* in a child: a new emerging pathogen of dermatomycoses in Germany. *Hautarzt Z Dermatol Venerol Verwandte Geb*, 2013, vol. 64, pp. 846–849.
6. Nakamura Y., Kano R., Nakamura E., Saito K., Watanabe S., Hasegawa A. Case report. First report on human ringworm caused by *Arthroderma benhamiae* in Japan transmitted from a rabbit // *Mycoses*, 2002, vol. 45, pp. 129–131. DOI: 10.1046/j.1439-0507.2002.00732.x.

7. Sieklucki U., Oh S-H., Hoyer L.L. Frequent isolation of *Arthroderma benhamiae* from dogs with dermatophytosis. *Veterinary Dermatology*, 2014, vol. 25, pp. 39–e14. DOI: 10.1111/vde.12095.
8. De Freitas R.S., de Freitas T.H.P., Siqueira L.P.M., Gimenes V.M.F., Benard G. First report of tinea corporis caused by *Arthroderma benhamiae* in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2019, vol. 50, pp. 985–987. DOI: 10.1007/s42770-019-00141-y.
9. Drouot S., Mignon B., Fratti M., Roosje P., Monod M. Pets as the main source of two zoonotic species of the *Trichophyton mentagrophytes* complex in Switzerland, *Arthroderma vanbreuseghemii* and *Arthroderma benhamiae*. *Veterinary Dermatology*, 2009, vol. 20, pp. 13–18. DOI: 10.1111/j.1365-3164.2008.00691.x.
10. Nenoff P., Uhrhlaß S., Krüger C., Erhard M., Hippler U.C., Seyfarth F. *Trichophyton* species of *Arthroderma benhamiae* – a new infectious agent in dermatology. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 2014, vol. 12 (7), pp. 558–571. DOI: 10.1111/ddg.12390.
11. Mayser P., Budihardja D. A simple and rapid method to differentiate *Arthroderma benhamiae* from *Microsporum canis*. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 2013, vol. 11, pp. 322–327. DOI: 10.1111/j.1610-0387.2012.08057.x.
12. Baert F., Lefevre P., D'hooge E., Stubbe D., Packeu A. A Polyphasic Approach to Classification and Identification of Species within the *Trichophyton benhamiae* Complex. *Journal of Fungi (Basel)*, 2021, vol. 7, p. 602. DOI: 10.3390/jof7080602.
13. Bartosch T., Frank A., Günther C., Uhrhlaß S., Heydel T., Nenoff P., Baums B., Schrödl W. *Trichophyton benhamiae* and *T. mentagrophytes* target guinea pigs in a mixed small animal stock. *Medical Mycology Case Reports*, 2018, vol. 23, pp. 37–42. DOI: 10.1016/j.mmcr.2018.11.005.
14. Peano A., Hubka V., Cavana P., Ottino C., Blandolino M., Molinar Min A.R., Pasquetti M. Cases of dermatophytosis caused by *Trichophyton benhamiae* var. *luteum* and *T. europaeum*, newly described dermatophytes within the *T. benhamiae* complex. *Veterinary Dermatology*, 2022, vol. 33, pp. 440–445. DOI: 10.1111/vde.13082.
15. Kimura U., Yokoyama K., Hiruma M., Kano R., Takamori K., Suga Y. Tinea faciei caused by *Trichophyton mentagrophytes* (molecular type *Arthroderma benhamiae*) mimics impetigo: a case report and literature review of cases in Japan. *Medical Mycology*, 2015, vol. 56, pp. 1–5. DOI: 10.3314/mmj.56.E1.
16. Needle D.B., Gibson R., Hollingshead N.A., Sidor I.F., Marra N.J., Rothenheber D., Thachil A.J. Atypical Dermatophytosis in 12 North American Porcupines (*Erethizon dorsatum*) from the Northeastern United States 2010–2017. *Pathogens*, 2019, vol. 8, pp. 171. DOI: 10.3390/pathogens8040171.
17. Satton D., Fotergill A., Rinaldi M. *Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi*. Moscow, Mir Publ., 2001, 486 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Смагулова А.М., старший научный сотрудник; e-mail: smagulova-ainura@inbox.ru

Кухар Е.В., доктор биологических наук, директор; e-mail: kucharev@mail.ru

✉ **Глотова Т.И.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: t-glotova@mail.ru

Глотов А.Г., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник; e-mail: glotov_vet@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Ainura M. Smagulova, Senior Researcher; e-mail: smagulova-ainura@inbox.ru

Elena V. Kukhar, Doctor of Science in Biology, Director; e-mail: kucharev@mail.ru

✉ **Tatyana I. Glotova**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: t-glotova@mail.ru

Alexander G. Glotov, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher; e-mail: glotov_vet@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.10.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 23.12.2022
Дата публикации / Published 20.02.2023

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

✉ Кузьмина И.Ю.

Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Магадан, Россия

✉ e-mail: irina.kuzmina07.10@yandex.ru

В условиях Магаданской области проведены исследования по использованию кормовой добавки на основе морских водорослей (*Laminaria Bullatellancet-likelargekelp*, фукус *Fucosevanescens* C. Agardh) в сочетании с лишайниками (*Cladonia alpestris* и *Cetraria islandica*) в рационах кормления помесного молодняка крупного рогатого скота. Опытная и контрольная группы молодняка в возрасте от 15 до 17 мес были подобраны по методу пар-аналогов. В группы вошли помесные бычки герефордской и абердин-ангусской пород первого поколения. Молодняк опытной группы в добавление к основному рациону ежедневно получал кормовую добавку: ламинарию в количестве 120 г/гол. с лишайниками 50 г/гол. в сутки. Стимулирующее действие добавки на организм обусловлено содержанием в ней широкого спектра биологически активных веществ, являющихся фактором, способствующим росту и развитию сельскохозяйственных животных и оказывающих положительное влияние на их иммунную систему. Включение в рационы кормовой добавки повлияло на повышение абсолютного прироста массы опытного молодняка на 5,62 кг, относительного прироста – на 12,53%, среднесуточного прироста – на 93,8 г (12,55%) относительно контрольных бычков ($p \leq 0,001$). Относительная скорость роста по С. Броди была выше у опытного молодняка в возрасте от рождения до 17 мес на 1,31% относительно контроля. Применение кормовой добавки улучшило физиологическое состояние и резистентность молодняка опытной группы. Содержание эритроцитов в его крови повысилось на 0,32 млн/мкл (5,18%), гемоглобина – на 1,1 г/дл (11,48%), кальция – на 0,06 ммоль/л (2,37%).

Ключевые слова: ламинария, лишайник, кормовая добавка, крупный рогатый скот, рацион кормления

THE METHOD OF INCREASING THE RESISTANCE OF YOUNG CATTLE

✉ Kuzmina I. Yu.

Magadan Research Institute of Agriculture

Magadan, Russia

✉ e-mail: irina.kuzmina07.10@yandex.ru

In the conditions of the Magadan region researches on the use of a feed additive based on seaweeds (*Laminaria Bullatellancet-likelargekelp*, fucus *Fucosevanescens* C. Agardh) in combination with lichens (*Cladonia alpestris* and *Cetraria islandica*) in the diets of young cattle of mixed cattle were conducted. Experimental and control groups of 15-17-month-old young animals were matched by the pairwise method. The groups included first-generation crossbred Hereford and Aberdeen Angus steers. Young animals of the experimental group received daily feed supplement in addition to the basic diet: kelp in an amount of 120 g/head with lichens 50 g/head/day. The stimulating effect of the supplement on the body is due to the content of a wide range of biologically active substances that are a factor in the growth and development of farm animals and have a positive effect on their immune system. Inclusion of the feed additive into the diets increased the absolute weight gain of the experimental bulls by 5,62 kg, the relative gain by 12,53%, and the average daily gain by 93,8 g (12,55%) as compared to the control bulls ($p \leq 0,001$). The relative growth rate according to S. Brody was 1.31% higher in experimental young animals from birth to 17 months of age compared to the control. The use of the feed additive improved the physiological condition and resistance of the young animals of the experimental group. The content of erythrocytes in their blood increased by 0.32 million/ μ L (5.18%), hemoglobin by 1.1 g/dL (11.48%), and calcium by 0.06 mmol/L (2.37%).

Keywords: kelp, lichen, feed additive, cattle, feed ration

Для цитирования: Кузьмина И.Ю. Метод повышения резистентности молодняка крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 62–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-8>

For citation: Kuzmina I. Yu. The method of increasing the resistance of young cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 62–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-8>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

По итогам 2018 г. в сельскохозяйственных организациях численность мясного скота в Российской Федерации составила 2,26 млн гол. Производство говядины выросло на 1,9% (на 31,5 тыс. т) относительно 2017 г. и составило в 2018 г. 1645,1 тыс. т [1]. Особая значимость говядины как основного источника белка животного происхождения в рационе человека подтверждается приказом Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».

Увеличение мясного поголовья и производство высококачественной экологически чистой говядины в Магаданской области невозможно только за счет завоза в регион небольшого по численности поголовья животных специализированных мясных пород. Основным решением этой задачи может стать создание помесных мясных стад. Самыми популярными в нашей стране мясными породами, используемыми для промышленного скрещивания скота молочных пород, являются герефордская и абердин-ангусская. Животные отличаются скороспелостью, хорошими мясными качествами и оплатой корма, обладают высокой адаптивной способностью к акклиматизации во всех зонах страны.

В последнее время у ученых возрос интерес к кормовым добавкам, повышающим продуктивность, иммунитет животных, акклиматизацию к новым условиям и снижающим воздействия на них стресс-факторов. А.Л. Аминова использовала водно-дисперсионную вытяжку из древесины березы и лиственницы, что позволило активировать обменные процессы в организме телят и

повысить прирост живой массы на 20,3 и 34,5% соответственно [2]. Поиск новых нетрадиционных решений привел В.Е. Бельдина к широкому использованию кормовой добавки Фульват на основе гуминовых и фульвовых кислот из низинного торфа как замене антибиотиков для детоксикации организма и профилактики заболеваний животных [3]. В рационы телят черно-пестрой породы вводили минерально-витаминную кормовую добавку. Использование ее улучшило гематологические показатели молодняка. Количество эритроцитов увеличилось на 6,6–16,75%, гемоглобина на 6,93–15,27, белка на 1,99–3,58, кальция на 16,02–27,07, каротина на 10,92–20,21% [4]. В условиях Якутии опытным путем доказано положительное влияние кормовой добавки из местных ресурсов на переваримость питательных веществ, молочную продуктивность коров [5, 6].

Система кормления молодняка крупного рогатого скота определяется природно-климатическими условиями, особенностями местной кормовой базы и экономическими факторами. Приобретение и доставка в Магаданскую область специальных витаминно-минеральных добавок и премиксов влечет дополнительные расходы. Вместе с тем имеется возможность устранить недостатки в кормлении молодняка путем использования кормовых добавок на основе региональных растительных ресурсов: произрастающих в регионе лишайников и морских водорослей, запасами которых богаты прибрежные воды Охотского моря. Применение в кормлении коров морских водорослей (ламинария *Laminaria Bullatellancelikelargekelp*, фукус *Fucosevanescens* C. Agardh) исключает необходимость завоза минеральных и йодных препаратов из центральных районов страны.

В проведенном нами опыте у коров, получавших кормовую добавку из ламинарии с солями микроэлементов (кобальт хлористый, сернокислый цинк), жирность молока увеличилась на 0,21%, затраты корма на 1 л молока уменьшились на 0,03 к. ед. относительно контроля. Экономический эффект составил 14,4% при базисной жирности молока 3,6% [7].

Аминокислоты, входящие в состав водорослей, оказывают активное влияние на все жизненно важные функции организма крупного рогатого скота: формирование структурных и защитных тканей, регуляцию обмена веществ. Они осуществляют роль предшественников многих важных непротеиновых составляющих организма, а также влияют на продуктивные и репродуктивные функции [8]. В состав ламинарии входят антиоксиданты, замедляющие окисление ненасыщенных жирных кислот^{1,2}.

Йод – важный элемент в обмене веществ животного организма. Недостаток его проявляется суставной патологией, патологией беременности и нарушением воспроизводительной функции. У ламинариевых йод содержится в минеральной форме. В состав ламинарии входят йодоаминокислоты: моно- и дийодтиразин, дийодтиранин и дийодтироксин. Значительное содержание таких органических соединений делает чрезвычайно эффективным использование морских водорослей в качестве йодных подкормок в животноводстве [7, 9, 10]. Ранее проведенные исследования растительного сырья показали, что нетрадиционные компоненты рациона обладают антимикробными, антиоксидантными и противовоспалительными свойствами³.

Пи Ниваль Колен установил, что сахарады водорослей обладают иммуностимули-

рующими, антиоксидантными и антитромбическими свойствами и замедляют развитие вирусов и канцерогенеза. Он рекомендует включать водоросли в состав рациона животных в количестве 2–4% [11].

В состав лишайников входят витамины В12, С и Е, необходимые для жизнедеятельности организма. Недостаток витамина В12 вызывает у животных анемию, снижение продуктивности. Некоторые полисахариды, содержащиеся в лишайниках, усиливают выработку закиси азота макрофагами, изменяют уровни продукции противовоспалительных цитокинов макрофагами и дендритными клетками. Высокое содержание в лишайниках биологически активных веществ позволяет применять их в медицине⁴. Доказано, что витамины С и Е оказывают синергический эффект влияния биологически активных веществ. Витамин С, содержащийся в лишайниках, повышает уровень секреции желудочного сока и значительно увеличивает переваривающую силу пепсина, контролирует выброс кортикостерона надпочечниками, уменьшая его выработку и секрецию. Однако во время стресса эндогенный витамин С истощается в надпочечниках, вызывая системную секрецию этого мощного надпочечникового глюкокортикоида. Добавление витамина С из экзогенного источника способствует снижению последствий стресса и сводит к минимуму его негативное влияние на продуктивность [12].

Биохимический анализ крови – один из основных методов, характеризующих функциональное состояние организма животного. Результаты исследований А.А. Ламанова и др. [13] установлено изменение гематологических показателей крови животных в зависимости от генотипа, возраста, физиологического состояния, условий кормления

¹Balina K., Romagnoli F., Blumberga D. Chemical Composition and Potential Use of Fucus Vesiculosus from Gulf of Riga // Energy Procedia. 2016. Vol. 95. P. 43–49. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.010.

²Moubayed N.M.S., Jawad Al Ho uri, H., Al Khulaifi M.M., Al Farrari D.A. Antimicrobial, antioxidant properties and chemical composition of seaweeds collected from Saudi Arabia (Red Sea and Arabian Gulf) // Saudi Journal of Biological Sciences. 2017. Vol. 24 (1). P. 162–169. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.05.018.

³Gheisar M.M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition e a review // Italian Journal of Animal Science. 2017. Vol. 17. P. 92–99. DOI: 1080/1828051X.2017.1350120.

⁴Shrestha G., Clair L.L.St., O'Neill K.L. The immunostimulating role of lichen polysaccharides: a review // Phytotherapy Research. 2015. Vol. 29 (3). P. 317–322. DOI: 10.1002/ptr.5251.

и содержания [2, 13]. И.А. Пушкаревым и другими проведено исследование влияния тканевого биостимулятора на биохимические показатели сыворотки крови молодняка крупного рогатого скота. Применение биостимулятора повышает содержание общего белка в сыворотке крови на 1,4% ($p < 0,05$), глюкозы – на 22,6% ($p < 0,05$) и снижает содержание холестерина на 12,3% ($p < 0,05$) [14].

В Магаданской области с 2018 г. проводят научно-исследовательские работы по кормлению помесного молодняка крупного рогатого скота герефордской и абердин-ангусской пород.

Цель исследования – изучить влияние кормовой добавки из ламинарии и лишайников на гематологические показатели, общую резистентность помесного молодняка крупного рогатого скота.

В задачи исследования входило:

- приготовление кормовой добавки;
- изучение химического состава кормов и добавки;
- исследование влияния кормовой добавки на живую массу, скорость роста и гематологические показатели помесного молодняка в возрасте от 15 до 17 мес.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Нами проведены исследования по включению в рацион помесных бычков данных пород первого поколения в возрасте от 3 до 6 мес кормовой добавки, состоящей из муки ламинарии (*Laminaria*) и лишайников – кладонии альпийской (*Cladonia alpestris*) и цетрарии исландской (*Cetraria islandica*). Доказано, что применение данной добавки влияет на рост и развитие, способствует улучшению физиологического состояния, резистентности бычков опытной группы. Установлено увеличение содержания белка

в сыворотке крови бычков опытной группы на 9,8 г/л (14,37%), гемоглобина – на 0,2 г/дл (1,86%), лимфоцитов на 1,2%, снижение содержания лейкоцитов на 1,02 тыс./мкл (9,57%) относительно молодняка контрольной группы.

Для проведения исследований использованы общепринятые методики⁵. Лабораторные исследования химического состава кормов и кормовой добавки выполнены на Станции агрохимической службы «Магаданская» и в Магаданском научно-исследовательском институте сельского хозяйства. Результаты опытов обработаны статистически по методике Н.А. Плохинского⁶⁻⁹.

Определение содержания минерального вещества в кормах и ламинарии выполняли в лаборатории рентгеноспектрального анализа Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило ДВО РАН по методикам, разработанным в данном институте. Атомный эмиссионный спектральный анализ с дуговым возбуждением (ЭКСА) проводили на атомно-эмиссионном спектрографе ДФС-13 (Россия) [15].

Объектом исследований стал помесный молодняк крупного рогатого скота. Научно-производственный опыт по изучению влияния кормовой добавки на физиологическое состояние помесного молодняка проведен в течение 60 дней в производственных условиях КХФ «Комарова» в 2021 г. Опытная и контрольная группы молодняка по 10 гол. в возрасте от 15 до 17 мес были подобраны по методу пар-аналогов. В группы вошли помесные бычки герефордской и абердин-ангусской пород первого поколения. Животные опытной и контрольной групп содержались в одинаковых условиях и получали один и тот же хозяйственный рацион. Молодняк опытной группы в добавление к основному рациону ежедневно получал кор-

⁵Kuzmina I.Yu., Kuzmin A.M. Methods of correcting stress adaptation of young cattle // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36.

⁶Методические рекомендации по организации и проведению исследований по кормлению коров на промышленных фермах и комплексах. Дубровицы, 1983. 55 с.

⁷Методические указания по расчету общей питательности кормов. М., 1981. 24 с.

⁸Каталог ГОСТов. М., 2011.

⁹Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.

мовую добавку: ламинарию в количестве 120 г/гол. с лишайниками 50 г/гол. в сутки. Норма добавки рассчитана согласно норме потребности молодняка в микроэлементах в рационе.

Для проведения опыта приготовлено 75 кг муки из ламинарии и 30 кг – из лишайников. Технология получения ее состоит из сушки сырья в специально оборудованном складском помещении на сетчатых стеллажах, а затем приготовления муки с крупностью фракций 0,5–1,5 мм. Муку хранили в крафтмешках в помещениях складского типа.

Рост и развитие молодняка изучали по показателям живой массы на основе ежемесячных взвешиваний у подопытных бычков. По результатам взвешивания рассчитаны среднесуточный и абсолютный прирост. Относительную скорость роста рассчитывали по формуле С. Броди

$$B = [(W_1 - W_0) \times 100] : [(W_1 + W_0) \times 0,5],$$

где W_1 и W_0 – конечная и начальная живая масса соответственно.

Гематологические анализы телят осуществляли по методам ветеринарной клини-

ческой лабораторной диагностики И.П. Кондрахина¹⁰.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам анализа химического состава основных кормов и кормовой добавки из ламинарии в сочетании с лишайниками проведена оценка их питательной ценности (см. табл. 1). Состав кормов в хозяйстве является характерным для Приохотской зоны Магаданской области. Сложившийся тип кормления молодняка крупного рогатого скота при дорастивании и откорме скота на мясо в осенне-зимний период в КФХ «Комарова» – силосно-концентратный. В структуре кормления молодняка концентраты составляют по питательности 31,84%, силос – 66,42%. Основной рацион молодняка состоял из силоса (овес, горох) и размола (ячмень, кукуруза, горох). Рацион содержал 91,51% от нормы энергетических кормовых единиц, 90,22% сухого вещества, 84,13 – переваримого протеина, 99,81% сырой клетчатки. В рационе не хватало 100 г сахаров (15,76%), что характерно для Магаданской области и отрицательно влияет на усвоение

Табл. 1. Химический состав и питательность кормов в КФХ «Комарова» и кормовой добавки (в 1 кг натуральной влажности) в стойловый период

Table 1. Chemical composition and feed nutrition in the AE "Komarov" and the feed additive (in 1 kg of natural humidity) during the housing period

Вид корма	ЭКЕ	Обменная энергия, МДж	Сухое вещество, кг	Сырой протеин, г	Переваримый протеин, г	Сырая клетчатка, г	Сырой жир, г	Кальций, г	Фосфор, г	Натрий, г	Калий, г	Каротин, мг/кг	СППВ, г в 1 кг
Сено дикоросов	0,73	7,25	0,92	41,2	21,84	345	11,8	5,84	1,1	0,51	1,92	2,3	467,8
Силос овсяно-гороховый	0,26	2,66	0,28	64,8	47,3	88,1	10,6	1,19	0,64	1,59	3,18	11,8	
Размол	0,7	6,99	0,76	102,6	67,72	42,5	27,8	0,9	0,6	0,3	4,2	0,25	478,74
Кормовая добавка	0,88	8,76	0,93	68,2	50,47	263	66,4	2,1	1,11	0,48	3,9	2,4	476,28

¹⁰Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / под ред. И.П. Кондрахина. М.: Колос, 2004. 520 с.

протеина. Сахаропротеиновое отношение низкое – 0,17.

Концентрация энергетических кормовых единиц в 1 кг сухого вещества составляла 0,97 г (80,665% от нормы). Переваримый протеин на 1 энергетическую кормовую единицу – 82,7 г (59% от нормы).

С целью изучения характера действия кормовой добавки на состояние здоровья подопытных бычков исследовали их кровь. Данные гематологических исследований показывают, что за период проведения опыта показатели физиологического состояния бычков опытной группы в сравнении с аналогами контрольной улучшились (см. табл. 2).

Прием кормовой добавки снижал содержание лейкоцитов в крови бычков опытной группы на 0,56 тыс./мкл (5,75%). Эти данные свидетельствуют о том, что применение добавки сдерживает лейкоцитоз и оказывает благотворное влияние на организм молодняка. За период опыта произошло снижение лимфоцитов на 7,4%, эозинофилов на 0,8% относительно контроля. Соотношение разных форм лейкоцитов у

телят опытной группы было следующим. За период опыта число сегментоядерных нейтрофилов повысилось на 7,2%, палочкоядерных нейтрофилов – на 0,4, базофилов – на 0,2, моноцитов – на 0,4% относительно контрольной группы. Более высокое содержание нейтрофилов и моноцитов указывает на повышение защитных функций организма животных, поскольку эта группа клеток является фагоцитами и имеет высокую активность. Кроме того, нейтрофилы вырабатывают ферменты, активизирующие бактерицидное действие.

Применение кормовой добавки способствовало более интенсивному повышению количества эритроцитов и насыщению их гемоглобином. Содержание эритроцитов в крови молодняка опытной группы по сравнению с контрольной повысилось на 0,32 млн/мкл (5,18%), гемоглобина на 1,1 г/дл (11,48%). Скорость оседания эритроцитов в крови молодняка обеих групп в течение опыта находилась в пределах нормы.

Относительно телят контрольной группы незначительно повысилось содержание кальция в сыворотке крови опытных телят –

Табл. 2. Гематологические показатели подопытных бычков ($M + m$)

Table 2. Hematological indicators of experimental bulls ($M + m$)

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа	Норма
Эритроциты, млн/мкл	6,18 ± 0,27	6,50 ± 0,19***	5–7,50
Hb, г/дл	9,58 ± 0,29	10,68 ± 0,34	9,9–12,90
СОЭ, мм/ч	0,50 ± 0,00	0,50 ± 0,00	0,5–1,50
Лейкоциты, тыс./мкл	9,74 ± 0,96	9,18 ± 0,84	4,5–12,00
Нейтрофилы:			
палочкоядерные	2,80 ± 0,86	3,20 ± 0,58	2–5
сегментоядерные	21,40 ± 2,11	28,60 ± 2,40	20–35
Эозинофилы, %	1,80 ± 0,20	1,00 ± 0,32***	3–8
Базофилы, %	0,00 ± 0,00	0,20 ± 0,20***	0–1
Моноциты, %	3,60 ± 0,40	4,00 ± 0,32*	2–7
Лимфоциты, %	70,40 ± 2,20	63,00 ± 1,87	40–75
TP (общий белок), г/л	68,60 ± 1,57	66,60 ± 1,17	58–80
Ca, моль/л	2,53 ± 0,10	2,59 ± 0,09***	
P, ммоль/л	2,47 ± 0,17	2,53 ± 0,19	

* $p \leq 0,05$.

*** $p \leq 0,001$.

на 0,06 ммоль/л (2,37%), а также фосфора на 0,06 ммоль/л (2,43%).

По сравнению с животными контрольной группы содержание белка в сыворотке крови телят опытной понизилось на 2,0 г/л (2,92%), оставаясь в пределах физиологической нормы.

За период опыта (с 15- до 17-месячного возраста) у помесного молодняка, получавшего дополнительно с рационом кормовую добавку, повысились показатели абсолютного прироста на 5,62 кг, относительно – на 12,53%, среднесуточного – на 93,8 г (12,55%) ($p \leq 0,005$) относительно аналогов контроля. Среднесуточный прирост у телят контрольной группы составил 747,6 г, у опытных телят этот показатель увеличился до 841 г ($p \leq 0,001$). Относительная скорость роста по С. Броди у опытного молодняка на 1,31% выше относительно молодняка контрольной группы.

Затраты протеина корма на 1 кг прироста живой массы в опытной группе были меньше на 86,67 г (9,95%), чем в контрольной; снижение затрат обменной энергии корма составило 10,3 МДж (3,42%) соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Сырье для приготовления кормовой добавки относится к дикоросам, произрастающим в природе в достаточно больших объемах. Оно не требует значительных затрат на заготовку и подготовку к скармливанию. В связи с этим его применение является экономически эффективной формой обогащения рационов биологически активными веществами. Введение добавки из ламинарии и лишайников в рацион помесного молодняка герефордской и абердин-ангусской пород первого поколения в возрасте 15–17 мес при выращивании на мясо положительно влияет на абсолютный и среднесуточный прирост, относительную скорость роста, показатели крови молодняка крупного рогатого скота.

2. Включение в рационы молодняка кормовой добавки способствует повышению абсолютного прироста массы на 5,62 кг, относительного прироста – на 12,53%, среднесуточного прироста – на 93,8 г (12,55%)

относительно бычков контрольной группы ($p \leq 0,001$). Относительная скорость роста по С. Броди выше у опытного молодняка в возрасте от рождения до 17 мес на 1,31% относительно контроля. Применение кормовой добавки улучшает резистентность опытных телят. Содержание эритроцитов в крови молодняка опытной группы повысилось на 0,32 млн/мкл (5,18%), гемоглобина – на 1,1 г/дл (11,48%), кальция – на 0,06 ммоль/л (2,37%), фосфора – на 0,06 ммоль/л (2,43%) по сравнению с контрольной группой.

3. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения разработанной кормовой добавки для обогащения рациона молодняка крупного рогатого скота ферментами, антимикробными веществами и витаминами с целью повышения общей резистентности организма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунин И.М. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2–6. DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001.
2. Аминова А.Л., Юмагузин И.Ф., Колесник А.Б. Особенности роста телят в молочный период при использовании фитопрепаратов // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 4. С. 39–42. DOI: 10.33943/MMS.2021.57.10.008.
3. Бельдин В.Е. Гуминовые кормовые добавки как природная замена антибиотиков // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 4. С. 43–46.
4. Сабитов М.Т., Фархутдинова А.Р., Маликова А.Р., Фенченко Н.Г., Хайруллина Н.И., Шамсутдинов Д.Х. Влияние комплексной минерально-витаминной кормовой добавки на гематологические и биохимические показатели крови телят // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 1. С. 27–31. DOI: 10.33943/MMS.2020.56.61.006.
5. Николаева Н.А., Борисова П.П., Алексеева Н.М. Повышение эффективности использования кормовых добавок местного происхождения в рационах дойных коров в Якутии // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 2. С. 46–50. DOI: 10.33943/MMS.2021.41.45.010.
6. Черноградская Н.М., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И., Кюндяйцева А.Н. Эффектив-

ность нетрадиционных кормовых добавок в скотоводстве Якутии // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 55–57. DOI: 10.33943/MMS.2020.56.57.001.

7. Кузьмина И.Ю. Использование ламинарии и лишайников в рационе молодняка крупного рогатого скота // Вестник ДВО РАН. 2021. № 3 (17). С. 141–147. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_24.
8. Gonzalez-Esquerria R., Leeson S. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids // Canadian Journal of Animal Science. 2001. N 81 (3). P. 295–305. DOI: 10.4141/A00-092.
9. Вишневецкая Т.И., Аминина Н.М., Гурулева О.Н. Разработка технологии получения йодсодержащих продуктов из ламинарии японской. Биология и биотехнология гидробионтов // Известия ТИНРО. 2001. Т. 129. С. 163–169.
10. Евглевский А.А., Скира В.Н., Рыжкова Г.Ф., Михайлова И.И. Обоснование нового подхода к профилактике йодной недостаточности и коррекции метаболизма // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 2. С. 67–70. DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/67-70.
11. Коллен Пи Ниваль, Дёмэ Эрвэ, Тарасенко В.Н. Морские водоросли – прогресс в создании новых кормовых добавок // Птица и птицепродукты. 2014. № 3. С. 40–42.
12. Abdin Z., Khatoon A. Improving Performance Traits of Laying Hens with Vitamin C // Egg Innovations and Strategies for Improvements: book. Hardcover, 2017. P. 297–308. DOI: 10.1016/B978-0-12-800879-9.00028-7.
13. Ламанов А.А., Зубаирова Л.А., Чернышенко Ю.Н., Тагиров Х.Х. Биохимические и иммунологические показатели крови бычков в зависимости от технологического содержания // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 13–14. DOI: 10.33943/MMS.2020.56.32.003.
14. Пушкарев И.А., Афанасьева А.И., Куренинова Т.В. Влияние разных доз тканевого биостимулятора на биохимические показатели крови молодняка крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 7. С. 40–43. DOI: 10.33943/MMS.2021.54.16.007.
15. Приставко В.А. О геохимических исследованиях в лаборатории геохимии СВКНИИ // Колымские вести. 2000. № 8. С. 47–51.

REFERENCES

1. Dunin I.M. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2020, no. 2, pp. 2–6. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001.
2. Aminova A.L., Yumaguzin I.F., Kolesnik A.B. Features of growth of calves during the dairy period when using phytopreparations. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2021, no. 4, pp. 39–42. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2021.57.10.008.
3. Bel'din V.E. Humic feed additives as a natural substitute for antibiotics. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2021, no. 4, pp. 43–46.
4. Sabitov M.T., Farkhutdinova A.R., Malikova A.R., Fenchenko N.G., Khairullina N.I., Shamsutdinov D.Kh. Influence of complex mineral and vitamin feed additive on hematologic and biochemical calf blood parameters. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2020, no. 1, pp. 27–31. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.56.61.006.
5. Nikolaeva N.A., Borisova P.P., Alekseeva N.M. Increasing the efficiency of use of feed supplements of the local origin in the diets of dairy cows in Yakutia. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2021, no. 2, pp. 46–50. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2021.41.45.010.
6. Chernogradskaya N.M., Grigoriev M.F., Grigorieva A.I., Kyundytseva A.N. Efficiency of non-traditional feed in cattle breeding in Yakutia. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2020, no. 4, pp. 55–57. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.56.57.001.
7. Kuz'mina I.Yu. The use of laminaria and lichens in the diet of young cattle. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2021, no. 3 (17), pp. 141–147. (In Russian). DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_24.
8. Gonzalez-Esquerria R., Leeson S. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science*, 2001, no. 81 (3), pp. 295–305. DOI: 10.4141/A00-092.
9. Vishnevskaya T.I., Aminina N.M., Guruleva O.N. Development of technology for ob-

- taining iodine-containing products from Japanese kelp. *Izvestiya TINRO = Izvestiya TINRO*, 2001, vol. 129, pp. 163–169. (In Russian).
10. Evglevskii A.A., Skira V.N., Ryzhkova G.F., Mikhailova I.I. Substantiation of new approach to preventing iodine deficiency and metabolism correction. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2019, no. 2, pp. 67–70. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/67-70.
 11. Kollen Pi Nival', Deme Erve, Tarasenko V.N. Seeweed – progress in creating new feed additives. *Ptitsa i ptitseprodukty = Poultry and chicken products*, 2014, no. 3, pp. 40–42. (In Russian).
 12. Abdin Z., Khatoon A. Improving Performance Traits of Laying Hens with Vitamin C. *Egg Innovations and Strategies for Improvements*. Hardcover, 2017, pp. 297–308. DOI: 10.1016/B978-0-12-800879-9.00028-7.
 13. Lamanov A.A., Zubairova L.A., Chernyshenko Yu.N., Tagirov Kh.Kh. Blood biochemical and immunological indicators of bull calves depending on the livestock management system. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2020, no. 2, pp. 13–14. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.56.32.003.
 14. Pushkarev I.A., Afanas'eva A.I., Kureninova T.V. Influence of different doses of tissue biostimulant on biochemical blood indices of young cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2021, no. 7, pp. 40–43. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2021.54.16.007.
 15. Pristavko V.A. About geochemical research in the geochemistry laboratory of the NEKSRI. *Kolymskie vesti = Kolyma vesti*, 2000, no. 8, pp. 47–51. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Кузьмина И.Ю.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 685000, Магадан, ул. Пролетарская, 17; e-mail: irina.kuzmina07.10@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Irina Yu. Kuzmina**, Senior Researcher; **address:** 17, Proletarskaya st., Magadan, 685000, Russia; e-mail: irina.kuzmina07.10@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 30.08.2022
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.11.2022
 Дата публикации / Published 20.02.2023

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО АДАПТОГЕНА ИЗ ЛИЧИНОК БОЛЬШОЙ ВОСКОВОЙ МОЛИ В ВЕТЕРИНАРИИ

✉ Осокина А.С.¹, Михеева Е.А.², Масленников И.В.¹

¹Удмуртский федеральный исследовательский центр

Уральского отделения Российской академии наук

Ижевск, Россия

²Удмуртский государственный аграрный университет

Ижевск, Россия

✉ e-mail: Anastasia.osokina2017@yandex.ru

Проведен сравнительный анализ адаптационных эффектов тестом «Принудительное плавание» фракционируемых растворов, полученных из продуктов жизнедеятельности личинок большой восковой моли (*Galleria mellonella*) на биологические системы. Методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии определено, что в полученной легкой фракции продуктов жизнедеятельности личинок высокоэнергетическая составляющая N1s спектров (~402,0 эВ) и энергия связи для углерода в C-N связи (~286,0 эВ) свидетельствуют о присутствии в образцах протонированных аминокислот. Поглощение при 1700 см⁻¹ можно связать с наличием дикарбоновых аминокислот (глутаминовой и аспаргиновой) и других органических кислот, которых значительно меньше в тяжелой фракции. При пероральном введении исследуемых экстрактов установлено их разнонаправленное воздействие на кишечник лабораторных мышей. Выявлено негативное влияние тяжелой фракции на микробиоценоз кишечника по качественному составу микрофлоры. При применении легкой фракции микрофлора кишечника близка к контролю. Анализ количества лейкоцитов тонкого кишечника при введении фракций отразила ответную местную иммунную реакцию организма. Содержание этих клеток на собственной пластинке слизистой оболочки мышей, которым вводили легкую фракцию, выше на 67,2%, чем у контрольных мышей ($p \leq 0,05$). Содержание лейкоцитов на собственной пластинке слизистой оболочки мышей, которым вводили тяжелую фракцию, выше в 2,7 раза по сравнению с контролем, что свидетельствует о воспалительной реакции. Разница между опытными группами достоверна ($p \leq 0,001$). Сравнительный эффект фракций показал, что их пероральное введение разнонаправленно повлияло на время плавания в сравнении с контролем. Через 20 дней эксперимента у мышей, которым вводили тяжелую фракцию, достоверно увеличилось время плавания в сравнении с первыми сутками ($p \leq 0,05$). Однако при этом замечен отрицательный адаптогенный эффект в сравнении с контрольной группой. Выявлена достоверная разница между результатами на 30-е сутки между опытными группами, что свидетельствует о выраженной разнице полученных результатов.

Ключевые слова: большая восковая моль, личинки, продукты жизнедеятельности, тест «Принудительное плавание», микробиоценоз кишечника, лейкоциты, ИК-Фурье

THE OPPORTUNITIES OF USING A NATURAL ADAPTOGEN FROM THE *GALLERIA MELLONELLA* LARVAE IN VETERINARY MEDICINE

✉ Osokina A.S.¹, Mikheeva E.A.², Maslennikov I.V.¹

¹Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Izhevsk, Russia

²Udmurt State Agricultural University

Izhevsk, Russia

✉ e-mail: Anastasia.osokina2017@yandex.ru

A comparative analysis of the adaptation effects of the Porsolt test of fractionated solutions obtained from the products of the larvae of the large wax moth (*Galleria mellonella*) on biological systems was performed. The method of X-ray photoelectron spectroscopy determined that in the obtained light fraction of the products of larval life there is a high-energy component of N1s spectra

(~402.0 eV) and bond energy for carbon in the C-N bond (~286.0 eV), which indicates the presence of protonated amino groups in the samples. Absorption at 1700 cm⁻¹ can be attributed to the presence of dicarboxylic amino acids (glutamic and aspartic) and other organic acids, which are much less in the heavy fraction. During oral administration of the studied extracts, their multidirectional effect on the intestines of laboratory mice was found. The negative effect of heavy fraction on the microbiocenosis of the intestine by the qualitative composition of the microflora was detected. When the light fraction is used, the intestinal microflora is close to the control. Analysis of the number of leukocytes of the small intestine when the fractions were injected reflected the local immune response of the body. The content of these cells on the mucosal plate of mice injected with the lung fraction was 67.2% higher than that of the control mice ($p \leq 0.05$). The content of leukocytes on the own plate of the mucosa of mice injected with the heavy fraction was 2.7 times higher compared to the control, indicating an inflammatory reaction. The difference between the experimental groups is significant ($p \leq 0.001$). The comparative effect of the fractions showed that their oral administration had a different effect on the swimming time compared to the control. After 20 days of the experiment, mice injected with the heavy fraction had significantly increased their swimming time compared to the first day ($p \leq 0.05$). However, a negative adaptogenic effect compared to the control group is noticeable. A significant difference was found between the results on the 30th day between the experimental groups, which indicates a pronounced difference in the results obtained.

Keywords: *Galleria mellonella*, larvae, waste products, Porsolt test, intestinal microbiocenosis, leukocytes, Fourier transform infrared spectroscopy

Для цитирования: Осокина А.С., Михеева Е.А., Масленников И.В. Перспектива применения природного адаптогена из личинок большой восковой моли в ветеринарии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 71–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-9>

For citation: Osokina A.S., Mikheeva E.A., Maslennikov I.V. The opportunities of using a natural adaptogen from the *Galleria mellonella* larvae in veterinary medicine. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 71–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Стресс – совокупность неспецифических реакций организма на различные раздражители. По результатам многих исследований, 70–80% стрессов происходит от неправильного кормления и содержания животных, 20–30% – из-за остальных факторов¹ [1]. При стрессе животные получают серьезную психоэмоциональную нагрузку, теряют в весе, снижается сопротивляемость организма к инфекциям, что, в конечном итоге, приводит к экономическим потерям [2]. Доказан эффект стимуляторов с адаптогенным эффектом, повышающих резистентность организма: экстракта элеутерококка колючего,

аскорбиновой, фумаровой и янтарной кислот². С этой точки зрения интересно изучить личинку большой восковой моли (*Galleria mellonella*) в качестве адаптогена.

Традиционно личинка большой восковой моли (*G. mellonella* L.) является вредителем в пчеловодстве. Она поедает воск, пергу, разрушая целостность пчелиных семей, прогрызая соты и нарушая процесс линьки пчел [3].

В настоящее время проводят широкомасштабное изучение личинок *G. mellonella*, подтверждающее их универсальность в качестве альтернативной модели для проведения токсикологических, фармакологических и других исследований [4]. Вы-

¹Тостопятова Э.П. Влияние стресса на продуктивность сельскохозяйственных животных // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Ижевск, 2021. С. 1390–1392.

²Седошкина К.А., Филишго С.В. Использование адаптогенов при стрессе у сельскохозяйственных животных // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. Collection of scientific articles LXIII International correspondence scientific and practical conference. Boston: Problems of sciences, 2019. С. 92–94.

явлено, что личинки способны поедать синтетические полимеры [5]. Кроме того, личинки *G. mellonella* обладают высокой питательной ценностью и рассматриваются в качестве альтернативного источника белков и жиров [6]. В нетрадиционной медицине используют экстракт на основе личинок *G. mellonella*, обладающий многопрофильными свойствами (противотуберкулезным, кардиотропным, иммунопротекторным и др.) [7].

В составе продуктов жизнедеятельности личинок выделены три группы биологически активных соединений флаваноидной, ириоидной и стероидной природы. На основании полученных результатов сделан вывод, что продукты жизнедеятельности являются не менее перспективным лекарственным сырьем, чем сама личинка⁴.

Группа ученых во главе с С.В. Савчук (2018 г.) провела исследования по изучению влияния продуктов жизнедеятельности личинок на гематологические показатели японского перепела, доказав, что скормливание личинок *G. mellonella* оказало положительное влияние на содержание гемоглобина у птиц. Отмечена тенденция повышенного содержания лейкоцитов в крови перепелов, получавших добавку продуктов жизнедеятельности личинок к основному рациону, поэтому можно предположить об их более высоких защитных иммунных механизмах [8].

В 2019 г. С.В. Савчук и другие провели морфофункциональные исследования желудочно-кишечного тракта перепелов с добавлением продуктов жизнедеятельности личинок. Обнаружено, что наибольшие изменения оказались в подслизистой оболочке желудка птицы – увеличение ее толщины, что характерно при потреблении высокобелковых и сложноперевариваемых кормов. Авторы предполагают, что в данном случае сыграл роль пчелиный воск, который является основным компонентом продуктов жизнедеятельности личинок. Ворсинки двенадцати-

типерстной кишки птиц, потреблявших эту добавку, были длиннее, чем в контрольной группе, что свидетельствует о возможности повышения интенсивности всасывания [9].

Таким образом, полученные исследования воздействия продуктов жизнедеятельности личинок *G. mellonella* на организм позволяют утверждать об их положительном воздействии. Тем не менее, остается множество вопросов о механизме и системном влиянии их на организм животных.

Актуальность исследований состоит в поиске природного вещества в качестве природного адаптогена, повышающего стрессоустойчивость организма для рационального и эффективного разведения сельскохозяйственных животных и получения высококачественной продукции.

Цель исследования – провести сравнительный анализ продуктов жизнедеятельности легкой (ЛФ) и тяжелой фракции (ТФ) личинок *G. mellonella* L. в тесте «Принудительное плавание» в качестве природного адаптогена.

Задачи исследования:

- определить физико-химический состав исследуемых фракций продуктов жизнедеятельности;
- оценить уровень адаптогенности по времени плавания лабораторных мышей при пероральном введении фракций в тесте «Принудительное плавание»;
- установить воздействие фракций на качественный состав микробиоты кишечника на фоне стресса;
- выявить особенности клеточной морфологии стенки тонкого кишечника лабораторных мышей при введении разных фракций продуктов жизнедеятельности личинок большой восковой моли.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены в соответствии с этическими нормами обращения с животными, соблюдением рекомендаций и требований Европейской конвенции

⁴Громовой В.Н. О продукте жизнедеятельности личинок восковой моли // Успехи апитерапии: материалы XIII всерос. науч.-практ. конф. (11–13 октября 2007 г.). Рыбное: изд-во НИИ пчеловодства, 2008. С. 134–137.

по защите экспериментальных животных (Страсбург, 1986 г.)⁵. Работа выполнена в Удмуртском государственном университете в 2020 г. Мышей содержали в виварии в стандартных клетках на обычном пищевом рационе в соответствии с ГОСТ Р-50258–92 «Комбикорма полнорационные для лабораторных животных». Животные имели свободный доступ к пище и воде.

Тестировали белых однолинейных мышей в возрасте 9 нед. Сформированы три группы по 10 особей:

- контрольная: обычная вода;
- 1-я опытная: 10%-й водный раствор ЛФ продуктов жизнедеятельности личинок *G. mellonella*;
- 2-я опытная: 10%-й раствор ТФ продуктов жизнедеятельности в дозировке 0,5 мкл/г живой массы.

Мышей принудительно ежедневно поили из микропипетки определенной дозировки в соответствии со схемой подачи растворов.

Уровень адаптационных способностей мышей определяли по длительности плавания с грузом 10% от массы тела животного тестом «Принудительное плавание». В течение эксперимента животных тестировали каждые 10 дней – на 1, 10, 20 и 30-е сутки. Мышь опускали в сосуд высотой 30 см с налитой в него теплой водой (27 ± 1 °C). Тест заканчивали при погружении животного в конце эксперимента на дно сосуда более чем на 5 с. Длительность плавания животных фиксировали секундомером с точностью до 1 с. Тестирование проводили в одно и то же время – с 11 до 13 ч. Депривацию корма производили за 2 ч до эксперимента.

Для подтверждения действия фракций на микробиоценоз в конце эксперимента проведен забор фекалий мышей для микробиологического анализа. Исследования проводили в соответствии с Методическими рекомендациями Министерства сельского хозяйства РФ от 11.05.2004 № 13-5-02/1043. Готовили 10-кратные разведения фекалий на стерильном физрастворе. Посевы осуществляли на мясопептонный агар методом глу-

бинного посева, среду Эндо, желточно-солевой агар, сульфитный агар для выделения клостридий, бифидум-среду. Для первичной идентификации микроорганизмов группы кишечной палочки использовали среду Клиглера. Морфологию микроорганизмов изучали при микроскопии мазков, окрашенных по методу Грама. Идентификацию бактерий группы кишечной палочки осуществляли при использовании тест-набора «ДС-ДИФ-ЭНТЕРО-24» [10].

Качественный состав оценивали на кафедре эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. Полученные мазки окрашивались по Граму. Оценку встречаемости микроорганизмов проводили при $\times 900$ с использованием масляной иммерсии по 4-балльной шкале. При посеве на мясопептонный агар (МПА) определяли более 1×10^{10} колоний аэробных и анаэробных бацилл; на среде Эндо – преобладание лактозо-негативных колоний и умеренное содержание лактозо-позитивных.

С целью доказательства влияния разных фракций продуктов жизнедеятельности на основные системы организма осуществляли изучение гистологических структур подвздошной кишки мышей. Полученный гистологический материал фиксировали в 10%-м растворе забуференного формалина в течение 24 ч, промывали проточной водой и заливали в парафин по общепринятой методике. Приготовление гистологических препаратов проводили по стандартной общепринятой методике.

Изготовление микросрезов осуществляли на микротоме СМ-1. Срезы толщиной 4–7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Морфометрию производили при помощи фотографирования с использованием цифровой фотокамеры QImaging MicroPublisher 3.3 RTV на микроскопе Nikon Eclipse E200, объективы 4x, 10x/0,20, 40x/0,65. Для проведения измерений клеток исследуемых органов использовалась программа Image Pro Insight.

⁵European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe 18.03.1986. Strasbourg, 1986. P. 52.

Абсолютное количество моноклеарных и полиморфоядерных клеток в собственной пластинке слизистой оболочки (СПСО) подвздошной кишки определяли наложением сетки Автандилова методом прямого подсчета клеток в каждом квадрате. Уровень достоверности между сформированными группами оценивали с применением критерия Манна – Уитни. При уровне 95% значения считали статистически значимыми различимыми ($p \leq 0,05$).

Методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) на электронном спектрометре SPECS (SPECS GmbH, Германия) исследованы образцы фракций, предварительно нанесенные на медные подложки⁶. ИК-Фурье исследование проводили на спектрометре Varian Excalibur 3100 на просвет в таблетках KBr (2 мг исследуемого вещества + 300 мг KBr). Спектры получали в диапазоне 400–4500 см^{-1} с разрешением 1 см^{-1} ⁷.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Метод РФЭС показал, что для изучаемых фракций основной максимум приходился на $E_{\text{св}} \sim 400$ эВ, что характерно для целого ряда органических веществ, а также для солей аммонийных оснований. Второй максимум с $E_{\text{св}} \sim 402$ эВ характерен для протонированных аминогрупп (содержащих дополнительный атом водорода), его интенсивность в 1,5 раза выше для светлой фракции (см. рис. 1).

Тяжелая фракция содержит максимальное количество кислорода в двух неэквивалентных химических состояниях. Также эта фракция содержит максимальное количество соединений углерода с кислородом, максимальное количество азота калия (или соединений с его участием). В легкой фракции выше концентрация калия (или соединений с его участием) и выше содержание протонированных аминогрупп.

Проведенное ИК-исследование показало, что спектры образцов похожи и характери-

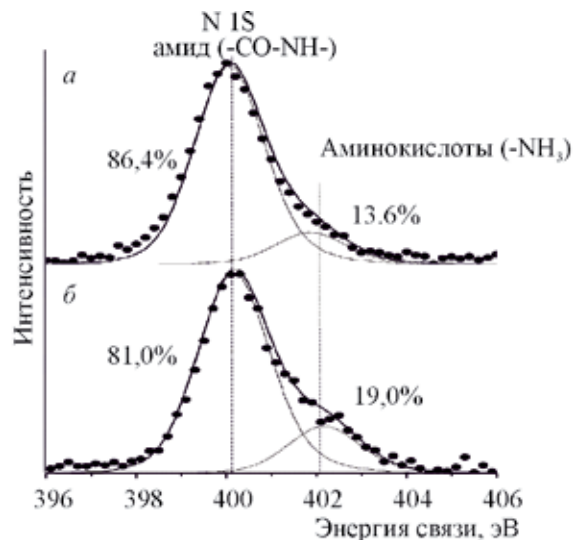


Рис. 1. N1s-спектры образцов:

a – тяжелая фракция; *б* – легкая фракция

Fig. 1. N1s-spectra of samples:

a – heavy fraction; *б* – light fraction

зуются широкими полосами поглощения (см. рис. 2). Наиболее характерной для всех спектров является широкая полоса поглощения при 1640 см^{-1} , на которой видны пики при 1700, 1550 и 1515 см^{-1} . Их интенсивность различается в зависимости от образца. Другой характерной для всех спектров является полоса с 1400 см^{-1} с плечом около 1450 см^{-1} , которые позволяют предположить, что основные компоненты экстрактов – полипептиды и аминокислоты.

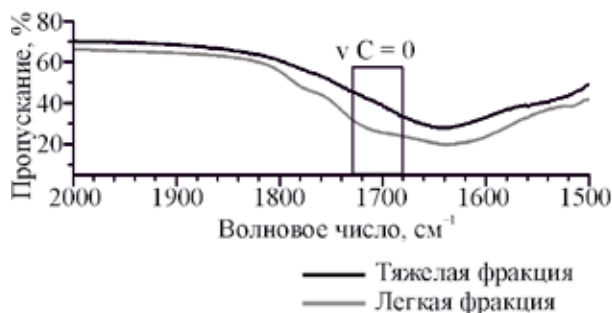


Рис. 2. ИК-Фурье спектры исследуемых образцов

Fig. 2. IR-Fourier spectra of the studied samples

⁶Beamson G., Briggs D. High Resolution XPS of Organic Polymers. The Scienta ESCA300 Database, Wiley&Sons, Chichester etc., 1992.

⁷NIST Chemistry WebBook, National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, 2011. URL: <http://webbook.nist.gov/chemistry>.

ИК-спектры для различных аминокислот значительно различаются, но, как правило, для них характерно поглощение около 1600 и 1400 см⁻¹, связанное с образованием цвиттер-ионов. Последнее хорошо согласуется с данными РФЭС, поскольку высокоэнергетическая составляющая N1s спектров (~402,0 эВ) и энергия связи для углерода в C-N связи (~286,0 эВ) указывают на присутствие в образцах протонированных аминогрупп. Данные результаты могут свидетельствовать, что азот главным образом входит в состав полипептидов. Таким образом, основными компонентами ТФ являются полипептиды, в меньшей степени – аминокислоты. Присутствуют также сахара и фосфатные производные. Изменения в РФЭС и ИК-Фурье в зависимости от вида образца указывают, что аминокислот больше в ЛФ и меньше в ТФ, где больше полипептидов.

В течение эксперимента проведены наблюдения за общим состоянием подопытных животных. Фекалии контрольных мышей и тех, которым вводили ЛФ, имели плотную консистенцию, были оформленными. При введении ТФ у мышей изменялся характер фекалий. Они имели мажущую консистенцию, были неоформленными.

Контрольные особи имели разнообразие микрофлоры, свойственное лабораторным мышам: значительное количество анаэробных неспорообразующих бацилл (бифидобактерии, лактобактерии) и достаточное количество типичных энтеробактерий и энтерококков.

При применении ЛФ уменьшалось количество энтеробактерий (дающих лактозопозитивные колонии). Остается достаточно высоким количество анаэробных неспорообразующих бацилл. Отсутствует *E. coli*, обладающая гемолитическими свойствами. Отмечено низкое содержание клостридий, стафилококков и плесневых грибов.

При введении ТФ резко снижалось количество анаэробных неспорообразующих бацилл и энтерококков. На среде Эндо определялось большое количество как лактозопозитивных, так и лактозо-негативных колоний (наряду с типичной *E. coli* появлялись варианты с патогенными свойствами). Увеличивалось количество условно патогенной микрофлоры – *St. aureus*, *Klebsiella*, *Proteus vulgaris*, а также дрожжевых грибов. Таким образом, при применении ТФ отмечена картина дисбактериоза.

Сравнительный анализ опытных групп на фоне нормальной микрофлоры кишечника контрольной группы показал негативное влияние ТФ на микробиоценоз кишечника по качественному составу микрофлоры, в то время как при применении ЛФ микрофлора кишечника близка к контролю.

Известно, что тест «Принудительное плавание» показателен при определении работоспособности и выработке приспособительных механизмов в экстремальных условиях (см. таблицу).

Анализ полученных данных показал, что пероральное введение исследуемых растворов разнонаправленно повлияло на время

Результаты эксперимента «Принудительное плавание» при введении разных фракций продуктов жизнедеятельности личинок *G. mellonella* L.

Results of the "Porsolt test" experiment with the introduction of different fractions of the waste products of *G. mellonella* L.

Группа	Сутки			
	1-е	10-е	20-е	30-е
Контроль	147,8 ± 3,14	242,2 ± 10,80	230 ± 19,22	216,8 ± 33,29
Cv, %	4,74	9,97	18,69	34,33
1-я опытная	129,4 ± 3,14*	216,4 ± 10,80*	258,4 ± 19,22	272,6 ± 33,29***
Cv, %	10,01	1,92	20,14	6,81
2-я опытная	133,8 ± 3,14	185,2** ± 10,80	177,4 ± 19,22	200,2 ± 33,29
Cv, %	17,06	24,64	40,45	24,15

При достоверной разнице от контроля * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,001$.

плавания в сравнении с контролем. Несмотря на то, что через 20 дней эксперимента у мышей, которым вводили ТФ, достоверно увеличилось время плавания в сравнении с первыми сутками ($p \leq 0,05$), замечен отрицательный адаптогенный эффект в сравнении с контрольной группой. Выявлены статистически значимые различия между результатами на 30-е сутки между опытными группами, что свидетельствует о выраженной разнице полученных результатов. Наиболее показательно введение легкой фракции: выявлен достоверно нарастающий эффект адаптации к нагрузке на 30-е сутки ($p \leq 0,001$).

Изменения микрофлоры кишечника мышей, которым вводили ТФ, позволяют косвенно судить о возможном влиянии на пограничные структуры (эпителий) по ответу местной иммунной системы и возможном потенциальном воздействии на периферическую иммунную систему посредством повышения лимфогистиоцитарной инфильтрации клеток иммунного ответа. На фоне контрольных гистологических срезов заметна незначительная инфильтрация лейкоцитов в слизистую и подслизистую основу у мышей, которым вводили ЛФ. В просвете кровеносного сосуда выхода лейкоцитов не выявлено. Гистологические исследования тонкой кишки мышей, которым вводили ТФ, подтверждают изменения эпителиального слоя на фоне развивающегося дисбактериоза. Выявлено, что капилляры кровеносной и лимфатической систем мышей расширены. Стенки сосудов подслизистой основы находились в состоянии плазматического набухания с явлениями периваскулярной лимфоидной инфильтрации.

Для подтверждения наблюдаемых изменений проведена морфометрия просвета тонкого кишечника. В контрольной группе она показала, что содержание мононуклеарных и полиморфоядерных клеток составляет 5,8 клеток на единицу площади (см. рис. 3).

Анализ количества лейкоцитов тонкого кишечника при введении фракций отразил ответную местную иммунную реакцию организма. Содержание этих же клеток в СПСО мышей, которым вводили ЛФ, выше

на 67,2%, чем у контрольных ($p \leq 0,05$). Содержание лейкоцитов в СПСО мышей, которым вводили ТФ, достоверно выше в 2,7 раза по сравнению с контролем, что свидетельствует о воспалительной реакции.

Таким образом, в контрольной группе мышей выход лейкоцитов в СПСО находился в пределах нормы. При введении легкой фракции отмечена активация мононуклеарных и полиморфоядерных клеток кишечника. При введении тяжелой фракции выявлено значительное количество лейкоцитов за пределами кровеносной системы. Инфильтрация СПСО свидетельствует о воспалительном ответе, который нарушает целостность эпителия, что часто наблюдается при дисбактериозе. Нарушение барьерной целостности просвета кишечника, которая влечет иммунную активацию мононуклеарных и полиморфоядерных клеток, приводит к напряжению общего иммунного ответа.

Известно, что нарушение микробиоты нивелирует с изменениями когнитивных

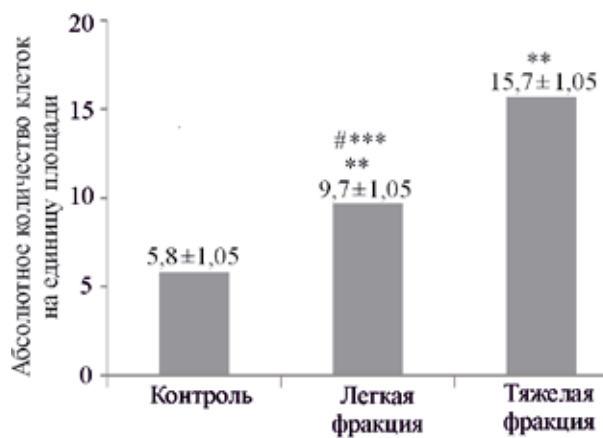


Рис. 3. Сравнительный анализ абсолютного количества мононуклеарных и полиморфоядерных клеток тонкого кишечника на единицу площади.

При достоверной разнице от контроля

** $p \leq 0,05$;

*** $p \leq 0,001$

Fig. 3. Comparative analysis of the absolute number of mononuclear and polymorphonuclear cells of the small intestine per unit area

At significant difference from the control

** $p \leq 0,05$;

*** $p \leq 0,01$

функций⁸, что дает основание полагать, что при введении ТФ снижалась данная функция на фоне дисбактериоза. При введении ЛФ отмечен обратный эффект: повышались адаптогенные свойства организма.

ВЫВОДЫ

1. Физико-химический анализ фракций продуктов жизнедеятельности личинок показал, что легкая фракция содержит в 1,5 раза больше аминокислот, чем тяжелая, в которой больше полипептидов.

2. Анализ физических возможностей животных в тесте «Принудительное плавание» при пероральном введении фракций продуктов жизнедеятельности продемонстрировал, что легкая фракция достоверно повышала уровень адаптации к концу эксперимента. При введении тяжелой фракции такого эффекта не отмечено.

3. На фоне стресса при введении легкой фракции в микрофлоре кишечника у мышей преобладали анаэробные бациллы и энтерококки (резидентная микрофлора). При введении ТФ отмечено увеличение видового разнообразия микроорганизмов, т.е. развивается картина дисбактериоза.

4. Морфометрия стенки тонкого кишечника мышей, которым вводили легкую фракцию, выявила активацию мононуклеарных и полиморфоядерных клеток, что отражает активацию иммунитета в пределах нормы. Введение тяжелой фракции повышает уровень лейкоцитов за пределами кровеносной системы, что свидетельствует о воспалительном ответе и напряжении иммунного ответа.

5. Выделенные фракции разнонаправлено влияют на системы организма. Изученные феномены воздействия тяжелой фракции дают возможность утверждать о снижении адаптогенности к стрессовым факторам. Легкая фракция, наоборот, повышает уровень адаптогенных свойств организма, что позволяет утверждать, что она перспективна для дальнейшего изучения и применения в качестве природного адптогена в ветеринарии.

6. Рекомендуем апробацию раствора легкой фракции продуктов жизнедеятельности личинок *G. mellonella* на сельскохозяйственных животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселева Ю.А., Лопатова Н.Л. Влияние стрессов на продуктивность сельскохозяйственных животных // Молодежь и наука. 2021. № 12. С 19–23.
2. Кухаренко Н.С., Федорова О.А., Щелканов М.Ю. Реакция сельскохозяйственных животных на транспортный стресс и его коррекция с помощью пробиотиков // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 2. С. 87–98. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98.
3. Шульга И.С., Желябовская Д.А., Лаврушина Л.А., Горбачева И.Е. Сравнительная оценка эффективности против большой восковой моли // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2020. № 3 (7). С. 57–61. DOI: 10.24411/2074-5036-2020-10031.
4. Wojda I. Immunity of the greater wax moth *Galleria mellonella* // Insect Science. 2016. N 3. P. 342–357. DOI: 10.1111/1744-7917.12325.
5. Bombelli P., Howe C.J., Bertocchini F. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella* // Current Biology. 2017. N 27. P. 292–293. DOI: 10.1016/j.cub.2017.02.060.
6. Bednářová M., Borkovcová V. Fišer Základní nutriční profil larev zavíječe voskového (*Galleria mellonella*) // MendelNet. 2012. Vol. 1. P. 722–727.
7. Осокина А.С., Колбина Л.М., Гуцин А.В. Биологические основы разведения большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) как источника биологически активных веществ: монография. Ижевск: Издательство Анны Зелениной, 2019. 166 с.
8. Савчук С.В., Саковцева Т.В., Сергеенкова Н.А. Динамика гематологических показателей японских перепелов при скармливании продуктов жизнедеятельности личинок восковой моли // Аграрная наука. 2018. № 10. С. 20–22. DOI: 10.3263/0869-8155-2018-319-10-20-22.
9. Савчук С.В., Сергеенкова Н.А., Беляева Н.П., Саковцева Т.В., Семак А.Э., Просекова Е.А.,

⁸Арсланова Н.А., Рудич М.П., Новоселова В.А., Александрова А.Ю., Яруллина Д.Р., Яковлев О.В. Исследование влияния лактобактерий на когнитивные функции мышей при нарушении микрофлоры кишечника // Гиппокамп и память: норма и патология: материалы конф. (25–29 июня 2018 г.). Пушкино: изд-во Синхробук, 2018. С. 31–32.

- Заикина А.С. Морфофункциональное состояние желудочно-кишечного тракта птиц в зависимости от рациона // Известия ТСХА. 2019. Вып. 2. С. 106–118. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-2-106-118.
10. Евтеева Н.А. Дисбактериоз кишечника: определение, этиология, патогенез, клинические проявления, диагностика, лечение // Студенческий вестник. 2019. № 28-1 (78). С. 95–99.
- ## REFERENCES
1. Kiseleva Yu.A., Lopaeva N.L. The influence of stress on the productivity of farm animals. *Molodezh' i nauka = Youth and science*, 2021, no. 12, pp. 19–23. (In Russian).
 2. Kukhareno N.S., Fedorova O.A., Shchelkanov M.Yu. Transportation stress in farm animals and its correction by probiotic treatment. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie = South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 87–98. (In Russian). DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98.
 3. Shul'ga I.S., Zhelyabovskaya D.A., Lavrushina L.A., Gorbacherva I.E. Comparative evaluation of the effectiveness of drugs against large wax moth. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii = Actual Questions of Veterinary Biology*, 2020, no. 3 (7), pp. 57–61. (In Russian). DOI: 10.24411/2074-5036-2020-10031.
 4. Wojda I. Immunity of the greater wax moth *Galleria mellonella*. *Insect Science*, 2016, no. 3, pp. 342–357. DOI: 10.1111/1744-7917.12325.
 5. Bombelli P., Howe C.J., Bertocchini F. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology*, 2017, no. 27, pp. 292–293. DOI: 10.1016/j.cub.2017.02.060.
 6. Bednařova M., Borkovcova V. Fišer Zakladninični profil larev zaviječe voskoveho (*Galleria mellonella*). *Mendelnet*, 2012, vol. 1, pp. 722–727.
 7. Osokina A.S., Kolbina L.M., Gushchin A.V. *Biological bases of breeding of the greater wax moth as a source of biologically active substances*. Izhevsk, Publishing house of Anna Zelenaya, 2019, 166 p. (In Russian).
 8. Savchuk S.V., Sakovtseva T.V., Sergeenkova N.A. Dynamics of hematological parameters of Japanese quails when fed waste products of larvae of the wax moth. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2018, vol. 10, pp. 20–22. (In Russian). DOI: 10.3263/0869-8155-2018-319-10-20-22.
 9. Savchuk S.V., Sergeenkova N.A., Belyaeva N.P., Sakovtseva T.V., Semak A.E., Prosekova E.A., Zaikina A.S. Morphofunctional status of the gastrointestinal tract of birds depending on the diet. *Izvestiya TSKhA = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2019, vol. 2, pp. 106–118. (In Russian). DOI: 10.34677/0021-342X-2019-2-106-118.
 10. Evteeva N.A. Intestinal dysbiosis: definition, etiology, pathogenesis, clinical manifestations, diagnosis, treatment. *Studencheskii vestnik = Student Bulletin*, 2019, no. 28-1 (78), pp. 95–99. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Осокина А.С.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия: 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34; e-mail: Anastasia.osokina2017@yandex.ru

Михеева Е.А., кандидат ветеринарных наук, доцент; e-mail: mikhkatia@yandex.ru

Масленников И.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: maslennikovivan@rambler.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anastasia S. Osokina**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 34, T. Baramzina St., Izhevsk, 426067, Russia; e-mail: Anastasia.osokina2017@yandex.ru

Ekaterina A. Mikheeva, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor; e-mail: mikhkatia@yandex.ru

Ivan V. Maslennikov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; e-mail: maslennikovivan@rambler.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.08.2022
Дата публикации / Published 20.02.2023

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ КОРМЛЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ САМОК НОРОК

Лоенко Н.Н., ✉ Куликов В.Н., Люднов И.П., Косовский Г.Ю.

Научно-исследовательский институт пушиного звероводства

и кролиководства им. В.А. Афанасьева

Московская область, пос. Родники, Россия

✉ e-mail: khl-2022god@yandex.ru

Представлены результаты оценки индивидуальной генетической изменчивости у молодых самок коротковолосой норки в различные биологические периоды. Эксперименты проведены в условиях существующей технологии содержания и кормления в 2019, 2020 гг. Для опыта сформировали две группы по 40 ремонтных самок (в возрасте 2 мес) коротковолосой норки стандартной черной породы (*Neovison vison*). Контрольную группу самок в возрасте 2–4 мес кормили по рекомендуемым энергетическим нормам. Опытной группе самок ограничили уровень кормления (по энергии) на 10,0%. Установлена зависимость частоты встречаемости эритроцитов, содержащих микроядра, в периферической крови самок от уровня кормления в различные периоды онтогенеза и фазы репродуктивного цикла. Данный способ может быть использован для прогноза успешности воспроизводства самок норок. У ремонтных самок контрольной группы частота встречаемости эритроцитов с микроядрами в возрасте 4 мес в период формирования у них репродуктивных функций была в 2 раза выше, чем в опытной ($2,97 \pm 0,42$ против $6,01 \pm 2,75\%$). В половозрелом возрасте (10 мес) частота встречаемости эритроцитов с микроядрами у ремонтных самок статистически достоверно выше $14,36 \pm 1,87$ – $14,89 \pm 3,67\%$ ($p < 0,05$, $p < 0,01$), чем в возрасте 4 мес. Получены следующие показатели продуктивности у исследуемых самок в контрольной и опытной группах: плодовитость самок – $5,63 \pm 0,64$ и $5,67 \pm 0,77$ щенка, выход молодняка на основную самку – $4,4 \pm 0,77$ и $4,67 \pm 0,85$ щенка соответственно. В опытной группе не было непокрытых и пропустовавших самок, выход молодняка на самку зарегистрирован на 0,27 щенка больше. Микроядерный тест может быть использован для оценки стабильности генетического аппарата в различные фазы репродуктивного цикла самок норок и прогноза успешности воспроизводства самок.

Ключевые слова: норка, геномная стабильность, микроядерный тест, ремонтные самки, обменная энергия, онтогенез, воспроизводство

THE EFFECT OF FEEDING LEVEL ON THE GENETIC VARIABILITY OF FEMALE MINKS

Loenko N.N., ✉ Kulikov V.N., Lyudnov I.P., Kosovsky G.Yu.

Scientific Research Institute of Fur - Bearing Animal Breeding

and Rabbit Breeding named after V.A. Afanas'ev

Rodniki, Moscow region, Russia

✉ e-mail: khl-2022god@yandex.ru

The results of the assessment of individual genetic variability in young female short-haired mink at different biological periods are presented. The experiments were conducted under the conditions of the existing technology of housing and feeding in 2019, 2020. For the experiment, two groups of 40 rearing females (at the age of 2 months) of the short-haired mink of the standard black breed (*Neovison vison*) were formed. The control group of females at the age of 2–4 months was fed according to the recommended energy standards. The experimental group of females was limited in the level of feeding (in terms of energy) by 10.0%. The frequency of erythrocytes containing microkernels in the peripheral blood of females was found to depend on the level of feeding during different periods of ontogenesis and the reproductive cycle phases. This method can be used to predict the reproductive success of female minks. The frequency of erythrocytes with microkernels in the rearing female minks of the control group at the age of 4 months during the formation of their reproductive functions was 2 times higher than in the experimental group (2.97 ± 0.42 vs. $6.01 \pm 2.75\%$). At the age of puberty (10

months) the frequency of erythrocytes with microkernels in rearing females is statistically significantly higher - $14,36 \pm 1,87$ - $14,89 \pm 3,67\%$ ($p < 0,05$; $p < 0,01$), than at the age of 4 months. The following productivity indices were obtained in the studied females of the control and experimental groups: the fertility of females - $5,63 \pm 0,64$ and $5,67 \pm 0,77$ pups, the yield of pups per a main female - $4,4 \pm 0,77$ and $4,67 \pm 0,85$ pups respectively. There were no unbred females and those which mated with males but did not have a litter in the experimental group, and the yield of pups per a female was 0,27 more. The microkernel test can be used to assess the stability of the genetic apparatus during different phases of the reproductive cycle of female minks and predict the reproductive success of females.

Keywords: mink, genomic stability, micronucleus test, replacement females, metabolizable energy, ontogenesis, reproduction

Для цитирования: Лоенко Н.Н., Куликов В.Н., Люднов И.П., Косовский Г.Ю. Влияние уровня кормления на показатели генетической изменчивости самок норок // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 80–86. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-10>

For citation: Loenko N.N., Kulikov V.N., Lyudnov I.P., Kosovsky G.Yu. The effect of feeding level on the genetic variability of female minks. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 80–86. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Кормление пушных зверей, в частности племенных самок норок, должно соответствовать потребностям животных в питательных веществах и энергии, обеспечивающих реализацию их генетического потенциала и рост продуктивности. В процессе адаптации коротковолосяй норки к существующей в настоящее время в звероводстве технологии содержания и кормления необходимо проводить оценку стабильности генетического аппарата животных. Исследования проводят с целью прогнозирования устойчивости функциональных систем организма зверей и выяснения эффективности применения существующей технологии выращивания и разведения норок. Для решения данной задачи можно применить микроядерный тест – показатель частоты встречаемости в крови эритроцитов с микроядрами (ЭМЯ) для оценки стабильности генетического аппарата животных. Данный метод широко применяется при оценке гомеостаза организма и используется для характеристики индивидуальной генетической изменчивости (геномной нестабильности) в пти-

цеводстве и промышленном рыбоводстве¹ [1, 2]. На частоту ядерных аномалий влияют биологические процессы самого организма. Необходимо знать, как может меняться частота ядерных аномалий в зависимости от эндогенных факторов: видовой и породной принадлежности, возраста и физиологического состояния клинически здоровых животных. С помощью микроядерного теста у разных пород крупного рогатого скота, овец и коз, лошадей, птиц, рыб оценивали стабильность генетического аппарата к воздействию природных и антропогенных факторов, в том числе при несбалансированном кормлении. Проведен сравнительный анализ результатов микроядерного теста в связи с особенностями происхождения животных (принадлежность к разным породам и видам, гибридным популяциям), возрастом животных, птиц и физиологическим состоянием здоровых животных и птиц [3–11].

Цель исследования – изучить показатели генетической изменчивости самок коротковолосяй норки в различные периоды онтогенеза и фазы репродуктивного цикла при изменении уровня кормления.

¹Патент 2014144153 РФ. Т.Т. Глазко, В.И. Глазко, А.М. Зубалий, М.К. Чугреев, И.С. Ткачева. Способ определения выраженности геномной стабильности (нестабильности), генетической изменчивости в группах, популяциях рыб и у отдельных их особей. 2016. Бюл. № 15. 6 с.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Первый научно-хозяйственный опыт проводили в АО Племенной зверосовхоз «Салтыковский» Московской области на норковой ферме. В июне 2019 г. сформировали две группы по 40 ремонтных самок (в возрасте 2 мес) коротковолосой норки стандартной черной породы (*Neovison vison*) с учетом их средней живой массы, даты рождения и происхождения. В опыте по адаптации племенных самок коротковолосой норки к существующей технологии содержания и кормления контрольную группу самок в возрасте 2–4 мес, в период формирования у них репродуктивных функций, кормили по рекомендуемым энергетическим нормам² [12]. Опытной группе самок, аналогов по возрасту и происхождению, ограничили уровень кормления (по энергии) на 10,0%. Количество корма дозировали по группам. После окончания опыта (конец августа) норки перевели на кормление по энергетическим нормам² [12].

По результатам бонитировки подопытных ремонтных самок в ноябре в соответствии с типом их кормления в июле – августе сформированы две группы для последующей оценки показателей их воспроизводства. Во втором научно-хозяйственном опыте изучали воспроизводительную способность племенных самок норки в половозрелом возрасте (10 мес), получавших при формировании у них репродуктивных функций разный энергетический уровень кормления. В течение опытов самки норки получали общехозяйственный рацион. По окончании опыта проведен учет показателей воспроизводства самок (число покрытых, щенившихся самок; плодовитость; выход молодняка на основную самку).

В августе 2019 г., в возрасте в 4 мес, и в феврале 2020 г., в возрасте в 10 мес (перед гоним), у 10 самок – сестер по происхождению – из каждой группы, определили степень выраженности геномной стабильности (нестабильности) с использованием микроядерного теста. Мазки крови готовили следующим образом: каплю периферической

крови равномерно распределяли по всему предметному стеклу, высушивали при комнатных условиях, затем окрашивали по Май-Грюнвальду (1-й способ), через 3 мин промывали дистиллированной водой и высушивали, проводили подсчет ЭМЯ (не менее чем в 3000 клеток), выражали полученные данные в промиллях (‰). Для исследования препаратов использовали бинокулярный микроскоп фирмы «Micros» со встроенным цифровым фотоаппаратом при увеличении в 1000 раз. Результаты исследований обработаны методами вариационной статистики с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel и *t*-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В возрасте 4 мес у самок определили степень выраженности геномной стабильности (нестабильности) с использованием микроядерного теста. В этот период живая масса самок в обеих группах была практически одинаковой (1242,0 и 1266,5 г). Частота встречаемости ЭМЯ у животных контрольной группы в возрасте 4 мес была в 2 раза выше, чем в опытной (при кормлении с ограничением уровня энергии на 10%) – $6,01 \pm 2,75\%$ против $2,97 \pm 0,42\%$. Среди особей контрольной группы этот показатель зарегистрирован в пределах от 0 до 21,7‰, геномная нестабильность выражена в большей степени. Среди самок опытной группы он изменялся в узком диапазоне от 2,0 до 3,77‰. После перевода опытных животных на нормированное кормление в сентябре – октябре самки имели более высокую интенсивность роста и достигли большей живой массы (на 11,2%) к 1 ноября 2019 г. в возрасте 6 мес: $1610,0 \pm 64,1$ г против $1439,0 \pm 55,1$ г в контроле ($p < 0,1$). В период выращивания (июнь – ноябрь) ремонтных самок фактическое содержание питательных веществ в кормосмеси на 100 ккал обменной энергии (ОЭ) составило: протеина – 7,6–9,9 г; жира – 3,7–4,9; углеводов – 2,9–5,1 г.

Пониженный уровень энергетического питания ремонтных самок коротковоло-

²Нормы кормления и нормативы затрат кормов для пушных зверей и кроликов / Под. ред. Н.А. Балакирева, В.Ф. Кладовщикова. Справочное пособие. М.: Россельхозакадемия, 2007. 185 с.

сой норки (на 10% ниже рекомендованных норм (см. сноску 2)) в июле – августе (220–260 ккал на гол./сут) обеспечило получение планируемой живой массы (1,5 кг) к 1 ноября. Установлена зависимость частоты встречаемости ЭМЯ в крови самок короткошосоной норки в различные периоды онтогенеза от уровня кормления, что согласуется с данными других исследователей о связи влияния различных средовых условий на этот показатель [9, 13].

В половозрелом возрасте (10 мес) изучали воспроизводительную способность племенных самок норок, получавших при формировании у них репродуктивных функций разный энергетический уровень кормления. Оценили данную возможность использования микроядерного теста для прогноза вероятности снижения воспроизводительных функций у самок.

Потребность самок в питательных веществах в период воспроизводства и лактации обеспечивали за счет следующего содержания питательных веществ в кормосмеси по принятым нормам (см. сноску 2), в среднем (г/100 ккал ОЭ): в январе – марте – протеина – 10,6, жира – 4,2, углеводов – 3,2; в апреле – мае – 10,1; 4,1; 4,0 соответственно. Среднесуточная калорийность потребленного корма самками в январе – марте 2020 г. составила 240,0 ккал ОЭ на одну голову, в апреле – мае – 430,0 ккал ОЭ. В половозрелом возрасте частота встречаемости ЭМЯ в крови у племенных самок была достоверно

выше: $14,36 \pm 1,87$ – $14,89 \pm 3,67\%$ ($p < 0,05$, $p < 0,01$), чем в возрасте 4 мес. В этом возрасте у самок геномная нестабильность выражена в большей степени, так как все они имели в крови эритроциты, содержащие микроядра. Возможно, такое повышение связано с накоплением с возрастом в соматических клетках животных спонтанных мутаций. В литературе имеются данные о том, что у черно-пестрого скота обнаружено увеличение с возрастом частоты встречаемости ЭМЯ³ [3]. Установлено, что высокая соматическая хромосомная нестабильность ведет к нарушению воспроизводительной функции животных и может служить маркером повышенной вероятности снижения воспроизводительных функций⁴.

Получены следующие показатели продуктивности у исследуемых самок в контрольной и опытной группах соответственно: плодовитость самок – $5,63 \pm 0,64$ и $5,67 \pm 0,77$ щенка, выход молодняка на основную самку – $4,40 \pm 0,77$ и $4,67 \pm 0,85$ щенка. В опытной группе не было непокрытых и пропустовавших самок, за счет этого выход молодняка на самку был на 0,27 щенка больше. Повышение частоты встречаемости ЭМЯ, видимо, связано с разным уровнем кормления самок в период выращивания.

Подобная тенденция увеличения числа самок без приплода установлена в контрольной группе в научно-хозяйственном опыте в период воспроизводства, где получены близкие данные по продуктивности самок (см. таблицу).

Результаты воспроизводства молодых самок короткошосоной норки Reproduction results of young female short-haired mink

Группа	n	Показатель						
		Пало самок, %	Холостых самок, %	Пропустовало самок, %	НБР* самок, %	Мертворожденных щенков, %	Плодовитость, гол., $M \pm m$	Выход молодняка на основную самку, гол., $M \pm m$
Контроль	38	–	2,63	5,26	–	2,39	$5,97 \pm 0,28$	$5,13 \pm 0,40$
Опыт	37	2,70	–	–	2,7	1,35	$6,37 \pm 0,44$	$5,24 \pm 0,43$

*НБР – неблагополучно родившие.

³Семенова О.Н. Изменения гематологических, цитогенетических и иммунологических показателей у крупного рогатого скота при лейкозе на фоне анаплазмозной инвазии: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2004. 137 с.

⁴Семенов А.С. Цитогенетический скрининг в различных популяциях голштинизированного скота. М., 2010. 28 с.

По данным научно-хозяйственного опыта получены следующие показатели продуктивности самок в контрольной и опытной группах соответственно: всего оценились 35 и 36 самок, число холостых самок составило 2,63 и 0%; число пропустовавших самок – 5,26 и 0%, НБР – 0 и 2,70%, число мертворожденных щенков составило 2,39 и 1,35% и плодовитость самок – $5,97 \pm 0,28$ и $6,37 \pm 0,44$ щенка, выход молодняка на основную самку – $5,13 \pm 0,40$ и $5,24 \pm 0,43$ щенка.

Известно, что умеренный энергетический уровень кормления в период роста в июле – сентябре наиболее отвечает потребностям племенных растущих самок и обеспечивает формирование у них хороших репродуктивных качеств, способствует увеличению репродуктивных показателей у ремонтных самок и самцов норок и песцов⁵ [12, 14, 15]. В осенний период умеренное ограничение рациона самок норок исключает экстремальные колебания массы тела на протяжении всего периода воспроизводства, увеличивает число щенков в помете и улучшает восстановление массы после лактации, у молодых самок уменьшает повреждение ДНК [16]. С помощью микроядерного теста возможен прогноз повышенной вероятности снижения воспроизводительных функций сельскохозяйственных животных [3, 13], что согласуется с полученными данными. Метод используется для сравнения экспериментальных моделей овариального дефицита крыс [17].

Пониженный уровень энергетического питания ремонтных самок коротковолосой норки в период роста в июле – августе (на 10% ниже рекомендуемых норм), последующий перевод их на кормление по рекомендуемым нормам в сентябре и последующие месяцы удовлетворяют потребности племенных растущих самок и обеспечивают формирование у них высокой воспроизводительной способности. При снижении уровня энергетического питания ремонтных самок коротковолосой норки в июле – августе за-

траты на корма в этот период были снижены на 10,3%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных экспериментов установлено, что частота встречаемости эритроцитов с микроядрами в крови самок коротковолосой норки в различные периоды онтогенеза зависит от уровня кормления. Увеличение встречаемости ЭМЯ в период формирования у самок репродуктивных функций в возрасте 4 мес в диапазоне от 3,77% до 21,7% прогнозирует повышенную вероятность снижения их воспроизводительных функций. Снижение уровня энергетического питания ремонтных самок в период роста в июле – августе (на 10% ниже рекомендуемых норм) удовлетворяет потребность самок и обеспечивает формирование у них высокой воспроизводительной способности: плодовитость самок – $5,63 \pm 0,64$ и $5,67 \pm 0,77$ щенка, выход молодняка на основную самку – $4,4 \pm 0,77$ и $4,67 \pm 0,85$ щенка, позволяет снизить затраты на корма в этот период на 10,3%.

При использовании интенсивной технологии выращивания самок коротковолосой норки и адаптации к условиям современной кормовой базы микроядерный тест может быть использован для оценки стабильности генетического аппарата в различные периоды онтогенеза и фазы репродуктивного цикла самок норок, характеристики физиологического состояния организма, прогноза повышенной вероятности снижения воспроизводительных функций у самок и выяснения эффективности применения используемой технологии выращивания норок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калаев В.Н., Игнатова И.В., Климова Н.В. Частота встречаемости эритроцитов с микроядрами в крови перепела японского (*Coturnix japonica*) при разных способах окрашивания // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–4. С. 770–775.
2. Крюков В.И. Вариант методики учета ядерных аномалий в эритроцитах птиц // Вестник аграрной науки. 2020. № 1 (82). С. 81–100.

⁵Чепрасов В.Д. Уровень энергии и протеина в рационах самок норок в периоды их выращивания и размножения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: (06.02.02) / Науч.-исслед. ин-т пушного звероводства и кролиководства. М., 1977. 28 с.

3. Глазко Т.Т., Косовский Г.Ю., Глазко В.И. Биомаркеры геномной нестабильности у животных сельскохозяйственных видов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С. 139–147.
4. Ливанова А.А., Есин Т.А., Ильичев И.В., Завирский А.В., Ракин А.И., Кравцов В.Ю. Danio rerio (zebrafish) как модель для проведения микроядерного теста с целью биоиндикации в радиобиологии // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. Т. 39. № 2. С. 51–54.
5. Шахтамиров И.Я., Гайрабеков Р.Х., Мутиева Х.М., Терлецкий В.П., Кравцов В.Ю. Биоиндикация генотоксичности стойких органических загрязнителей в Чеченской Республике. Сообщение 1. Микроядерный тест в эритроцитах птиц // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2014. № 1 (11). С. 65–70.
6. Турченко О.В., Томина О.Л., Кальков А.П. Микроядерный тест для оценки экологической обстановки окружающей среды // Омский научный вестник. 2006. № 6 (41). С. 293–296.
7. Спирина Е.В., Романова Е.М. Цитогенетический гомеостаз и гематологические параметры африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на фоне использования пробиотика «споротермин» // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (47). С. 94–99.
8. Ильинских Н.Н., Ксенц А.С., Ильинских Е.Н., Васильев С.А., Манских В.Н. Микроядерный анализ в оценке цитогенетической нестабильности: монография. Томск: ТГПУ, 2011. 312 с.
9. Крюков В.И., Власова Е.Ю. Влияние гиповитаминоза на частоту микроядер в эритроцитах периферической крови индейки домашней (*Meleagris gallopavo*) // Биология в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (24). С. 2–9.
10. Власова Е.Ю., Белкин Б.Л., Крюков В.И. Профилактика гиповитаминозов у индюшат при применении комплексного препарата «Алфавит AD₃E» // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 36–46.
11. Крюков В.И. Частоты ядерных аномалий в эритроцитах периферической крови клинически здоровых индеек в возрасте 6 и 17 недель // Вестник аграрной науки. 2019. № 5 (80). С. 84–93.
12. Перельдик Н.Ш., Милованов Л.В., Ерин А.Т. Кормление пушных зверей: монография. М.: Агропромиздат, 1987. 351 с.
13. Астафьева Е.Е., Глазко Т.Т., Юлдашбаев Ю.А., Кушнир А.В. Микроядерный тест у бирликского и сундукского типов эдильбаевской породы овцы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. № 5. С. 156–160.
14. Лоенко Н.Н. Репродуктивная способность ремонтных самок серебристых песцов в зависимости от уровня энергетического питания // Сельскохозяйственная биология. 1995. Т. 30. № 2. С. 67–72.
15. Демина Т.М., Растимешина О.В. Репродуктивные качества самцов норок при комплексном выращивании и нормированном кормлении // Сельскохозяйственная биология. 1998. Т. 33. № 6. С. 76–80.
16. Boudreau L., Benkel B., Astatkie T., Rouvinen-Watt K. Ideal body condition improves reproductive performance and influences genetic health in female mink // Anim Reprod Sci. 2014. Vol. 145 (1–2). P. 86–98.
17. Нечаева М.С., Преображенская Н.С., Гудков Н.Ю., Щедрин Д.Е. Влияние антиоксидантов на индукцию микроядер в эритроцитах крови крыс при воздействии гамма-облучения // Научно-практический журнал. 2020. № 80. С. 56–61.

REFERENCES

1. Kalaev V.N., Ignatova I.V., Klimova N.V. The frequency of occurrence of erythrocytes with micronuclei in the blood of Japanese quail (*Coturnix japonica*) with different staining methods. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental research*, 2013, no. 10–4, pp. 770–775. (In Russian).
2. Kryukov V.I. Option of method for accounting nuclear anomalies in birds erythrocytes. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of agrarian science*, 2020, no. 1 (82), pp. 81–100. (In Russian).
3. Glazko T.T., Kosovskii G.YU., Glazko V.I. Biomarkers of genomic instability of farm animals. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2013, no. 2, pp. 139–147. (In Russian).
4. Livanova A.A., Esin T.A., Il'ichev I.V., Zavirskii A.V., Rakin A.I., Kravtsov V.YU. Danio rerio (zebrafish) as a model for radiobiological research. *Izvestiya Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii = Russian Military Medical Academy Reports*, 2020, vol. 39, no. 2, pp. 51–54. (In Russian).
5. Shakhtamirov I.YA., Gairabekov R.KH., Murtieva KH.M., Terletskii V.P., Kravtsov V.YU. Bioindication genotoxicity of persistent organic pollutants in Chechen Republic. Message 1. Micronucleus test in chicken erythrocytes. *Mediko-*

- biologicheskie problemy zhiznedeyatel'nosti = Medical and Biological Problems of Life Activity*, 2014, no. 1 (11), pp. 65–70. (In Russian).
6. Turchenyuk O.V., Tomshina O.L., Kal'kov A.P. Micronuclear test to assess the ecological situation of the environment. *Omskii nauchnyi vestnik = Omsk Scientific Bulletin*, 2006, no. 6 (41), pp. 293–296. (In Russian).
 7. Spirina E.V., Romanova E.M. Cytogenetic homeostasis and hematological parameters of african sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in case of application of sporotermis probiotic. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2019, no. 3 (47), pp. 94–99. (In Russian).
 8. Il'inskikh N.N., Ksents A.S., Il'inskikh E.N., Vasil'ev S.A., Manskikh V.N. *Micronucleus analysis in the assessment of cytogenetic instability*. Tomsk, TSPU Publ., 2011, 312 p. (In Russian).
 9. Kryukov V.I., Vlasova E.YU. Effect of hypovitaminosis on the frequency of the micronuclei in turkey's (*Meleagris gallopavo*) peripheral blood erythrocytes. *Biologiya v sel'skom khozyaistve = Biology in Agriculture*, 2019, no. 3 (24), pp. 2–9. (In Russian).
 10. Vlasova E.YU., Belkin B.L., Kryukov V.I. Prevention of hypovitaminosis in turkeys when using the complex medicine «Alfavit AD₃E». *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of agrarian science*, 2019, no. 6 (81), pp. 36–46. (In Russian).
 11. Kryukov V.I. Frequencies of nuclear anomalies in the erythrocytes of peripheral blood of clinically healthy turkeys at the age of 6 and 17 weeks old. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of agrarian science*, 2019, no. 5 (80), pp. 84–93. (In Russian).
 12. Perel'dik N.SH., Milovanov L.V., Erin A.T. *Feeding fur-bearing animals*. Moscow, Agropromizdat, 1987, 351 p. (In Russian).
 13. Astaf'eva E.E., Glazko T.T., Yuldashbaev YU.A., Kushnir A.V. Micronucleus test in the Birlik and Suyunduk types of the Edilbaev breed of sheep. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2011, no. 5, pp. 156–160. (In Russian).
 14. Loenko N.N. Reproductive ability of replacement silver foxes females depending on the energy nutrition level. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 1995, vol. 30, no. 2, pp. 67–72. (In Russian).
 15. Demina T.M., Rastimeshina O.V. Reproductive qualities of male minks in complex rearing and normalized feeding. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 1998, vol. 33, no. 6, pp. 76–80. (In Russian).
 16. Boudreau L., Benkel B., Astatkie T., Rouvinen-Watt K. Ideal body condition improves reproductive performance and influences genetic health in female mink. *Anim Reprod Sci.*, 2014, vol. 145 (1–2), pp. 86–98.
 17. Nechaeva M.S., Preobrazhenskaya N.S., Gudkov N.Yu., Shchedrin D.E. The influence of antioxidants on the induction of micronuclei in rat blood erythrocytes when exposed to gamma irradiation. *Nauchno-prakticheskii zhurnal = Scientific and practical journal*, 2020, no. 80, pp. 56–61. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лоенко Н.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Куликов В.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 140143, Московская область, Раменский район, пос. Родники, ул. Трудовая, 6; e-mail: khl-2022god@yandex.ru

Люднов И.П., младший научный сотрудник

Косовский Г.Ю., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор

AUTHOR INFORMATION

Nataliya N. Loenko, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

✉ **Vladimir N. Kulikov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, **address:** 6, Trudovaya St., Rodniki, Ramensky District, Moscow Region, 140143, Russia; e-mail: khl-2022god@yandex.ru

Ivan P. Lyudnov, Junior Researcher

Gleb Yu. Kosovsky, Doctor of Science in Biology, Corresponding Member RAS, Director

Дата поступления статьи / Received by the editors 12.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.09.2022
Дата публикации / Published 20.02.2023

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ВИРУЛЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЭПИЗООТИЧЕСКИХ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ *ESCHERICHIA COLI*

✉ Галиакбарова А.А.^{1,2}, Пименов Н.В.¹

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины
и биотехнологии им. К.И. Скрябина
Москва, Россия

²Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств
для животных и кормов
Москва, Россия

✉ e-mail: Alsu.anvarovna.st@mail.ru

Представлены результаты исследования по определению вирулентности производственных штаммов и эпизоотических изолятов *Escherichia coli*, выделенных на территории Московской и Тульской областей в животноводческих хозяйствах и в частном секторе с 2016 по 2022 г. В опыте вирулентность эшерихий изучали путем определения LD₅₀ изолятов эшерихий для биологических тест-систем. Самым вирулентным штаммом из музейной коллекции оказался *E. coli* № ТП-85; авирулентными – *E. coli* № 727 и *E. coli* № Д616. Выделенные нами изоляты показали следующие результаты: наиболее вирулентными были *E. coli* 22/20, *E. coli* 3/16, *E. coli* 20/20, *E. coli* 24/21 – *E. coli* 7/16, *E. coli* 19/2, *E. coli* 18/20, *E. coli* 9/17, *E. coli* 5/16, *E. coli* 28/21, *E. coli* 29/21. Авирулентными были изоляты *E. coli* 25/21 и *E. coli* 17/20. LD₅₀ для них составила $22,36 \times 10^8$. Исследование музейных штаммов изолятов *E. coli* в сравнении с полученными в Московской и Тульской областях изолятами позволило сделать заключение, что при длительном хранении коллекционных штаммов снижается их вирулентность. Также отмечена тенденция утраты физико-химических свойств (стабильности) у штаммов при лиофилизации. Причин этому может быть несколько: несовершенство контроля и хранения на разных этапах жизненного цикла культуры; неправильно проведенная лиофилизационная сушка, когда штаммы не подверглись глубокой заморозке; несоблюдение этапов сушки, что со временем привело к изменению генетической структуры штамма.

Ключевые слова: эшерихии, *E. coli*, патогенные биологические агенты, энтеробактерии, колибактериоз, вирулентность, эпизоотические изоляты

COMPARATIVE VIRULENCE PROPERTIES OF EPIZOOTIC STRAINS OF *ESCHERICHIA COLI* BACTERIA

✉ Galiakbarova A.A.^{1,2}, Pimenov N.V.¹

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K.I. Skryabin
Moscow, Russia

²The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality
Moscow, Russia

✉ e-mail: Alsu.anvarovna.st@mail.ru

The results of the study to determine the virulence of production strains and epizootic isolates of *Escherichia coli* isolated in the Moscow and Tula regions in livestock farms and in the private sector from 2016 to 2022 are presented. In the experiment, the virulence of *Escherichia coli* was studied by determining the LD₅₀ of *Escherichia coli* isolates for biological test systems. The most virulent strain from the museum collection was *E. coli* No. TP-85; the most avirulent were *E. coli* No. 727 and *E. coli* No. D616. The isolates selected by us showed the following results: the most virulent were *E. coli* 22/20, *E. coli* 3/16, *E. coli* 20/20, *E. coli* 24/21 – *E. coli* 7/16, *E. coli* 19/2, *E. coli* 18/20, *E. coli* 9/17, *E. coli* 5/16, *E. coli* 28/21, *E. coli* 29/21. Avirulent were the isolates *E. coli* 25/21 and *E. coli* 17/20. LD₅₀ for them was $22,36 \times 10^8$. The study of museum strains of *E. coli* isolates compared with the isolates obtained in the Moscow and Tula regions led to the conclusion that during long-term storage of collection strains, their virulence decreases. The tendency of strains to

lose their physicochemical properties (stability) during lyophilization has also been noted. There could be several reasons for this: imperfect control and storage at different stages of the culture life cycle; improper lyophilization drying when strains were not deep-frozen; and failure to follow drying steps, which over time led to a change in the genetic structure of the strain.

Keywords: *Escherichia*, *E. coli*, pathogenic biological agents (PBA), enterobacteria, colibacillosis, virulence, epizootic isolates

Для цитирования: Галиакбарова А.А., Пименов Н.В. Сравнительные вирулентные свойства бактерий эпизоотических штаммов *Escherichia coli* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 87–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-11>

For citation: Galiakbarova A.A., Pimenov N.V. Comparative virulence properties of epizootic strains of *Escherichia coli* bacteria. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 87–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Escherichia coli – условно-патогенный микроорганизм, грамотрицательная палочка, виды которой могут приводить к тяжелым токсикоинфекциям со смертельным исходом у людей и животных. Колибактериоз – острая инфекционная болезнь молодняка всех видов сельскохозяйственных животных, вызываемая патогенной кишечной палочкой [1–3]. Мерой профилактики по недопущению данного заболевания животных является вакцинопрофилактика. Для защиты новорожденных рекомендовано иммунизировать беременных самок. Иммуитет у молодняка вначале зависит от полученных из молозива матери антител для ранней защиты от инфекций, поскольку иммунные механизмы не готовы к нормальному функционированию. Вакцинацию против колибактериоза проводят во всех странах [4–18].

Технологии разработки иммунобиологических препаратов постоянно совершенствуются. В связи с этим в последние годы принцип конструирования вакцин против эшерихиоза изменился с учетом роли протективных антигенов возбудителя. Вакцины, изготовленные или обогащенные протективными компонентами бактериальной клетки, более эффективны и менее реактогенны, чем вакцины, состоящие только из бактериальных клеток. Добавление в вакцину адгезивного антигена обеспечивает образование антител, поступающих с молозивом

в кишечник новорожденных, которые предупреждают прикрепление патогенных эшерихий к эпителию кишечника.

Цель исследования – определить вирулентность производственных штаммов и эпизоотических изолятов *Escherichia coli*, выделенных на территории Московской и Тульских областей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина. Отдельные исследования выполнены на базе лаборатории качества и стандартизации бактериальных лекарственных средств Всероссийского государственного центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов.

На территории Московской и Тульской областей в животноводческих хозяйствах и в частном секторе изучено видовое разнообразие эпизоотических штаммов эшерихий. В лабораторных условиях исследован патологический и биологический материал для нахождения наиболее вирулентных штаммов. Из 100 образцов биологического материала нами выделен 31 изолят *E. coli* от 27 животных. Помимо *E. coli* обнаружены и представители других родов энтеробактерий, однако их дальнейшая идентификация не входила в цель наших исследований. Эшерихии выделили из печени, тонкого и

толстого кишечника, селезенки у телят и поросят от 7- до 20-дневного возраста.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным, одним из показателей вирулентности является образование токсинов. Вирулентность – количественная мера патогенности, измеряемая чаще всего в специальных единицах. LD₅₀ – минимальная смертельная доза, равная наименьшему количеству патогена, который при определенном способе заражения вызывает гибель 50% зараженных животных. Вирулентность также связана с токсигенностью – способностью организма вырабатывать токсин, негативно влияющий на функции восприимчивого организма.

В нашем опыте вирулентность эшерихий изучали путем определения LD₅₀ изолятов эшерихий для биологических тест-систем. Для этого культуру исследуемого изолята выращивали на МПА, через 24 ч инкубировали, затем смывали стерильным физиологическим раствором (рН 0,9) со скошенного МПА, переносили взвесь в пробирку и доводили концентрацию до 1 млрд микробных клеток (м.к.) в 1 см³ по оптическому стандарту мутности. Белых мышей заражали внутрибрюшинно подготовленной культурой по 0,5 см³. Наблюдение вели в течение 7 сут с момента инфицирования. Диагноз в случае гибели подтверждали бактериологическими исследованиями.

О вирулентности изолята судили после вычисления LD₅₀: если в опыте не пало ни одной мыши, его считали авирулентным, если погибало хотя бы одно животное – вирулентным. Высоковирулентными считались культуры, которые вызывали гибель всех подопытных животных.

Вычисление LD₅₀ проводили по формуле Кербера в модификации Ашмарина – Воробьева

$$\lg LD_{50} = \lg D - \sigma (\Sigma L_i - 0,5),$$

где $\lg D$ – максимальная инфекционная доза в опыте; σ – логарифм кратности испытанных разведений; ΣL_i – сумма значений L_i , отношение числа животных, павших от введе-

ния данной дозы, к общему числу животных в группе (см. таблицу).

Самым вирулентным штаммом из коллекции оказался *E. coli* № ТП-85: $4,47 \times 10^8$ (447 млн); авирулентными – *E. coli* № 727 и *E. coli* № Д616: $11,7 \times 10^8$ (1 млрд 17 млн) каждый.

Выделенные нами изоляты показали следующие результаты: наиболее вирулентными оказались *E. coli* 22/20, *E. coli* 3/16, *E. coli* 20/20, *E. coli* 24/21 – *E. coli* 7/16, *E. coli* 19/2, *E. coli* 18/20, *E. coli* 9/17, *E. coli* 5/16, *E. coli* 28/21, *E. coli* 29/21. Авирулентными были изоляты *E. coli* 25/21 и *E. coli* 17/20. LD₅₀ для них составила $22,36 \times 10^8$ (см. таблицу).

Для эшерихий самый вирулентный штамм имел LD₅₀ 47 млн микробных клеток, что является очень хорошим показателем.

В связи с тем, что *E. coli* является комменциалом (сапрофитом), сложно подобрать животных для опыта (лабораторную модель), которые наиболее точно продемонстрируют результаты эксперимента. В данном случае наблюдали опыт, где ярко проявлялся токсический эффект: белые мыши в опыте погибли от воздействия токсинов, которые выделяла *E. coli*. Патогенность штамма заключалась бы в заболевании животных и в проявлении клинической картины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование вирулентности музейных штаммов изолятов *E. coli* в сравнении с полученными в Московской и Тульской областях изолятами позволило сделать заключение, что при длительном хранении штаммов снижается их вирулентность. Также отмечена тенденция утраты физико-химических свойств (стабильности) у штаммов при лиофилизации. Причин этому может быть несколько: несовершенство контроля и хранения на разных этапах жизненного цикла культуры; неправильно проведенная лиофилизационная сушка, когда штаммы не подверглись глубокой заморозке; несоблюдение этапов сушки, что со временем привело к изменению генетической структуры штамма.

Вирулентность музейных штаммов и выделенных на территории Московской и Тульской областей
изолятов *E. coli*Virulence of museum strains and *E. coli* isolates isolated in the Moscow and Tula regions

Штамм	Доза, м.к.	Живы	Пали	LD ₅₀ , млн м.к.	Штамм	Доза, м.к.	Живы	Пали	LD ₅₀ , млн м.к.
<i>Музейные штаммы E. coli</i>					<i>E. coli</i> 5/16 Гр.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	1 1 4 5	4 4 1 0	1,2 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> № 727	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	5 4 4 5	0 1 1 0	9 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 7/16 Г.Г.Тул	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	0 1 4 5	5 4 1 0	0,89 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> б/н O101	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	4 4 4 5	1 1 1 0	8,51 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 17/20 Га.Тул	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	5 5 5 5	0 0 0 0	22,36 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> № Д616	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	4 5 4 5	1 0 1 0	9,10 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 24/21 Г.П.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	0 0 4 5	5 5 1 0	0,65 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> ГДР	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	3 4 4 5	2 1 1 0	6,17 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 18/20 Г.Г.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	1 1 3 5	4 4 2 0	0,89 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> б/н O9	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	4 4 3 5	1 1 2 0	6,17 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 19/20 Г.Г.Тул	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	0 1 4 5	5 4 1 0	0,89 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> № 397-37/14	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	4 3 5 5	1 2 0 0	8,51 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 25/21 Г.П.Тул	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	5 5 5 5	0 0 0 0	22,36 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> № 398-37/14	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	3 5 4 5	2 0 1 0	8,51 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 20/20 Г.Г.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	0 0 3 5	5 5 2 0	0,47 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> № ТП-85	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	2 5 3 5	3 0 2 0	4,47 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 28/21 Г.П.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	3 3 0 0	2 2 5 5	3,2 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> № 2005	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	4 3 5 5	1 2 0 0	8,51 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 21/20 Г.Г.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	4 4 4 5	1 1 1 0	8,5 × 10 ⁸
<i>Выделенные изоляты E. coli</i>					<i>E. coli</i> 29/21 Г.П.Тул	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	3 3 5 5	2 2 0 0	6,1 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> 3/16 Га.Тул	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	0 1 3 4	5 4 2 1	0,47 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 22/20 Г.Г.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	5 5 2 0	0 0 3 5	0,46 × 10 ⁸
<i>E. coli</i> 9/17 Га.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	1 1 4 5	4 4 1 0	1,2 × 10 ⁸	<i>E. coli</i> 23/20 Г.Г.Мос	2,0 млрд 400,0 млн 80,0 млн 16,0 млн	1 2 0 0	4 3 5 5	8,5 × 10 ⁸

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скобликов Н.Э., Москаленко Е.А., Зимин А.А., Забаица Н.Н. Особенности возрастной динамики *E. coli* кишечного микробиоценоза поросят // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2012. № 1. С. 1–2.
2. Золотухин С.Н., Мелехин А.С., Пичугин Ю.В. Биологические свойства энтеробактерий, выделенных при патологиях животных // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (42). С. 142–147.
3. Иванова Е.И., Попкова С.М., Джисоев Ю.П., Долгих В.В., Ракова Е.Б., Бухарова Е.В. Детекция некоторых генов, кодирующих факторы патогенности у типичных изолятов *Escherichia coli* // Acta Biomedica Scientifica. 2014. № 5 (99). С. 89–94.
4. Игнатенко А.В., Аль-хаммаш Н.М. Анализ антибиотикорезистентности микроорганизмов *E. coli* // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2012. № 4. С. 173–175.
5. Кафтырева Л.А., Макарова М.А., Сужаева Л.В. Микробиологические аспекты лабораторной диагностики перинатальных и неонатальных инфекций // Клиническая лабораторная диагностика. 2014. № 9. С. 67–69.
6. Nandre R.M., Duan Q., Wang Y., Zhang W. Passive antibodies derived from intramuscularly immunized toxoid fusion 3xSTaN12S-dmLT protect against STa⁺ enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) diarrhea in a pig model // Vaccine. 2017. Vol. 35 (4). P. 552–556. DOI: 10.1016/j.vaccine.2016.12.021.
7. Navarro-Garcia F., Ruiz-Perez F., Cataldi Á., Larzábal M. Type VI Secretion System in Pathogenic *Escherichia coli*: Structure, Role in Virulence, and Acquisition // Frontiers in Microbiology. 2019. Vol. 10. P. 1–17. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01965.
8. Newitt S., MacGregor V., Robbins V. Two Linked Enteroinvasive *Escherichia coli* Outbreaks, Nottingham, UK, June 2014 // Emerging Infectious Diseases. 2016. Vol. 22 (7). P. 1178–1184. DOI: 10.3201/eid2207.152080.
9. Nguyen U.V., Coddens A., Melkebeek V. High susceptibility prevalence for F4⁺ and F18⁺ *Escherichia coli* in Flemish pigs // Veterinary microbiology. 2017. Vol. 202. P. 52–57. DOI: 10.1016/j.vetmic.2016.01.014.
10. Norton E.B., Lawson L.B., Freytag L.C., Clements J.D. Characterization of a mutant *Escherichia coli* heat-labile toxin, LT(R192G/L211A), as a safe and effective oral adjuvant // Clinical and Vaccine Immunology. 2011. Vol. 18 (4). P. 546–551. DOI: 10.1128/CVI.00538-10.
11. Norton E.B., Lawson L.B., Mahdi Z., Freytag L.C., Clements J.D. The A subunit of *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin functions as a mucosal adjuvant and promotes IgG2a, IgA, and Th17 responses to vaccine antigens // Infection and Immunity. 2012. Vol. 80 (7). P. 2426–2435. DOI: 10.1128/IAI.00181-12.
12. Novakovic P., Huang Y.Y., Lockerie B. Identification of *Escherichia coli* F4ac-binding proteins in porcine milk fat globule membrane // Canadian Journal of Veterinary Research. 2015. Vol. 79 (2). P. 120–128.
13. Obaidat M.M., Bani Salman A.E., Davis M.A., Roess. A.A. Major diseases, extensive misuse, and high antimicrobial resistance of *Escherichia coli* in large- and small-scale dairy cattle farms in Jordan // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101 (3). P. 2324–2334. DOI: 10.3168/jds.2017-13665.
14. Oelschlaeger T.A., Morschhäuser J., Meier C., Schipper C., Hacker J. Adhesion and Invasion of *Escherichia Coli*. In: Kahane I., Ofek I. (eds) Toward Anti-Adhesion Therapy for Microbial Diseases // Advances in Experimental Medicine and Biology. 1996. Vol. 408. P. 471–476. DOI: 10.1007/978-1-4613-0415-9_7.
15. Park R., O'Brien T.F., Huang S.S. Statistical detection of geographic clusters of resistant *Escherichia coli* in a regional network with WHONET and SaTScan // Expert Rev Anti Infect Ther. 2016. Vol. 14 (11). P. 1097–1107. DOI: 10.1080/14787210.2016.1220303.
16. Pattabiraman V., Katz L.S., Chen J.C., McCullough A.E., Trees E. Genome wide characterization of enterotoxigenic *Escherichia coli* serogroup O6 isolates from multiple outbreaks and sporadic infections from 1975-2016 // PLoS One. 2018. Vol. 13 (12). P. 1–15. DOI: 10.1371/journal.pone.0208735.
17. Pavanello D.B., Houle S., Matter B.L., Mozois D.C., Horn F. The Periplasmic Trehalase Affects Type 1 Fimbria Production and Virulence of Extraintestinal Pathogenic *Escherichia coli* Strain MT78 // Infection and Immunity. 2018. Vol. 86 (8). P. 1–12. DOI: 10.1128/IAI.00241-18.

18. Peng X., Wang R., Hu L. Enterococcus faecium NCIMB 10415 administration improves the intestinal health and immunity in neonatal piglets infected by enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2019. Vol. 10. P. 1–15. DOI: 10.1186/s40104-019-0376-z.

REFERENCES

1. Skoblikov N.E., Moskalenko E.A., Zimin A.A., Zabashta N.N. Features of age dynamics of coli-phages in intestinal microbiocenosis of piglets. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii = Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine*, 2012, no. 1, pp. 1–2. (In Russian).
2. Zolotukhin S.N., Melekhin A.S., Pichugin Yu.V. Biological properties of enterobacteria isolated in animal pathology. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2018, no. 2 (42), pp. 142–147. (In Russian).
3. Ivanova E.I., Popkova S.M., Dzhioev Yu.P., Dolgikh V.V., Rakova E.B., Bukharova E.V. Detection of some genes encoding pathogenicity factors in typical *Escherichia coli* isolates, *Acta Biomedica Scientifica*, 2014, no. 5 (99), pp. 89–94.
4. Ignatenko A.V., Al'-khammash N.M. Analysis of antibiotic resistance of *E. coli* microorganisms. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya = Proceedings of BSTU. Series 2: Chemical technologies. Biotechnology. Geoecology*, 2012, no. 4, pp. 173–175. (In Belarus).
5. Kaftyreva L.A., Makarova M.A., Suzhaeva L.V. Microbiological aspects of laboratory diagnosis of perinatal and neonatal infections *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika = Russian Clinical Laboratory Diagnostics*, 2014, no. 9, pp. 67–69. (In Russian).
6. Nandre R.M., Duan Q., Wang Y., Zhang W. Passive antibodies derived from intramuscularly immunized toxoid fusion 3xSTaN12S-dmLT protect against STa⁺ enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) diarrhea in a pig model. *Vaccine*, 2017, vol. 35 (4), pp. 552–556. DOI: 10.1016/j.vaccine.2016.12.021.
7. Navarro-Garcia F., Ruiz-Perez F., Cataldi Á., Larzábal M. Type VI Secretion System in Pathogenic *Escherichia coli*: Structure, Role in Virulence, and Acquisition. *Frontiers in Microbiology*, 2019, vol. 10, pp. 1–17. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01965.
8. Newitt S., MacGregor V., Robbins V. Two Linked Enteroinvasive *Escherichia coli* Outbreaks, Nottingham, UK, June 2014. *Emerging Infectious Diseases*, 2016, vol. 22 (7), pp. 1178–1184. DOI: 10.3201/eid2207.152080.
9. Nguyen U.V., Coddens A., Melkebeek V. High susceptibility prevalence for F4⁺ and F18⁺ *Escherichia coli* in Flemish pigs. *Veterinary microbiology*, 2017, vol. 202, pp. 52–57. DOI: 10.1016/j.vetmic.2016.01.014.
10. Norton E.B., Lawson L.B., Freytag L.C., Clements J.D. Characterization of a mutant *Escherichia coli* heat-labile toxin, LT(R192G/L211A), as a safe and effective oral adjuvant. *Clinical and Vaccine Immunology*, 2011, vol. 18 (4), pp. 546–551. DOI: 10.1128/CVI.00538-10.
11. Norton E.B., Lawson L.B., Mahdi. Z., Freytag L.C., Clements J.D. The A subunit of *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin functions as a mucosal adjuvant and promotes IgG2a, IgA, and Th17 responses to vaccine antigens. *Infection and Immunity*, 2012, vol. 80 (7), pp. 2426–2435. DOI: 10.1128/IAI.00181-12.
12. Novakovic P., Huang Y.Y., Lockerbie B. Identification of *Escherichia coli* F4ac-binding proteins in porcine milk fat globule membrane. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 2015, vol. 79 (2), pp. 120–128.
13. Obaidat M.M., Bani Salman A.E., Davis M.A., Roess. A.A. Major diseases, extensive misuse, and high antimicrobial resistance of *Escherichia coli* in large- and small-scale dairy cattle farms in Jordan. *Journal of Dairy Science*, 2018, vol. 101 (3), pp. 2324–2334. DOI: 10.3168/jds.2017-13665.
14. Oelschlaeger T.A., Morschhäuser J., Meier C., Schipper C., Hacker J. Adhesion and Invasion of *Escherichia coli*. In: Kahane I., Ofek I. (eds) *Toward Anti-Adhesion Therapy for Microbial Diseases. Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1996, vol. 408, pp. 471–476. DOI: 10.1007/978-1-4613-0415-9_7.
15. Park R., O'Brien T.F., Huang S.S. Statistical detection of geographic clusters of resistant *Escherichia coli* in a regional network with

- WHONET and SaTScan. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 2016, vol. 14 (11), pp. 1097–1107. DOI: 10.1080/14787210.2016.1220303.
16. Pattabiraman V., Katz L.S., Chen J.C., McCullough A.E., Trees E. Genome wide characterization of enterotoxigenic *Escherichia coli* serogroup O6 isolates from multiple outbreaks and sporadic infections from 1975-2016. *PLoS One*, 2018, vol. 13 (12), pp. 1–15. DOI: 10.1371/journal.pone.0208735.
17. Pavanelo D.B., Houle S., Matter B.L., Mozois D.C., Horn F. The Periplasmic Trehalase Affects Type 1 Fimbria Production and Virulence of Extraintestinal Pathogenic *Escherichia coli* Strain MT78. *Infection and Immunity*, 2018, vol. 86 (8), pp. 1–12. DOI: 10.1128/IAI.00241-18.
18. Peng X., Wang R., Hu L. Enterococcus faecium NCIMB 10415 administration improves the intestinal health and immunity in neonatal piglets infected by enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2019, vol. 10, pp. 1–15. DOI: 10.1186/s40104-019-0376-z.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Галиакбарова А.А.**, научный сотрудник, аспирант; **адрес для переписки:** Россия, 115516, Москва, Кавказский бульвар, 47 к1; e-mail: Alsu.anvarovna.st@mail.ru

Пименов Н.В., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой; e-mail: pimenov-nikolai@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alsu A. Galiakbarova**, Researcher, Post-graduate Student; **address:** 47 Building 1, Kavkazsky Boulevard, Moscow, 115516, Russia; e-mail: Alsu.anvarovna.st@mail.ru

Nikolai V. Pimenov, Doctor of Science in Biology, Professor, Department Head; e-mail: pimenov-nikolai@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 24.11.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.01.2023
Дата публикации / Published 20.02.2023



БАЗОВАЯ КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ПОДБОРЩИКА-ОЧЕСЫВАТЕЛЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

✉ Бурлаков Ю.В., Чемоданов С.И., Бурлакова С.В.

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: yura011@yandex.ru

Уборку льна-долгунца для получения волоконной и семенной продукции осуществляют в зависимости от конкретных условий по различным технологиям: прямой, раздельной и заводской. Представлено технико-технологическое исследование раздельной уборки льна-долгунца путем совершенствования базовой концептуальной схемы подборщика-очесывателя. Рассмотрены традиционные технологии уборки льна-долгунца и технические средства, обеспечивающие выполнение технологических операций, связанных с раздельной технологией уборки. Выявлены недостатки технических средств, используемых при раздельной технологии уборки льна-долгунца. Они заключаются в различной степени воздействия молотильно-сепарирующих очесывающих органов уборочных машин как грабельного, так и роторного типа на стебли, что вызывает неравномерность их вылежки по длине и приводит к ухудшению качества волокна, уменьшению номера выхода особо ценного длинного волокна и потерям семенной части урожая. Предложена концептуальная схема базового молотильно-сепарирующего устройства вальцового типа для раздельной технологии уборки льна-долгунца путем совершенствования подборщика-очесывателя. Предлагаемый вариант устройства обеспечивает одновременный обмолот лент льна-долгунца и создает благоприятные условия для качественной вылежки соломы до состояния тресты одновременно по всей длине стебля путем ее равномерного плющения в зазорах между обрезиненными вальцами. Подборщик-очесыватель, оборудованный молотильно-сепарирующим устройством вальцового типа, позволяет производить выделение семян из неочесанной ленты льна-долгунца вне зависимости от расположения семенной части относительно направления движения уборочного агрегата. Универсальность, простота и широкий диапазон применения молотильно-сепарирующего устройства вальцового типа целесообразно использовать при проектировании машин для уборки льна-долгунца для прямой, раздельной и заводской технологий уборки.

Ключевые слова: льноуборочная машина, вальцовое молотильное устройство, лен-долгунец, равномерность вылежки, треста

BASIC CONCEPTUAL SCHEME OF THE THRESHING AND SEPARATING DEVICE OF THE FLAX FIBER COMBING MACHINE

✉ Burlakov Yu.V., Chemodanov S.I., Burlakova S.V.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: yura011@yandex.ru

Harvesting of flax for fiber and seed production is carried out depending on the specific conditions by different technologies: direct, separate and factory. A technical and technological study of separate harvesting of flax fiber by improving the basic conceptual scheme of the picker-combing

machine is presented. The traditional technologies of harvesting flax fiber and technical means that ensure the implementation of technological operations related to the separate technology of harvesting are considered. Disadvantages of the technical means used in the separate harvesting technology of flax fiber are revealed. They consist in varying degrees of impact of threshing and separating combing bodies of harvesting machines of both rake and rotor type on the stems, which causes uneven curing along their length and leads to the deterioration of fiber quality, reduction of the number of extra valuable long fiber and losses of the seed part of the crop. A conceptual scheme of the basic threshing and separating device of a roll-fulling type for separate technology of flax fiber harvesting by improving the picker-combing machine is proposed. The proposed device variant provides simultaneous threshing of flax fiber strips and creates favorable conditions for quality curing of straw to the state of flax straw simultaneously along the entire stalk length by its uniform conditioning in the gaps between the rubberized rollers. The combing header equipped with a threshing and separating device of the roll-fulling type allows to separate the seeds from the uncombed flax strip regardless of the location of the seed part relative to the movement direction of the harvesting machine. Versatility, simplicity and wide range of application of the threshing and separating device of the roll-fulling type are reasonable to use when designing machines for harvesting flax fiber for direct, separate and factory harvesting technologies.

Keywords: flax puller, roll-fulling threshing device, flax fiber, uniformity of maturation, flax straw

Для цитирования: Бурлаков Ю.В., Чемоданов С.И., Бурлакова С.В. Базовая концептуальная схема молотильно-сепарирующего устройства подборщика-очесывателя льна-долгуна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 94–103. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-12>

For citation: Burlakov Yu. V., Chemodanov S.I., Burlakova S.V. Basic conceptual scheme of the threshing and separating device of the flax fiber combing machine. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 94–103. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках финансируемой научно-исследовательской работы № 0533-2021-012.

Acknowledgements

The work is performed within the framework of the funded research work № 0533-2021-012.

ВВЕДЕНИЕ

Лен-долгунец возделывают для получения волокна и семян. Мировое производство льноволокна, по данным FAOSTAT, превысило 330 тыс. т в год. В Российской Федерации сбор льноволокна составляет 38,8 тыс. т. В Сибирском федеральном округе посевные площади льна-долгуна снизились от 16,1 тыс. га в 1990 г. до 11,1 тыс. га в 2019 г.

Основное биологическое противоречие при уборке культуры заключается в том, что для получения качественного волокна и семян целесообразны различные фазы

созревания и проведение уборки урожая в подходящие для этого календарные сроки. Лен-долгунец, убранный в фазе ранней желтой спелости, обеспечит самый высокий выход волокна, при этом семена, дозревшие в коробочках, пригодны для посевных целей. Для того чтобы льнозавод мог получать прибыль и осуществлять модернизацию оборудования, необходимо, чтобы поступающая на переработку льнотреста была не ниже номера 1,5. Уборку льна-долгуна для получения волоконной и семенной продукции осуществляют в зависимости от конкретных условий по различным технологиям уборки: прямой, раздельной и заводской [1, 2]^{1,2}.

¹Рожмина Т.А., Понажев В.П. Состояние и перспективы развития льняного сектора России // Глобализация и эколого-экономическое развитие регионов: материалы науч.-практ. конф. М., 2015. С. 181–190.

²Ковалев М.М., Колчина Л.М. Технологии и оборудование для производства и первичной переработки льна и конопли: справочник. М.: Росинформагротех, 2013. 184 с.

Цель исследования – представить технико-технологическое исследование раздельной уборки льна-долгунца путем совершенствования базовой концептуальной схемы подборщика-очесывателя.

В задачи исследований входил анализ информационных ресурсов по технико-технологическому обеспечению уборки льна-долгунца и поиск концептуальной схемы молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) базового уборочного средства для реализации раздельной технологии уборки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Поиск технических решений и испытание экспериментальных образцов молотильно-сепарирующих устройств для реализации раздельной и заводской технологий уборки с целью улучшения качества продукции льноводства проводили с 2001 по 2020 г. Исследования проходили в лабораторных условиях Сибирского научно-исследователь-

ского института механизации и электрификации сельского хозяйства и в хозяйствах Новосибирской области: ОАО «Льнозавод Буготакский» и ОАО «Льнозавод Легостаевский»^{3–14}.

В работе использованы научные труды и информационные ресурсы, связанные с совершенствованием рабочих органов льноуборочных машин для реализации прямой, раздельной и заводской технологий уборки льна-долгунца, а также специализированных многофункциональных агрегатов для получения семян.

Основным методом выявления и оценки факторов, определяющих повышение качества продукции льноводства и связанных с характером, интенсивностью и равномерностью воздействия рабочих органов МСУ льноуборочных машин по длине стебля, является экспертно-логический анализ информационных ресурсов, касающийся совершенствования рабочих органов льно-

³Гланц В.В., Кузнецов А.В., Бурлаков Ю.В. Влияние типа очесывающих органов и их кинематических режимов на полноту очеса семян льна-долгунца при раздельном способе уборки // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 22–23 апреля 2003 г.). Новосибирск, 2003. С. 62–63.

⁴Пат. № 2243643, А01D45/06 «Устройство для очеса стеблей льна» (Российская Федерация) / В.П. Бекасов, Ю.В. Бурлаков, В.В. Гланц, А.В. Кузнецов, Г.Е. Чепурин; заявл. 10.07.2002; опубл. 10.01.2005; Бюл. № 1.

⁵Пат. № 2243644, А01D45/06 «Устройство для очеса стеблей льна» (Российская Федерация) / В.П. Бекасов, Ю.В. Бурлаков, В.В. Гланц, А.В. Кузнецов, Г.Е. Чепурин, И.Н. Петрягин; заявл. 30.12.2002; опубл. 10.01.2005; Бюл. № 1.

⁶Кузнецов А.В., Сурилова Г.В., Бурлаков Ю.В. Перспективные технологии раздельной уборки семян льна-долгунца в условиях Сибири // Современные и перспективные технологии АПК в Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 8–9 июля 2006 г.). Новосибирск, 2006. С. 47–48.

⁷Бурлаков Ю.В., Николашкин В.И. Результаты исследования влияния типа очесывающих органов и их кинематических режимов на полноту очеса семян льна-долгунца при раздельном способе уборки // Современные и перспективные технологии АПК в Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 8–9 июля 2006 г.). Новосибирск, 2006. С. 49–50.

⁸Бурлаков Ю.В., Кузнецов А.В., Сурилова Г.В., Николашкин В.И. Результаты исследований работы экспериментальной молотилки льна-долгунца // Инженерно-техническое обеспечение технологических процессов в агропромышленном комплексе Сибири: сб. науч. тр. / СО РАСХН, СибИМЭ. Новосибирск, 2007. С. 38–46.

⁹Кузнецов А.В., Сурилова Г.В., Бурлаков Ю.В. Влияние способов уборки льна-долгунца на посевные качества семян // Инженерно-техническое обеспечение технологических процессов в агропромышленном комплексе Сибири: сб. науч. тр. / СО РАСХН, СибИМЭ. Новосибирск, 2007. С. 47–51.

¹⁰Кузнецов А.В., Сурилова Г.В., Бурлаков Ю.В. Качество уборки семян льна-долгунца в условиях Сибири // Машинно-технологическое, энергетическое и сервисное обеспечение сельхозпроизводителей Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф. (р.п. Краснообск, 9–11 июня 2008 г.) / СО РАСХН, СибИМЭ. Новосибирск, 2008. С. 495–499.

¹¹Бурлаков Ю.В. Технологии уборки семян льна-долгунца в условиях Сибири // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 4. С. 3–4.

¹²Бурлаков Ю.В. К выбору типа очесывающего аппарата для стационарной молотилки льна-долгунца // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: материалы междунар. науч.-техн. конф. (р.п. Краснообск, 7–9 июня 2017 г.) / СФНЦА РАН, СибИМЭ. Новосибирск, 2017. Т. 1. С. 83–89.

¹³Бурлаков Ю.В. Показатели работы стационарной лабораторной установки вальцового типа для обмолота льна-долгунца // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: материалы междунар. науч.-техн. конф. (р.п. Краснообск, 3–4 октября 2019 г.) / СФНЦА РАН, СибИМЭ. Новосибирск, 2019. С. 23–28.

¹⁴Бурлаков Ю.В., Чегодамов С.И. Молотильно-сепарирующее устройство вальцового типа для обмолота лент льна-долгунца при реализации заводской технологии уборки // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XVII междунар. науч.-практ. конф. (9–10 февраля 2022 г.) в 2 кн. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022. С. 18–19.

уборочных машин МСУ при реализации прямой, раздельной и заводской технологий уборки льна-долгунца.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При прямой комбайновой уборке льна-долгунца в Российской Федерации используют льноуборочные комбайны ЛК-4Д, ЛЕН-4, КЛ-1,5 Русич, КЛ-1,5 Селигер, КЛ-1,5 «Валдай» с грабельными очесывающими органами, которые производят отделение семенной части урожая от стебельной при различной степени влажности [3–5]. Зарубежные производители льноуборочной техники Union, Depoortere (Бельгия), Dehondt (Франция), Гомсельмаш и Бобруйскагромаш (Белоруссия) также выпускают широкий набор высокопроизводительных специализированных прицепных и самоходных льноуборочных машин, таких как льнотеребилки, льноуборочные комбайны, льнооборачиватели, пресс-подборщики льна. Основной недостаток данных известных

технических средств заключается в том, что на различные части стебля льна-долгунца по его длине очесывающие рабочие органы уборочных машин как грабельного, так и роторного типа оказывают различное деформирующее воздействие [6]. В результате стебли льна по длине имеют различные стадии вылежки. Если верхушечная часть стебля уже достигла нормальной вылежки, то срединная часть уже перележала, ее качество ухудшилось; при этом комлевая часть еще не долежала, не достигнув оптимального качества (см. рис. 1).

В процессе росной мочки пектиразлагающие бактерии и грибы, входящие в состав микрофлоры, проникают через мельчайшие трещины в стебле льна-долгунца, которые вызваны воздействием рабочих органов льноуборочных машин. При этом солома меняет свой первоначальный окрас, покрывается мелкими серыми пятнышками и со временем принимает темно-серый цвет, превращаясь в тресту. На тех частях стебля,



Рис. 1. Характерный вид тресты в результате завершения вылежки стеблей льна-долгунца в процессе росной мочки

Fig. 1. Characteristic appearance of flax straw as a result of flax fiber stalks ripening in the process of dew retting

где повреждений нет или они минимальны, процесс трестообразования идет медленнее, а там, где был осуществлен промин путем проплющивания стеблей, вылежка соломы ускоряется на 15–20%.

Реализация сложившейся описанной выше технологии уборки ведет к снижению количества получаемого волокна из-за неравномерно вылежавшейся по длине стебля тресты волокна и уменьшению номера выхода особо ценного длинного волокна. В связи с этим в льноводческих хозяйствах, нацеленных на получение высокой прибыли, особое внимание уделяют наблюдению за вылежкой. Например, средний номер длинного волокна при нормальной вылежке в условиях росной мочки ленты льна-долгунца может соответствовать 16-му, при недолёжке – только 12-му, при ее перелёжке – лишь 10-му и ниже¹⁵.

На общие сроки подъема тресты у технологий хозяйств есть возможность повлиять путем реализации таких технологических операций с лентами льна-долгунца, как оборачивание и вспушивание, которые способствуют выравниванию равномерности вылежки тресты в верхних и нижних ее частях. Воздействовать на равномерность вылежки по длине стебля не представляется возможным, поскольку ситуация уже изначально заложена различным характером воздействия рабочих органов льноуборочных машин.

Наиболее активное деформационное воздействие на стебли льна в срединной их части оказывает зажимной транспортер льнокомбайна, имеющий сложный профиль и волнистый рельеф. Он деформирует срединную часть стебля льна, где впоследствии наблюдается характерный, более светлый

цвет тресты, так как эта часть стебля вылеживается значительно быстрее верхушечной и комельной частей [7]. Основное преимущество раздельной технологии уборки перед комбайновой заключается в использовании потенциала солнечной энергии для сушки стеблей и вызревания семян в семенных коробочках, а также в возможности начинать уборку раньше, что, в конечном счете, позволяет получать волокно и семена более высокого качества. Сроки вылежки тресты в результате использования технологического процесса плющения и оборачивания позволяют сократить сроки уборки на 14 дней, получить более высокий номер тресты, увеличить энергию прорастания семян и их всхожесть [8].

Уборку льна-долгунца машинами с грабельными рабочими органами широко применяют для прямого комбайнирования как в одно-, так и в двухпоточных машинах. Однако они практически неприемлемы для реализации раздельной технологии уборки как по одно-, так и по двухпоточной схемам, поскольку ленты льна-долгунца в процессе их укладки, ворошения и оборачивания из-за ветровой нагрузки и нарушения технологических процессов не всегда имеют прямолинейную направленность^{16–18} [9]. Одним из существенных недостатков семенного вороха, получаемого от льноуборочных комбайнов с грабельными очесывающими органами, является сложность его дальнейшей переработки с целью получения семян¹⁹. Известны различные типы рабочих органов, пригодных для реализации процесса отделения семенной части продукции из лент льна-долгунца в полевых условиях²⁰ [10, 11]. Ситуация по

¹⁵Объедков М.Г. Лен-долгунец. М.: Россельхозиздат, 1979. 223 с.

¹⁶Лойко С.Ф., Перечаев А.Н., Старосотников С.В. Машины для возделывания и уборки льна-долгунца // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф. 2015. Т. 2. С. 138–146.

¹⁷Ростовцев Р.А., Шишин Д.А. К вопросу отделения семенной части урожая от стеблей // Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе: сб. науч. тр. ВНИИМЛ. Тверь, 2014. С.100–103.

¹⁸Смирнов Н.А., Лобачев А.А., Рымарь О.Н., Вакарчук С.И. Анализ работы аппаратов для отделения семян от стеблей при реализации технологий уборки льна-долгунца // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. Тверь, 2017. С. 213–216.

¹⁹Перепечаев А.Н., Карпунин В.И. О целесообразности разработки машины для доочеса семян // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвященной 70-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». 2017. С. 126–129.

²⁰Фадеев Д.Г. Классификация и анализ схем очесывающих аппаратов льноуборочных машин // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. Тверь, 2017. С. 224–235.

выделению семенной части рабочими органами осложняется ростом негативных показателей, влияющих на ленту льна-долгунца на различных этапах ее вылежки из соломки в тресту в процессе росяной мочки. Например, растянутость стеблей в ленте после льнокомбайна составляет 1,09 раза, а после ее оборачивания она возрастает до 1,21 раза. Аналогичная ситуация по коклю: стебли на корню имеют коэффициент вариации 3,44%, а после льноуборочного комбайна – 19,30% и более. После выполнения технологической операции оборачивания данный показатель увеличивается до 28,61% [12].

Подбор такой ленты и очес семенных коробочек грабельными рабочими органами при реализации раздельной технологии уборки осложняется еще и тем, что зона расположения коробочек находится с одной стороны ленты. Оператору льноуборочного комбайна необходимо управлять подборщиком-очесывателем так, чтобы очесывающий аппарат находился со стороны расположения семенных коробочек, что требует высокого уровня мастерства и большой сосредоточенности, поскольку зона ширины расположения семенных коробочек с семенами не превышает 30 см [13, 14].

Сложившаяся ситуация заложена в концептуально-технологической схеме извест-

ных устройств подборщиков-очесывателей с различными очесывающими рабочими органами, потенциально применяемых для реализации раздельной технологии уборки льна-долгунца (см. рис. 2). Согласно устоявшейся технологической схеме устройств, неочесанная лента льна-долгунца подбирается устройством I и подается к зоне действия зажимного транспортера II, который подводит неочесанную часть ленты в зону очесывающих органов III. Рабочие органы оказывают деформирующе-отрывающее воздействие на коробочки и отделяют семенную часть урожая от стебельной. Далее стебельная часть урожая подается зажимным транспортером к оборачивателю-лентоукладчику V для укладки ее на поверхность поля и дальнейшей вылежки до состояния тресты в условиях росяной мочки. При реализации очеса стебли от воздействия рабочих органов повреждаются и деформируются, что влечет за собой ускоренную вылежку до состояния тресты только той части стебля, которая попала в данную зону. При этом комлевая часть стеблей или совсем не получает деформирующих воздействий в зоне своего расположения IV, или получает путем их плющения или сдавливающего воздействия одной или двумя парами вальцовых рабочих органов, которые устанавливают дополни-

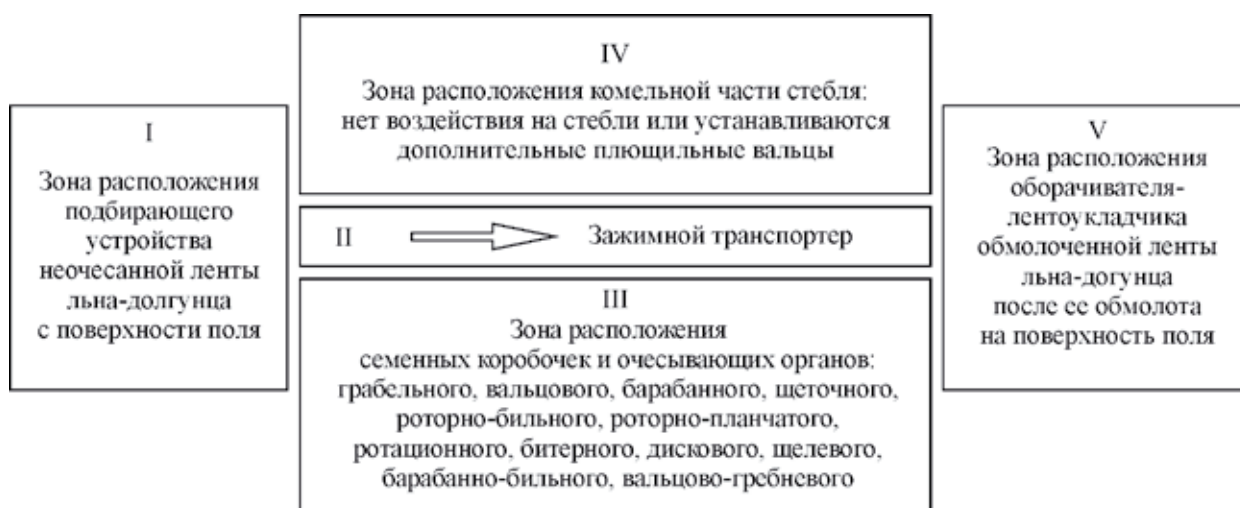


Рис. 2. Сложившаяся концептуальная схема подборщиков-очесывателей с молотильно-сепарирующим устройствами различных типов

Fig. 2. The established conceptual scheme of pickers-combers with threshing and separating devices of various types

тельно. Необходимо обеспечить работу дополнительного привода этих плющильных пар, согласовывающего их линейную скорость с линейной скоростью рабочей поверхности зажимного транспортера. В результате стебли по длине получают различное по характеру механическое воздействие, что приводит к снижению качества волокна, получаемого от такой тресты при дальнейшей ее переработке.

Наибольший интерес из всех рабочих органов, наряду с грабельными, представляют вальцовые рабочие органы. Для реализации раздельной технологии уборки льна-долгунца применяли навесные подборщики-очесыватели с вальцовыми рабочими органами, например подборщик-молотилка МЛН-1,0 конструкции ВИСХОМ и льно-подборщик-молотилка ЛМН-1,0. При эксплуатации машин с обрезающими вальцовыми рабочими органами отход стеблей в путанину отсутствует и стебли хорошо проплющиваются между вальцовыми парами, формируя благоприятные условия вылежки стеблей до состояния тресты²¹. Однако вальцы не проплющивают стебель по всей его длине, в результате вылежка в верхушечной части завершается раньше, чем в комлевой.

Решением этой проблемы может стать предлагаемая концептуальная технологическая схема вальцового молотильно-сепарирующего устройства (см. рис. 3)²².

Устройство работает следующим образом: после 7–10-дневной вылежки на поле неочесанная лента льна-долгунца (в соответствии с раздельной технологией уборки) поднимается подбирающим устройством I и подается в зону к МСУ вальцового типа II, где при прохождении ее между обрезающими вальцами 1, 2 происходит ее 4-кратное равномерное проплющивание и обмолачивание путем разрушения семенных коробочек по всей ширине ленты в зазорах между верхними и нижними вальцами. Устойчивость равномерного проплющивания ленты

между обрезающими вальцами обеспечивается усилием ее сжатия (не менее 16 кН) с самоцентрирующимся устройством 6 [15].

На всем пути ленты между обрезающими вальцами она надежно удерживается между верхней и нижней обрезающими бесконечными лентами 5, 7. При этом лента продувается в промежутках между вальцами направленным потоком воздуха вдоль направления стеблей из сопел 4 по направлению от комлевой части растений к верхушечной. Бесконечные верхние и нижние обрезающие ленты снабжены натяжными механизмами 3 и 8 для регулировки их натяжения. После обмолота лента подается к оборачивателю-лентоукладчику III и укладывается на поверхность поля для дальнейшей вылежки до состояния тресты. Вымолоченный семенной ворох от молотильно-сепарирующего устройства направляется в бункер-накопитель семенного вороха IV.

Предложенная базовая концептуальная технологическая схема реализации молотильно-сепарирующего устройства вальцового типа для подборщика-очесывателя предполагает обмолот коробочек в ленте льна-долгунца с одновременным равномерным проплющиванием стеблей по всей их длине в процессе обмолота между обрезающими вальцами. Данная схема формирует благоприятную ситуацию для дальнейшей равномерной вылежки стеблей во время росной мочки и создает условия для выхода волокна более высокого качества. При этом возникает возможность подбора лент и их обмолот вне зависимости от зоны расположения коробочек от направления движения агрегата по ленте. Кроме того, она также позволяет обмолачивать дезориентированные ленты, т.е. те, которые грабельные и роторные рабочие органы не имеют возможности очесывать из-за нарушения технологического процесса. Полученный семенной ворох практически не содержит путанины, а стебли не укорачиваются и не повреждаются.

²¹Каспарова С.А. Раздельная уборка льна-долгунца // Труды всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственного машиностроения. М.: ВИСХОМ, 1961. Вып. 32. С. 129–152.

²²Пат. 2597979, МПК А01F11/02 (Российская Федерация). Вальцовое молотильное устройство / Ю.В. Бурлаков; № 2015119862/13; заявл. 26.05.15; опубл. 20.09.16; Бюл. № 26.

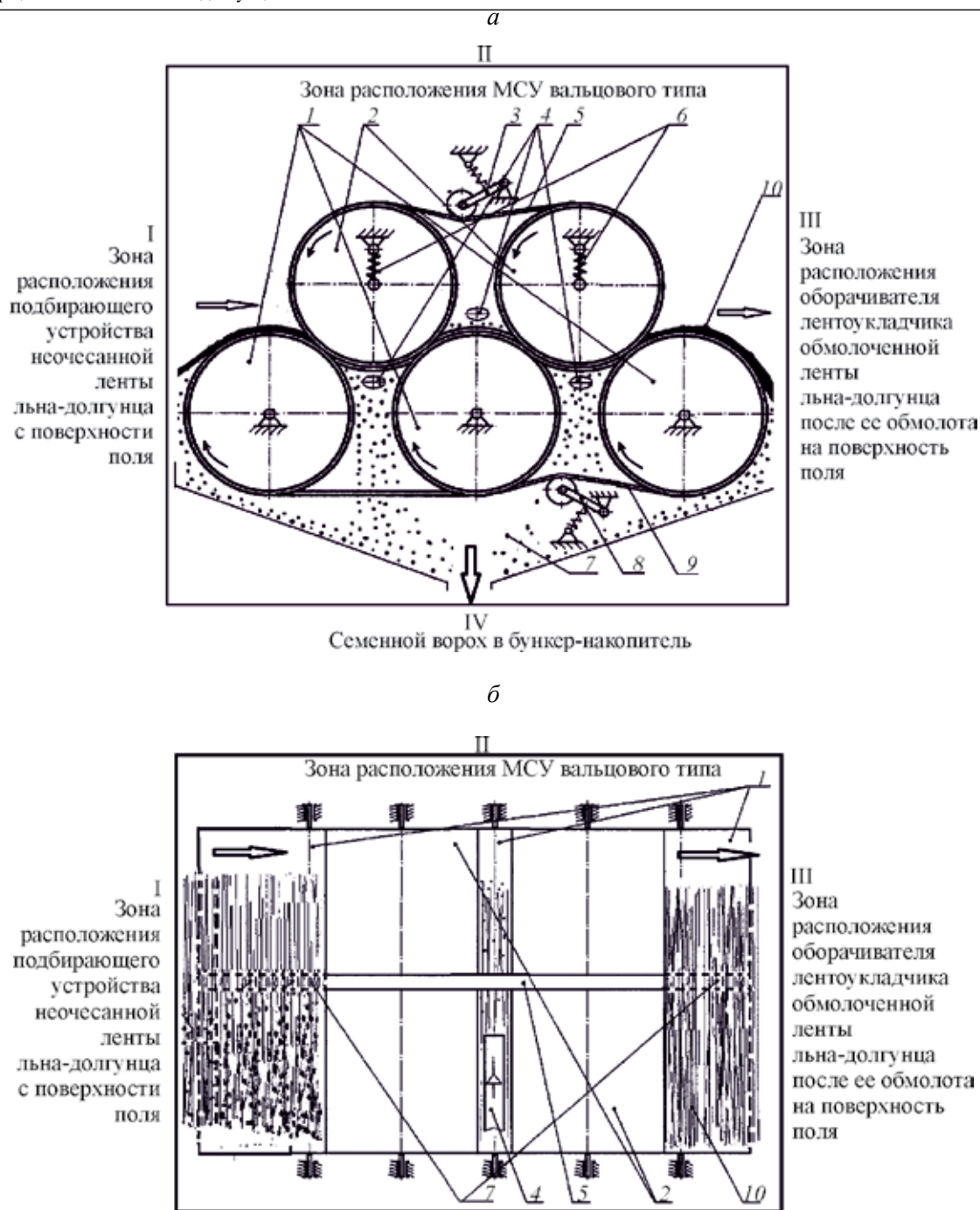


Рис. 3. Предлагаемая концептуальная схема базового молотильно-сепарирующего устройства вальцового типа для подборщика-очесывателя:

а – вид сбоку; *б* – вид сверху: 1 – нижние обрезиненные вальцы; 2 – верхние обрезиненные вальцы; 3 – натяжной механизм верхней бесконечной обрезиненной ленты; 4 – сопла для направленной подачи воздуха вдоль стеблей; 5 – бесконечная обрезиненная лента, объединяющая верхние обрезиненные вальцы; 6 – подпружиненный самоцентрирующийся прижимной механизм верхних обрезиненных вальцов; 7 – бесконечная обрезиненная лента, объединяющая нижние обрезиненные вальцы; 8 – натяжной механизм нижней бесконечной обрезиненной ленты; 9 – сборник семенной вороха; 10 – лента льна-долгунца

Fig. 3. The proposed conceptual scheme of the basic threshing and separating device of the roller type for the picker-comber, where: *a*) - side view; *b*) top view):

1 - lower rubberized rollers; 2 - upper rubberized rollers; 3 - tension mechanism of the upper infinite rubberized tape; 4 - nozzles for directional air supply along the stems; 5 - infinite rubberized tape uniting the upper rubberized rollers; 6 - spring-loaded self-centering clamping mechanism of the upper rubberized rollers; 7 - infinite rubberized tape uniting the lower rubberized rollers; 8 - tension mechanism of the lower infinite rubberized tape; 9 - seed pile collector; 10 - flax fiber tape

ВЫВОДЫ

1. При реализации раздельной технологии уборки льна-долгунца предлагаемый вариант базового молотильно-сепарирующего устройства вальцового типа формирует благоприятные условия для дальнейшей равномерной вылежки соломки в результате росяной мочки до состояния тресты по всей ширине обмолачиваемой ленты за счет равномерного проплющивания стеблей по всей длине.

2. Предлагаемый вариант обрезаемых вальцовых рабочих органов обеспечивает устойчивый технологический процесс обмолота ленты льна-долгунца с минимальным повреждением стебельной части урожая и отходом их в путанину.

3. Подборщик-очесыватель с предлагаемой базовой концептуальной схемой молотильно-сепарирующего устройства вальцового типа позволяет производить подбор и обмолот вне зависимости от ориентации семенной части урожая в ленте относительно направления движения уборочного агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко Я.Э. Льняной подкомплекс – основные тенденции и перспективы развития // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 53. С. 231–234. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14231.
2. Великанова И.В., Поздняков Б.А. Методы адаптации технологий уборки льна-долгунца к различным условиям производства // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 79–85. DOI: 10.35694.
3. Пучков Е.М., Великанова И.В., Попов Р.А. Принципы дифференциации системы машин для уборки льна-долгунца с учетом уровня интенсивности технологий // Аграрная наука. 2020. № 10. С. 107–111. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-342-10-107-111.
4. Ростовцев Р.А., Ушаповский И.В., Голубев И.Г., Мишуков Н.П. Машинно-технологическое обеспечение возделывания и переработки прядильных культур: монография. М.: Росинформагротех, 2020. 156 с.
5. Шаршунов В.А., Алексеенко А.С., Цайц М.В., Левчук В.А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки

льна // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 137–141.

6. Ковалев М.М., Козлов В.П. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория, расчет): монография. Тверь: Тверское областное книжно-журнальное издательство, 2002. 207 с.
7. Пашина Л.В., Пашин Е.Л. Исследование условий интенсификации процесса приготовления льняной стланцевой тресты // Владимирский земледелец. 2014. № 2–3. С. 30–32.
8. Ягелюк С.В. Украина особенности выращивания та уборки льна-долгунца // Товарознавчий вісник. 2012. № 5. С. 245–250.
9. Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А. Очесывающие аппараты льноуборочных машин (теория, конструкция, расчет): монография. М.: Издательство ВИМ, 2004. 240 с.
10. Черников В.Г. Машины для уборки льна (конструкция, теория и расчет). М.: ИНФРА-М, 1999. 209 с.
11. Шаршунов В.А., Алексеенко А.С., Цайц М.В., Левчук В.А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 174–180.
12. Петраченко Д.А., Коропченко С.П. Исследование динамики изменения основных качественных показателей ленты тресты льна-долгунца // Young Scientist. 2014. № 10. С. 189–191.
13. Зинцов А.Н. О взаимном расположении ленты растений льна-долгунца и очесывающего аппарата при раздельной уборке // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 3. С. 75–80. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-3-75-80.
14. Черников В.Г. Потери семян в зависимости от точности подачи ленты льна в камеру очеса // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 4. С. 14–15. DOI: 10.24411/0235-2451.
15. Бурлаков Ю.В. Использование вальцового молотильного устройства при обмолоте льна-долгунца // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 6. С. 115–123. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-13.

REFERENCES

1. Ovcharenko Ya.E. Flax subcomplex - main trends and development prospects. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya Saint-*

- Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 53, pp. 231–234. (In Russian). DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14231.
2. Velikanova I.V., Pozdnyakov B.A. Methods of adapting fiber flax harvesting technologies to different production conditions. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya = Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*, 2018, no. 3 (43), pp. 79–85. (In Russian). DOI: 10.35694.
 3. Puchkov E.M., Velikanova I.V., Popov R.A. Principles of differentiation of the system of machines for harvesting flax, taking into account the level of intensity of technologies. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2020, no. 10, pp. 107–111. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2020-342-10-107-111.
 4. Rostovtsev R.A., Ushchapovskii I.V., Golubev I.G., Mishurov N.P. *Machine-technological support of cultivation and processing of spinning crops: scientific ed.* Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2020, 156 p. (In Russian).
 5. Sharshunov V.A., Alekseenko A.S., Tsaitis M.V., Levchuk V.A. Analysis of mechanized technologies of harvesting and primary processing of flax. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2017, no. 2, pp. 137–141. (In Belarus).
 6. Kovalev M.M., Kozlov V.P. *Flax puller flattening machines (design, theory, calculation)*. Tver, Tver regional book and magazine publishing house, 2002, 207 p. (In Russian).
 7. Pashina L.V., Pashin E.L. Study of the conditions for the intensification of the flax dew retted straw preparation process. *Vladimirovskii zemledelets = Vladimir agriculturist*, 2014, no. 2-3, pp. 30–32. (In Russian).
 8. Yagelyuk S.V. Ukraine features of growing and harvesting flax. *Tovaroznachii visnik = Commodity Science Bulletin*, 2012, no. 5, pp. 245–250. (In Ukraine).
 9. Chernikov V.G., Porfir'ev S.G., Rostovtsev R.A. *Combing machines of flax harvesting machines (theory, design, calculation)*. Moscow, Publishing house VIM, 2004, 240 p. (In Russian).
 10. Chernikov V.G. *Flax harvesting machines (design, theory and calculation)*. Moscow, INFRA-M Publ., 1999, 209 p. (In Russian).
 11. Sharshunov V.A., Alekseenko A.S., Tsaitis M.V., Levchuk V.A. Analysis of devices for separating flax seeds from stems. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2017, no. 4, pp. 174–180. (In Belarus).
 12. Petrachenko D.A., Koropchenko S.P. Investigation of the dynamics of changes in the main qualitative indicators of the flax-dolggunets trust tape. *Young Scientist*, 2014, no. 10, pp. 189–191. (In Russian).
 13. Zintsov A.N. The relative position of the flax plant strip and stripping apparatus during separate cleaning. *Traktory i sel'khozmashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2020, no. 3, pp. 75–80. (In Russian). DOI: 10.31992/0321-4443-2020-3-75-8015.
 14. Chernikov V.G. Seed losses depending on the accuracy of the feed of the flax tape into the combing chamber. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2007, no. 4, pp. 14–15. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451.
 15. Burlakov Yu.V. Using the roller threshing device for threshing fiber flax. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, no. 6, pp. 115–123. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-13.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Бурлаков Ю.В.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: yura011@yandex.ru

Чемоданов С.И., старший научный сотрудник; e-mail: sichsibime@yandex.ru

Бурлакова С.В., старший научный сотрудник; e-mail: svetaburlakova@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Yury V. Burlakov**, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: yura011@yandex.ru

Sergey I. Chemodanov, Senior Researcher; e-mail: sichsibime@yandex.ru

Svetlana V. Burlakova, Senior Researcher; e-mail: svetaburlakova@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.10.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.11.2022

Дата публикации / Published 20.02.2023

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ПОСЕВЕ НА ГЛУБИНУ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

✉ Яковлев Д.А.¹, Беляев В.И.¹, Поляков Г.Н.²

¹Алтайский государственный аграрный университет

Барнаул, Россия

²Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского

Иркутск, Россия

✉ e-mail: dyagro@yandex.ru

Приведена оценка глубины заделки семян зерновых культур после посева агрегатами, оборудованными анкерными и лаповыми типами сошников, в условиях различной влажности почвы степной зоны Сибири. Исследования проведены с 2018 по 2021 г. в степной зоне Алтайского края. Влажность почвы определяли при помощи электронного влагомера HH-2 фирмы Delta-T Devices, принцип работы которого основан на измерении электропроводности почвы. Глубину заделки семян определяли по этиолированной (осветленной) части растений. При сравнении результатов принята величина стандартных отклонений от среднего значения глубины заделки семян, поскольку по принципу оценки она соответствует агротехническим требованиям к посеву. Проанализированы найденные в диапазоне влажности почвы от 12 до 40% стандартные отклонения от глубины заделки семян после посева орудиями, оборудованными анкерными и лаповыми типами сошников. Стандартные отклонения от средней определенной глубины заделки семян сведены в диаграммы рассеяния. Все отклонения от глубины заделки после посева данными сошниками находились в допустимых пределах изменений агротехнических требований, которые составляют ± 10 мм. Установлена взаимосвязь отклонений от средней глубины заделки семян и влажности почвы на момент посева. Уравнения связи данных показателей имеют высокую значимость, что подтверждается высокими коэффициентами детерминации. Данные уравнения позволят сельхозтоваропроизводителям степной зоны Алтайского края при знании влажности почвы на момент посева спрогнозировать его качественную составляющую после всходов, поскольку равномерность распределения семян по глубине заделки влияет на урожайность культур.

Ключевые слова: глубина заделки, анкерный сошник, лаповый сошник, влажность почвы, степная зона Сибири

EVALUATING THE EFFECT OF SOIL MOISTURE DURING SOWING ON THE DEPTH OF CEREAL CROPS SEEDING

✉ Yakovlev D.A.¹, Belyaev V.I.¹, Polyakov G.N.²

¹Altai State Agricultural University

Barnaul, Russia

²Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky

Irkutsk, Russia

✉ e-mail: dyagro@yandex.ru

Evaluation of the depth of seeding cereal crops after sowing by units equipped with tyne coulters and tine cultivators under different soil moisture conditions in the steppe zone of Siberia is given. The studies were conducted from 2018 to 2021 in the steppe zone of the Altai Territory. Soil moisture was determined using an HH-2 electronic moisture meter from Delta-T Devices, the principle of operation of which is based on measuring the electrical conductivity of the soil. The depth of seed placement was determined by the etiolated (clarified) part of the plants. When comparing the results, the value of standard deviations from the average value of seed placement depth was taken, because according to the principle of evaluation it corresponds to the agrotechnical requirements for sowing. The standard deviations from the seed placement depth after sowing by the machines equipped with tyne coulters and tine cultivators found in the soil moisture range from 12 to 40% were analyzed. Standard deviations from the average defined seed placement depth are summarized in scatter

diagrams. All deviations from the depth of placement after sowing with these coulters were within the acceptable limits of changes in agrotechnical requirements, which are ± 10 mm. The relationship between deviations from the average depth of seeding and soil moisture at the time of sowing was established. Relationship equations of these indicators are highly significant, as evidenced by high coefficients of determination. These equations will allow agricultural producers of the steppe zone of the Altai Territory with knowledge of soil moisture at the time of sowing to predict its quality component after sprouting, since the uniformity of seed distribution on the depth of seeding affects the crop yield.

Keywords: sowing depth, tyne coulters, tine cultivator, soil moisture, Siberian steppe zone

Для цитирования: Яковлев Д.А., Беляев В.И., Поляков Г.Н. Оценка влияния влажности почвы при посеве на глубину заделки семян зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 104–110. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-13>

For citation: Yakovlev D.A., Belyaev V.I., Polyakov G.N. Evaluating the effect of soil moisture during sowing on the depth of cereal crops seeding. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 104–110. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-13>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия степной зоны Сибири, занимающиеся растениеводством, используют различные сеялки и посевные комплексы для посева зерновых культур. Принципиальным отличием данных орудий между собой является тип основных рабочих органов – сошников, которые чаще всего бывают дискового, анкерного и лапового типа. По распространенным данным, подтвержденным Министерством сельского хозяйства по Алтайскому краю, в связи с массовым переходом аграриев на ресурсосберегающие технологии посева чаще всего стали использоваться посевные орудия, оборудованные анкерными и лаповыми сошниками, реализующие нулевые и минимальные технологии посева соответственно. В связи с этим нами рассмотрены именно эти типы рабочих органов [1, 2].

Среди земледельцев бытуют различные мнения и споры по поводу предпочтительности использования каждого из типов сошников в определенных условиях эксплуатации посевных агрегатов. Одними из основных критериев выбора в данном случае являются такие показатели, как тяговое сопротивление, соответственно и расход топлива посевных агрегатов [3–6].

Например, при работе в условиях повышенной влажности почвы лаповые сошники за счет большей площади сопротивления испытывают большее тяговое сопротивление, анкерные за счет меньшей площади – меньшее, что также отражается на качестве посева. По многочисленным данным известно, что влажность – одно из важнейших свойств почвы, оказывающих влияние на качество посева, которое может изменяться в широком диапазоне в период посевной [7–14].

Для объективной оценки качества посева существует множество показателей, обозначенных в агротехнических требованиях, предъявляемых к посеву. Равномерность распределения семян по глубине заделки – одно из наиболее значимых требований, оказывающее влияние на итоговую урожайность зерновых культур.

Цель исследования – обосновать выбор типа сошников с точки зрения равномерности распределения семян по глубине при работе посевных агрегатов в условиях различной влажности почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для оценки почвенных влагозапасов перед посевом зерновых культур с 2018 по 2021 г. на большом количестве полей (около 300) в хозяйствах, расположенных в степной

зоне Алтайского края, проведены измерения влажности почвы. Тип почв, на которых проводили исследования, – южный чернозем. После посевной, на тех полях, где измеряли влажность почвы, определяли глубину заделки семян для установления качественной составляющей посева.

Исследования проводили на полях после посева сеялками и посевными комплексами, оборудованными анкерными и лаповыми сошниками (см. рис. 1). Чаще всего посев осуществляли такими посевными орудиями, как ПК Кузбасс и ПК Кузбасс-А, СЗС 2.1, СКП 2.1 «Омичка», ПК FeatAgro серии

L и A, Agromaster Agrator и Agrator Ancer, Amazone Primera DMC и Condor, John Deere 1830 и 1870, Morris Concept 2000 и др.

Влажность почвы в слое от 0 до 100 мм определяли при помощи электронного влагомера НН-2 фирмы Delta-T Devices, принцип работы которого основан на измерении электропроводности почвы (см. рис. 2).

Глубину заделки семян определяли по этиолированной (осветленной) части растений (см. рис. 3)¹ [15].

Глубину заделки семян после посева орудиями с анкерными и лаповыми сошниками определяли в условиях широкого диапазона изменения влажности почвы от 10 до 40%.



Рис. 1. Вид исследуемых анкерных и лаповых типов сошников

Fig. 1. Type of researched tyne coulters and tine cultivators



Рис. 2. Электронный влагомер почвы НН-2 Delta-T Devices

Fig. 2. Electronic soil moisture meter HH-2 Delta-T Devices



Рис. 3. Исследуемые растения

Fig. 3. The plants under study

¹Гатаулина, Г. Г., Обьедкова М.Г. Практикум по растениеводству. М.: Колос, 2000. 215 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чтобы проследить логику процесса и выяснить, насколько значения отличаются от среднего, принята величина стандартных отклонений, позволяющая в соответствии с агротехническими требованиями объективно сравнивать данный показатель.

При анализе полученных экспериментальных данных найдены стандартные отклонения от среднего значения глубины заделки семян для каждого случая, соответствующего конкретному полю и посевному агрегату.

Выборка была достаточно обширной и составляла около 300 значений, поэтому стандартные отклонения от средней определенной глубины заделки семян сведены в диаграммы рассеяния (см. рис. 4 и 5).

Точки, отражающие на диаграммах величину стандартного отклонения от средней глубины заделки семян, соответствуют влажности почвы в момент посева на данном поле, где отобраны растения.

Из данных диаграмм видно, что посев проведен в широком диапазоне влажности почвы. Большее количество точек на диаграмме с лаповыми сошниками свидетельствует, что в рамках данной выборки преобладали посевные орудия с этими сошниками (см. рис. 5).

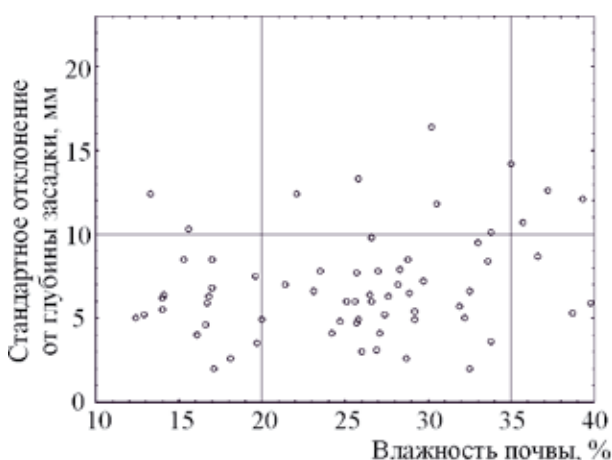


Рис. 4. Диаграмма рассеяния стандартных отклонений от глубины заделки семян после посева анкерными сошниками

Fig. 4. Scatter diagram of standard deviations from the seed placement depth after sowing with tine coulters

Данные диаграммы в будущем позволят определить диапазон влажности почвы при посеве анкерными или лаповыми сошниками, в котором чаще всего проводят посев. Оптимальный диапазон для посева, с точки зрения соблюдения агротехнических требований, будет там, где стандартные отклонения от глубины заделки наиболее низкие.

Весь диапазон влажности почвы от 10 до 40%, входивший в наши исследования, разбит на шесть интервалов, величина каждого интервала составляла 5%. Значения отклонений от глубины заделки семян и соответствующие им значения влажности почвы, попадающие в каждый из интервалов, усреднены для облегчения процедуры анализа данных (см. рис. 6 и 7).

Для посевных орудий с анкерными сошниками взаимосвязь отклонений от глубины заделки семян (y) и влажности почвы (x) описывается следующим уравнением:

$$y = 0,0119x^2 - 0,4979x + 11,641. \quad (1)$$

Уравнение (1) имеет высокую значимость, чему соответствует коэффициент детерминации $R^2 = 0,95$.

После посева анкерными сошниками в диапазоне влажности почвы от 12 до 39% стандартные отклонения от глубины заделки

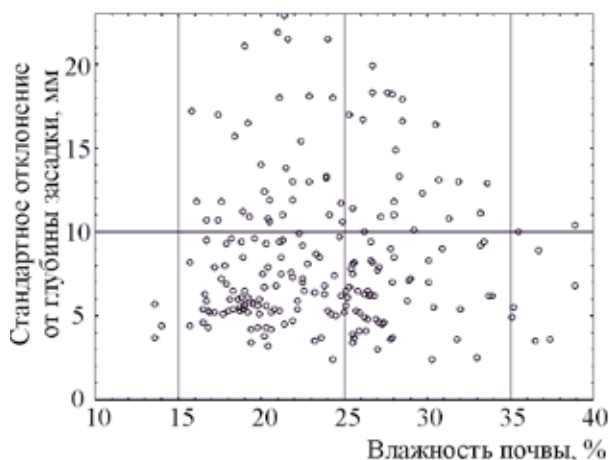


Рис. 5. Диаграмма рассеяния стандартных отклонений от глубины заделки семян после посева лаповыми сошниками

Fig. 5. Scatter diagram of standard deviations from the seed placement depth after sowing with disc coulters

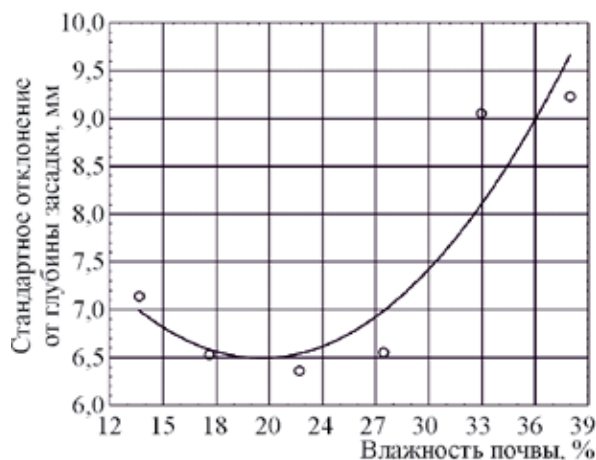


Рис. 6. Зависимость отклонений глубины заделки семян от влажности почвы после посева анкерными сошниками

Fig. 6. Dependence of seeding depth deviations on soil moisture after sowing with tyne coulters

изменялись от 6 до 10 мм. Наименьшим стандартным отклонением от глубины заделки при определенной в 44,7 мм средней глубине зафиксировано отклонение 6,4 мм, полученное при посеве в почву влажностью 21%, наибольшим (9,25 мм) – влажностью 38%.

Для посевных орудий с лаповыми сошниками взаимосвязь отклонений от глубины заделки семян и влажности почвы описывается следующим уравнением:

$$y = 0,001x^2 - 0,0091x + 8,2782. \quad (2)$$

Уравнение (2) также имеет высокую значимость при достаточно высоком коэффициенте детерминации $R^2 = 0,84$.

После посева лаповыми сошниками в диапазоне влажности почвы от 12 до 39% стандартные отклонения от глубины заделки изменялись от 8 до 10 мм. Наименьшим стандартным отклонением от глубины заделки при определенной в 44,9 мм средней глубине зафиксировано отклонение 8,15 мм, полученное при посеве в почву влажностью 14%, наибольшим (9,35 мм) – влажностью 37%.

Также из данных графиков следует, что стандартное отклонение глубины заделки в данных случаях находится в пределах допустимых изменений агротехнических требований, предъявляемых к посеву зерновых – ± 10 мм.

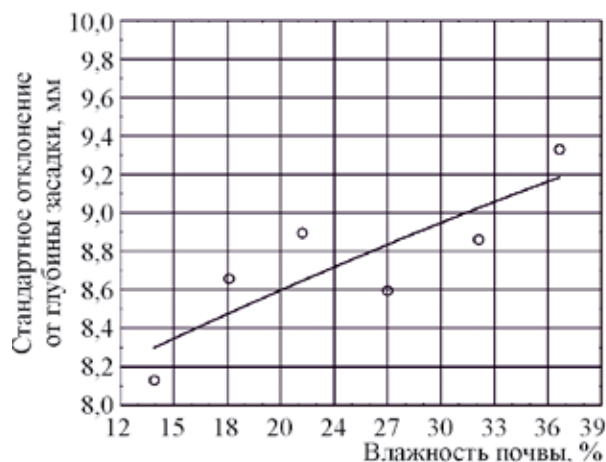


Рис. 7. Зависимость отклонений глубины заделки семян от влажности почвы после посева лаповыми сошниками

Fig. 7. Dependence of seeding depth deviations on soil moisture after sowing with tine cultivators

ВЫВОДЫ

1. Полученные диаграммы рассеяния создают предпосылки к определению агротехнически оптимального уровня влажности почвы для посева орудиями, оборудованными анкерными и лаповыми сошниками.

2. Уравнения связи отклонений от глубины заделки семян и влажности почвы при посеве зерновых культур, полученные для посевных орудий, оборудованных анкерными и лаповыми сошниками, в будущем позволят сельхозтоваропроизводителям степной зоны Алтайского края при знании влажности почвы на момент посева спрогнозировать его качественную составляющую после всходов.

3. Качество посева в значительной степени может оказывать влияние на итоговую урожайность культур, поэтому в будущем исследования данного направления в разрезе регионов с другими почвенно-климатическими условиями по-прежнему будут представлять интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harker K.N., O' Donovan J.T., Blackshaw R.E., Johnson E.N., Lafond G.P., May W.E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed

- quality // *Canadian Journal of Plant Science*. 2012. N 92 (4). P. 795–802. DOI: 10.4141/cjps2011-189.
2. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems // *Rainfed Farming Systems*. London; New York: Springer. 2011. P. 991–1014. DOI:10.1007/978-1-4020-9132-2_39.
 3. Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Оценка и выбор машинно-тракторных агрегатов при культивации по энергетическим затратам // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. Т. 52. № 1. С. 70–80. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-1-8.
 4. Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Выбор типа высевашающего аппарата комбинаторным методом // *Наука в Центральной России*. 2022. № 1 (55). С. 5–13. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-5-13.
 5. Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чекусов М.С., Чернышов А.П. Методика обоснования технических средств для возделывания зерновых культур // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. Т. 52. № 3. С. 97–106. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-11.
 6. Яковлев Д.А., Беляев В.И. Энергооценка работы посевных агрегатов в условиях различного увлажнения почв // *Вестник НГИЭИ*. 2021. № 9 (124). С. 18–27. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-9-18-27.
 7. Яковлев Д.А., Беляев В.И. Теоретическое обоснование параметров и режимов работы посевных агрегатов в условиях различного увлажнения почв // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2021. Т. 13. № 3. С. 128–134. DOI: 10.36508/RSATU.2021.20.48.018.
 8. Яковлев Н.С., Цегельник А.П., Черных В.И. Качество обработки почвы в зависимости от размера культиваторных лап, скорости агрегата и влажности почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 4 (250). С. 97–104.
 9. Яковлев Н.С., Синещев В.Е., Маркин В.В. Анализ систем зяблевой обработки почвы под зерновые культуры // *Вестник НГИЭИ*. 2021. № 4 (119). С. 5–20. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-5-20.
 10. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers // *Soil and Tillage Research*. 2014. N 140. P. 48–54. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.011.
 11. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method // *Journal Terramechanics*. 2011. N 48 (5). P. 347–358. DOI: 10.1016/j.jterra.2011.08.003 9.
 12. Мударисов С.Г., Шарафутдинов А.В., Фархутдинов И.М. Повышение равномерности распределения семян горизонтальным распределителем зерновой пневматической сеялки // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (51). С. 131–136. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-50-2-131-136.
 13. Галлямов Ф.Н., Шарафутдинов А.В., Пятаев М.В. Разработка систем контроля высева семян для зерновых сеялок // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2020. № 3 (55). С. 99–107. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-99-107.
 14. Шинделов А.В., Иванов Н.М. Инженерно-экологическое обеспечение борьбы с сорной растительностью // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. № 3. С. 5–13. DOI: 10.22314/20737599-2019-13-3-18-23.
 15. Болоев П.А., Поляков Г.Н., Шуханов С.Н. Оценка глубины заделки семян зерновых культур посевными комплексами // *Пермский аграрный вестник*. 2016. № 3 (13). С. 45–50.

REFERENCES

1. Harker K.N., O'Donovan J.T., Blackshaw R.E., Johnson E.N., Lafond G.P., May W.E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed quality. *Canadian Journal of Plant Science*, 2012, no. 92 (4), pp. 795–802. DOI: 10.4141/cjps2011-189.
2. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems. *Rainfed Farming Systems*. London; New York: Springer, 2011, pp. 991–1014. DOI: 10.1007/978-1-4020-9132-2_39.
3. Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Evaluation and selection of machine-tractor units during cultivation by energy costs. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1,

- pp. 70–80. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-1-8.
4. Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Selection of the type of seeding apparatus by the combinatorial method. *Nauka v Zentralnoi Rossii = Science in the Central Russia*, 2022, no. 1 (55), pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-5-13.
 5. Yakovlev N.S., Rasomahin G.K., Chekusov M.S., Chernyshov A.P. Technical equipment justification methodology for the cultivation of grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 97–106. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-11.
 6. Yakovlev D.A., Belyaev V.I. Seeder energy rating in various soil moisturization conditions. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2021, no. 9 (124), pp. 18–27. (In Russian). DOI: 10.24412/2227-9407-2021-9-18-27.
 7. Yakovlev D.A., Belyaev V.I. Seeding units parameters and operating modes theoretical justification in different soil moisture conditions. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*, 2021, vol. 13, no. 3, pp. 128–134. (In Russian). DOI: 10.36508/RSATU.2021.20.48.018.
 8. Yakovlev N.S., Tsegelnik A.P., Chernykh V.I. Tillage quality depending on hoe size, unit's speed and soil moisture. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 4 (250), pp. 97–104. (In Russian).
 9. Yakovlev N.S., Sineshekov V.E., Markin V.V. Analysis of ways to processing the soil for cereals culture. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2021, no. 4 (119), pp. 5–20. (In Russian). DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-5-20.
 10. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. *Soil and Tillage Research*, 2014, no. 140, pp. 48–54. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.011.
 11. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method. *Journal Terramechanics*, 2011, no. 48 (5), pp. 347–358. DOI: 10.1016/j.jterra.2011.08.003 9.
 12. Mudarisov S.G., Sharafutdinov A.V., Farkhutdinov I.M. More precise seed placement with a horizontal seed spreader of an air planter. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*, 2019, no. 2 (50), pp. 131–136. (In Russian). DOI: 10.31563/1684-7628-2019-50-2-131-136.
 13. Gallyamov F.N., Sharafutdinov A.V., Pyatayev M.V. Development of seeding control systems for grain drills and sowing machines. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*, 2020, no. 3 (55), pp. 99–107. (In Russian). DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-99-107.
 14. Shindelov A.V., Ivanov N.M. Engineering and Environmental Support for Weed Control. *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2019, vol. 13, no. 3, pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.22314/20737599-2019-13-3-18-23.
 15. Boloev P.A., Poliakov G.N., Shukhanov S.N. Estimation of grain crops seeding-down depth with sowing systems. *Permskij agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2016, no. 3 (13), pp. 45–50. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яковлев Д.А.**, кандидат технических наук, старший преподаватель; **адрес для переписки:** Россия, 656049, Барнаул, пр-т Красноармейский, 98; e-mail: dyagro@yandex.ru

Беляев В.И., доктор технических наук, профессор; e-mail: prof-belyaev@ya.ru

Поляков Г.Н., кандидат технических наук, доцент; e-mail: SXM1953@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Daniil A. Yakovlev**, Candidate of Science in Engineering, Senior Lecturer; **address:** 98, Krasnoarmeisky Boulevard, Barnaul, 656049, Russia; e-mail: dyagro@yandex.ru

Vladimir I. Belyaev, Doctor of Science in Engineering, Professor; e-mail: prof-belyaev@ya.ru

Gennady N. Polyakov, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; e-mail: SXM1953@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.11.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.01.2023
Дата публикации / Published 20.02.2023



ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ ПО ПЕРЕВОДУ ВЕТЕРИНАРНОЙ СЛУЖБЫ НА ПЛАТНЫЕ ВЕТЕРИНАРНЫЕ УСЛУГИ

✉ Юшкова Л.Я.¹, Донченко Н.А.¹, Донченко А.С.¹, Рожков О.А.²

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

²Управление ветеринарии Новосибирской области
Новосибирск, Россия

✉ email: iushkova.l@yandex.ru

Представлены материалы по истории разработки документов и опыт работы ветеринарной службы по совершенствованию государственного ветеринарного надзора за безопасностью продукции животного происхождения в новых экономических условиях. Многолетний опыт ветеринарного обеспечения животноводства выявил ряд существенных недостатков в постановке ветеринарного дела: отсутствие надлежащих условий для работы ветеринарных специалистов госветсети и хозяйств; несовершенство оплаты труда, зарплата ветеринарных специалистов не зависит от уровня их профессиональной подготовки, сложности и качества выполнения работы; недостаточная материально-техническая обеспеченность; слабая правовая защищенность; несовершенство законодательства по ветеринарии; отвлечение специалистов для выполнения других не свойственных их профессии хозяйственных работ; отсутствие нормальных социально-бытовых условий. Все это приводит к потере престижа профессии ветеринарного работника, оттоку ветеринарных специалистов в другие сферы производства. Отсюда низкая обеспеченность кадрами ветеринарных учреждений и хозяйств. Учеными и ветеринарными специалистами Новосибирска проделана работа по поиску таких форм организации ветеринарного обслуживания животноводства. Предложена система организации хозрасчетных объединений, которые могут эффективно функционировать во всех категориях хозяйств. Разработаны необходимые руководящие документы для организации и их последующей практической деятельности. Опыт работы хозрасчетных ветеринарных объединений в ряде районов показал, что производительность труда возросла в 1,5–2,0 раза, увеличилась нагрузка на одного ветеринарного специалиста, соответственно возросла заработная плата. Проведенная работа доказала необходимость совершенствования деятельности государственной ветеринарной службы в условиях экономических реформ.

Ключевые слова: научно-технический совет, ветеринарные специалисты, новые формы, экономические взаимоотношения

HISTORY OF DOCUMENT DEVELOPMENT ON THE TRANSFER OF ANIMAL HEALTH OFFICE TO FEE-BASED VETERINARY SERVICES

✉ Yushkova L.Ya.¹, Donchenko N. A.¹, Donchenko A.S.¹, Rozhkov O.A.²

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

²The Veterinary Department of the Novosibirsk Region
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: iushkova.l@yandex.ru

The materials on the history of the development of documents and the experience of the veterinary service to improve the state veterinary inspection over the safety of products of animal origin in the

new economic conditions are presented. Many years of experience in veterinary support of cattle breeding revealed a number of significant shortcomings in the organization of veterinary business: lack of adequate conditions for the work of veterinary specialists of the state veterinary network and farms; imperfect remuneration of labor, veterinary specialists' salary does not depend on the level of their professional training, complexity and quality of work; lack of material and technical support; weak legal protection; imperfect legislation on veterinary services, diversion of specialists to perform unrelated to their profession labor activities, and lack of normal social and living conditions. All this leads to the loss of prestige of the veterinary profession, the outflow of veterinary professionals to other areas of production. Hence the low staffing of veterinary institutions and farms. Scientists and veterinary specialists of Novosibirsk have done work on the search for such forms of organization of veterinary services for cattle breeding. The system of organization of self-supporting associations which can effectively operate in all categories of farms is proposed. The necessary guiding documents for the organization and their subsequent practice have been developed. The experience of self-supporting veterinary associations in a number of districts showed that labor productivity increased by 1.5-2 times, the workload per veterinary specialist increased and the salary increased accordingly. The work carried out has proved the need to improve the activities of the state veterinary service in the context of economic reforms.

Keywords: scientific and technical council, veterinary specialists, new forms, economic relations

Для цитирования: Юшкова Л.Я., Донченко Н.А., Донченко А.С., Рожков О.А. История разработки документов по переводу ветеринарной службы на платные ветеринарные услуги // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 111–120. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-14>

For citation: Yushkova L.Ya., Donchenko N.A., Donchenko A.S., Rozhkov O.A. History of document development on the transfer of Animal Health Office to fee-based veterinary services. *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 111–120. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-14>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

На заседании ученого совета Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (ИЭВСиДВ) (Новосибирск) от 10 мая 1990 г. были обсуждены разработка системы и нормативные документы по переводу ветеринарных учреждений и ветеринарной службы на полный хозяйственный расчет и самофинансирование. Положение и нормативные документы по переводу лабораторий ветеринарно-санитарной экспертизы на рынках было решено одобрить и представить их в Главное управление ветеринарии при Государственной комиссии Совета министров СССР по продовольствию и закупкам¹.

На заседания Научно-технического совета при Государственной комиссии Совета

министров СССР по продовольствию и закупкам в секции по ветеринарии (протокол № 4 от 21.09.90)² присутствовали Г.Ф. Коромыслов, В.П. Шишков, А.С. Бессонов, Д.Ф. Осидзе, А.Д. Третьяков, В.П. Карев, Ф. Курченко, М.А. Сидоров, В.И. Костырин, А.И. Малыгин, М.Г. Таршис, Ч.И. Дулинец, а также от организаций при Госкомиссии известные ученые и специалисты: О.З. Исхаков, Ю.Е. Шатохин, Е.Г. Андреева (Главк ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия РСФСР), С.И. Джупина, Л.Я. Юшкова (ИЭВСиДВ), А.И. Лапшин, В.П. Яжмин (Союззоветснабпром), В.А. Гарькавцев (журнал «Ветеринария»), В.В. Винокуров (Всероссийский научно-исследовательский институт вете-

¹Внедрить новые формы ветеринарного обслуживания животных в пяти хозяйствах трех районов Новосибирской области: отчет НИР 1995 г. СО РАСХН, ИЭВСиДВ. Новосибирск, 1995. 43 с.

²Протокол заседания Научно-технического совета при Государственной комиссии Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам (секция ветеринарии) № 4 от 21.09.90. Москва.

ринарной санитарии, гигиены и экологии (ВНИИВСГЭ)), П.А. Чулков (Всероссийский государственный научно-исследовательский институт контроля, стандартизации и сертификации ветеринарных препаратов (ВГНКИ ветпрепаратов)), В.Ф. Воскобойник (Московская ветеринарная академия (МВА)), В.М. Пухов (Всероссийский научно-исследовательский институт гельминтологии им. К.И. Скрябина (ВИГИС)), Н.А. Сергеев, О.Н. Гончаров (Мособлагропром) и др.

Мы подробно остановились на присутствующих, чтобы подчеркнуть важность заседания и принятие решения обсуждаемых документов.

По вопросу организации обслуживания животноводства ветеринарными хозрасчетными объединениями в Новосибирской области выступил директор ИЭВСиДВ, доктор ветеринарных наук С.И. Джупина, содокладчиком – начальник объединения ветеринарии Новосибирской области А.И. Лапшин.

В докладе было заявлено следующее.

Многолетний опыт ветеринарного обеспечения животноводства выявил ряд существенных недостатков в постановке ветеринарного дела:

- отсутствие надлежащих условий для работы ветеринарных специалистов госветсети и хозяйств;
- несовершенство оплаты труда;
- зарплата ветеринарных специалистов не зависит от уровня их профессиональной подготовки, сложности и качества выполнения работы;
- недостаточная материально-техническая обеспеченность;
- слабая правовая защищенность;
- несовершенство законодательства по ветеринарии;
- отвлечение специалистов для выполнения других, не свойственных их профессии хозяйственных работ;
- отсутствие нормальных социально-бытовых условий.

Все это приводит к потере престижа профессии ветеринарного работника, оттоку ветеринарных специалистов в другие сферы производства. Отсюда низкая обеспечен-

ность кадрами ветеринарных учреждений и хозяйств. В связи с принятием в СССР ряда законов (о кооперации, о государственных предприятиях, об индивидуальной трудовой деятельности, о малых предприятиях и др.), созданием в стране многоукладного агропромышленного производства, переходом на рыночные отношения, формированием зон свободного предпринимательства, расширением внешнеэкономических связей возникла необходимость поиска новых форм экономических взаимоотношений между ветеринарной службой и обслуживаемыми хозяйствами. Институтом экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока проделана работа по поиску таких форм организации ветеринарного обслуживания животноводства. Предложена система организации хозрасчетных объединений, которые могут эффективно функционировать во всех категориях хозяйств. Разработаны необходимые руководящие документы для организации и последующей их практической деятельности. Опыт работы хозрасчетных ветеринарных объединений в ряде районов Новосибирской, Куйбышевской и других областей РСФСР показал, что производительность труда возросла в 1,5–2,0 раза, увеличилась нагрузка на одного ветеринарного специалиста, соответственно возросла и заработная плата.

По обсуждаемому вопросу выступили О.З. Исхаков, В.П. Шишков, В.В. Винокуров, А.Д. Третьяков, В.И. Касюк. В ходе обмена мнениями выступающие высказались за широкое развитие разнообразных форм ветеринарной деятельности, включая хозрасчетные объединения, учреждения и организации государственной ветеринарной службы, частнопрактикующих ветеринарных врачей по индивидуальным лицензиям или занимающихся лечебной работой, объединенных в кооперативы, малые предприятия или иные объединения. При этом участники совещания особое внимание обращали на необходимость сохранения государственной ветслужбы и придания ей особых полномочий в решении общесоюзных задач, а также в осуществлении государственного надзора за соблюдением ветеринарного за-

конодательства во всех звеньях агропромышленного комплекса ведомственными ветеринарными службами, хозрасчетными объединениями, кооперативами и частнопрактикующими врачами с установлением лицензирования их деятельности.

Секция Научно-технического совета постановила:

- одобрить представленные ИЭВСиДВ материалы по организации хозрасчетных ветеринарных объединений по обслуживанию хозяйств, а также опыт их работы в ряде районов Новосибирской и других областей РСФСР;

- рекомендовать ветеринарным службам союзных республик, областей, краев и районов изучить предлагаемый опыт работы указанных объединений по обслуживанию хозяйств, а также районных ветеринарных объединений, действующих в Куйбышевской области РСФСР;

- создать в каждой области, крае и АССР модельные районы и на их базе организовать стажировку ветеринарных специалистов всех уровней по дальнейшему внедрению его в практику;

- просить ИЭВСиДВ (С.И. Джупина, Л.Я. Юшкова), ВНИИВС (В.В. Винокуров) до 01.12.90 представить в Главное управление ветеринарии комментарии и рекомендации к действующим законам Союза ССР (о кооперации, об индивидуальной трудовой деятельности, о малых предприятиях и др.) о порядке их использования в ветеринарии при организации различных форм ветеринарной деятельности;

- просить Отделение ветеринарной медицины ВАСХНИЛ сформировать состав секции по экономике и организации ветеринарного дела;

- рекомендовать ветеринарным службам союзных республик провести совещания-семинары по совершенствованию структуры государственной ветслужбы и созданию хозрасчетных ветеринарных учреждений.

В 1993 г. 12 января прошло заседание Научно-технического совета Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. На заседании совета присутствовали представители около 70 организаций и известные ученые³: В.М. Авилов, В.И. Антонов, Ч.К. Авылов, Л.П. Башкатов, Н.В. Блынская, И.Е. Вильямс, А.С. Герасимов, С.В. Захаров, Б.А. Кобзев, В.А. Никитенко, В.П. Новгородов, В.Ф. Пылинин, О.И. Сухарев, Ю.Е. Шатохин (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации); А.Т. Болдырев (Республиканский эпизоотический отряд Главветуправления МСХ РФ); Т.И. Козыренко, В.И. Косенко (Республиканская научно-производственная ветеринарная лаборатория); В.К. Щербинин (Россвинопром); О.А. Будько (В/О «Росзооветснаб»); В.П. Тищенко (Россельхозакадемия); А.И. Шурыгин (концерн «Росагробιοпром»); И.Ф. Вишняков (Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной вирусологии и микробиологии); А. Гусев (Всероссийский научно-исследовательский институт защиты животных); Г.Ф. Коромыслов (Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии); А.Н. Панин (Всероссийский институт контроля, стандартизации и сертификации ветпрепаратов); А.М. Смирнов (Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии); В.В. Сочнев (Научно-исследовательский ветеринарный институт Нечернозёмной зоны Российской Федерации (НИВИ НЗ РФ)); В.П. Урбан (ветеринарная ассоциация России); В.В. Уша (Московский институт прикладной биотехнологии); Л.Я. Юшкова (Госпредприятие НПС «Оргветхоз», Новосибирск); Е.А. Маринин (Вологодская научно-исследовательская ветеринарная станция); В.М. Баранников (АПК «Раменское», Московская область); В.Г. Мерман (Объединение ветеринарии при администрации Кемеровской области); Э.Ф. Жданов (Управление сельского хозяйства Белгородской области); А.Л. Яцюта (Московский мясокомбинат).

³Протокол заседания Научно-технического совета Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 23 от 12.01.93. Москва.

Некоторые из присутствующих на Научно-техническом совете ушли из жизни, некоторые давно не работают. Вспомним их, описывая то важное заседание этого совета...

На повестке заседания было обсуждение реформирования структуры Государственной ветеринарной службы и новых форм ветеринарного обслуживания сельскохозяйственных животных.

Докладчик – кандидат ветеринарных наук старший научный сотрудник ИЭВСиДВ, директор госпредприятия НПС «Оргветхоз» Л.Я. Юшкова; содокладчик – заместитель начальника Департамента ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации Ю.Е. Шатохин.

Заслушав и обсудив доклад и содоклад, а также сообщения официальных оппонентов (В.В. Сочнев, директор Научно-исследовательского ветеринарного института Нечерноземной зоны РФ, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАСХН, В.Г. Мерман, начальник ветеринарного объединения администрации Кемеровской области), научно-технический совет отметил, что многолетний опыт ветеринарного обеспечения животноводства выявил ряд существенных недостатков в постановке ветеринарного дела: несовершенство оплаты труда, нагрузка, отвлечение специалистов, недостаточная материально-техническая обеспеченность, отсутствие нормальных социально-бытовых условий.

В связи с принятием в Российской Федерации ряда законов, в соответствии с заданием МСХ РФ на проведение НИР «О реформировании структуры Государственной ветеринарной службы и новых формах ветеринарного обслуживания сельскохозяйственных животных», а также по запросам с мест областных управлений сельского хозяйства и департаментов сельского хозяйства и земельной реформы (Саратовская, Кемеровская, Новосибирская, Ростовская и другие области; всего – 20) возникла необходимость поиска новых форм организации ветеринарного дела и ветеринарно-санитарного обслуживания животноводства. Работу по данной проблеме выполняли на базе хозяйств, государственных ветеринарных

учреждений ветеринарных органов 20 областей и республик Российской Федерации, госпредприятия Научно-производственной системы организация ветеринарного хозрасчета «Оргветхоз», в Институте экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (ИЭВСиДВ), Научно-исследовательском ветеринарном институте Нечерноземной зоны Российской Федерации (НИВИ НЗ РФ), Департаменте ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации.

Работу осуществляют с 1986 г. по настоящее время:

- проведены исследования по поиску форм организации ветеринарного обслуживания животноводства;
- предложена система организации хозрасчетных объединений, которые могут эффективно функционировать во всех категориях хозяйств;
- совместно с МСХ РФ разработаны необходимые руководящие документы для организации и их последующей практической деятельности.

В ходе обмена мнениями участники совета высказывались за широкое развитие разнообразных форм ветеринарной деятельности. При этом особое внимание обратили на необходимость сохранения государственной ветслужбы и придания ей особых полномочий в решении задач, а также в осуществлении государственного надзора за соблюдением ветеринарного законодательства ведомственными ветеринарными службами, хозрасчетными объединениями, кооперативами и частнопрактикующими врачами с установлением лицензирования их деятельности.

Отмечен также положительный опыт работы ветеринарной службы Кемеровской области (В.Г. Мерман) и по организации всех форм ветеринарного обслуживания животноводства ИЭВСиДВ (Л.Я. Юшкова).

Научно-технический совет постановил:

- одобрить рекомендации «О реформировании структуры Государственной ветеринарной службы и новых форм ветеринарного обслуживания сельскохозяйственных животных», подготовленных специалиста-

ми научно-исследовательских институтов (ИЭВСиДВ, НИВИ НЗ РФ и др.) совместно с госпредприятием научно-производственной системы «Оргветхоз», агропромышленных объединений ряда областей РФ, а также Главного управления ветеринарии;

- рекомендовать ветеринарным службам республик, краев, областей в составе Российской Федерации внедрять предложенные рекомендации о реформировании структуры государственных ветеринарных служб, разработанных с учетом опыта работы 20 областей республики и государственных ветеринарных объединений, действующих в Кемеровской области, Санкт-Петербурге, Москве, Самаре и в других городах;

- считать целесообразным создать модельные районы с организацией в них хозяйственных объединений по обслуживанию хозяйств и на их базе организовать стажировку ветеринарных специалистов всех уровней по дальнейшему внедрению в практику;

- поручить авторскому коллективу доработать рекомендации с учетом замечаний, высказанных на заседании совета и представить на согласование в Главное управление ветеринарии к 1 марта 1993 г.;

- создать комиссию в составе В.М. Авилова, Ю.Е. Шатохина, Ч.К. Авылова, Л.Я. Юшковой, В.В. Сочнева, А.Т. Стадника, В.Г. Мермана. Комиссии доработанные и подготовленные к изданию рекомендации представить в Департамент ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации для включения в план издания 1993 г.;

- поручить Главному управлению ветеринарии проработать вопрос с Главнаукой по изысканию возможности продолжения финансирования данной разработки.

Протокол утвердил первый заместитель Министра сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации В.Н. Щербак.

Мы показываем путь утверждения и внедрения нашей разработки. Представляем основные положения протокола № 28 заседа-

ния Научно-технического совета Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ от 22 ноября 1995 г.

Присутствовали представители около 50 организаций⁴: Минсельхозпрод, начальники ветуправлений областей, республик (Свердловская область, Корякский округ Камчатской области, Алтайский край, Хакасия, Астраханская, Новосибирская области, Ямало-Ненецкий округ, Екатеринбург, Московская область, Удмуртская Республика, Барнаул, Белгородская область («Интерзооветсервис»), Ульяновская, Новгородская, Кемеровская области, г. Грозный, Горветстанция Ростова-на-Дону, Республика Калмыкия, Брянская, Тюменская области, Нижегородская госсельхозакадемия, г. Калуга, Тульская, Иркутская области, Красноярский край, Санкт-Петербург, Усть-Ордынский бурятский автономный округ, Татарстан, Ингушетия, Чеченская Республика, Башкортостан, специалисты департамента ветеринарии Минсельхозпрода России, Еврейская автономная область, ИЭВСиДВ, Новосибирск) и др.

Повестка заседания: рассмотрение нормативно-правовой основы ветеринарного обеспечения предприятий и учреждений по производству, переработке, хранению и реализации животных и продуктов животноводства в условиях рыночных отношений на примере г. Новосибирска и Новосибирской области.

С докладом «Новые подходы в организации ветеринарного обеспечения в условиях рыночных отношений предприятий и учреждений, деятельность которых связана с производством, переработкой, хранением и перевозками животных и продуктов животноводства» выступила заведующая лабораторией ИЭВСиДВ, доктор ветеринарных наук Л.Я. Юшкова.

Содокладчики:

- А.С. Богомолов, начальник управления ветеринарии с ветсанэкспекцией мэрии Новосибирска: «Организация, структура и ин-

⁴Протокол заседания Научно-технического совета Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации № 28 от 11.1995 г. Москва.

формация о работе Управления ветеринарии с ветсанинспекцией мэрии города Новосибирска»;

– О.А. Рожков, заместитель начальника Управления ветеринарии с ветсанэкспекцией мэрии Новосибирска: «Совершенствование государственного ветеринарного надзора за безопасностью продуктов животного происхождения (источники финансирования; регистрация предприятий и граждан, занятых заготовкой, переработкой, хранением и реализацией продуктов и сырья животного происхождения; ветеринарно-санитарный контроль на предприятиях торговли и общественного питания)».

Официальными оппонентами были В.Г. Мерман, Ю.В. Стадник, Т.А. Александрова, Л.С. Трубицына, Н.Т. Понтюшенко. В прениях выступили В.В. Сочнев, В.А. Апалькин, Л.Я. Юшкова, О.А. Рожков, Ю.Е. Шатохин.

Заслушав доклад, содоклады, сообщения официальных оппонентов, выступления участников заседания, научно-технический совет постановил, что работа, подготовленная авторским коллективом в составе Л.Я. Юшковой, В.В. Сочнева, Ю.Е. Шатохина, А.С. Богомолова, О.А. Рожкова, А.И. Лапшина и других, *является актуальной и имеет важное практическое значение*. Сложившаяся система государственного ветеринарного надзора на урбанизированной территории, особенно в больших промышленных центрах, в условиях либерализации заготовок, хранения, упрощенных технологий переработки и реализации продуктов животноводства, несмотря на принятый закон «О ветеринарии», не удовлетворяет потребностям современного города по усилению контроля за снабжением населения высококачественными продуктами питания. Назрела необходимость создания новых структурных форм организации ветеринарного дела в условиях формирования рыночных отношений и различных форм

собственности. В связи с этим в Новосибирске проведена работа по совершенствованию ветеринарного дела за безопасностью продукции животного происхождения в новых экономических условиях. Организовано Управление ветеринарии с ветеринарно-санитарной инспекцией мэрии Новосибирска, которое включает следующие структурные подразделения:

– ветеринарно-санитарную инспекцию (лаборатории ветсанэкспертизы рынков, подразделения госветнадзора на предприятиях по переработке и хранению продуктов животного происхождения, отделы ветеринарно-санитарного контроля районов, города, служба ветеринарно-санитарных инспекторов (ветсанэкспертов), карантинные пункты для мелких животных, птиц, рыб и пчел);

– городскую службу по профилактике и лечению болезней животных (городская ветеринарная клиника, районные отделы профилактики и лечения болезней животных; противоэпизоотический отряд, ветеринарные аптеки);

– цех по переработке условно годной продукции;

– отдел по хозяйственной части;

– финансовый отдел.

Особенностью данной реорганизации явилось то, что вопросы ветеринарно-санитарной экспертизы продуктов животного происхождения и вопросы профилактики и лечения болезней животных не смешаны между собой, как было ранее, а возложены на входящие в Управление ветеринарии с ветеринарно-санитарной инспекцией две структуры: ветеринарно-санитарную инспекцию Новосибирска и городскую службу по профилактике и лечению болезней животных^{5,6}.

Решение о создании ветеринарно-санитарной инспекции города было связано, прежде всего, с тем, что продукция стала поступать на предприятия торговли и общепита не

⁵Управлять – значит предвидеть: монография / В.М. Авилов и др. Новосибирск, 1996. 280 с.

⁶Функционально-стоимостной метод в оценке оптимальных форм ветеринарных структур // Методология мероприятий по профилактике и ликвидации болезней сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. / СО РАСХН, ИЭВСИДВ. Новосибирск, 1995. С. 235–238.

централизованно, как было ранее, а бесконтрольно, поскольку магазины, столовые, кафе, рестораны стали теми же рынками с той лишь разницей, что на официальных рынках есть ветеринарно-санитарный контроль, а в торговле и общепите он практически отсутствует. Первые дни работы госветинспекции показали, что в каждом втором предприятии торговли и общепита не соблюдались ветеринарно-санитарные требования и продукция не соответствовала требованиям безопасности. За 10 месяцев текущего года в ходе 5515 инспекторских проверок на 1944 подконтрольных объектах выявлено 1644 нарушения ветеринарного законодательства, наложено штрафов более чем 137 млн р., снято с реализации 360 т мяса всех видов, 15 – мясопродуктов, 9 – рыбы и рыбопродуктов, 27 т молочных продуктов как несоответствующих ветеринарно-санитарным требованиям. Установлены факты хранения на предприятиях общественного питания мяса, полученного от трупов животных или от животных, находившихся в агональном состоянии. Снято с реализации мясо от животных, больных туберкулезом, лейкозом, финозом, стафилококкозом и другими заразными болезнями. Выявлены и пресечены факты хранения продуктов животноводства в подвалах, гаражах и в других неустроенных местах.

За время работы новой структуры органов госветслужбы Новосибирска разработаны и утверждены следующие документы:

- положение «О порядке взимания платежей за лицензирование. Проведение ветеринарно-санитарной экспертизы и сертификации сельскохозяйственных продуктов и сырья животного происхождения». Утверждено решением малого совета Новосибирского городского Совета народных депутатов (№ 61 от 30.03.93);

- постановление мэрии Новосибирска (№ 12 от 12.01.94) «О структуре и штатном расписании Управления ветеринарии с ветеринарно-санитарной инспекцией мэрии города Новосибирска»;

- постановление мэрии Новосибирска (№ 1358 от 13.12.93) «О реорганизации городской ветеринарной службы»;

- приказ Департамента по социальной политике мэрии Новосибирска (№ 154 от 01.11.94) «Об обязательной ветеринарно-санитарной сельскохозяйственной продукции на рынках города»;

- постановление мэрии Новосибирска (№ 715 от 13.07.95) «О создании подразделений государственного ветеринарного надзора на предприятиях по переработке и хранению продуктов животноводства»;

- постановление мэрии Новосибирска (№ 714 от 13.07.95) «О мерах по защите населения от болезней, общих для человека и животных, и пищевых отравлений»;

- постановление мэрии Новосибирска (№ 578 от 15.06.93) «О введении на предприятиях учета поступающей продукции и сопроводительных документов».

Проведенная работа доказала необходимость совершенствования деятельности государственной ветеринарной службы в условиях экономических реформ. При этом выявлены наиболее актуальные проблемы, стоящие перед госветслужбой:

- не разработан порядок выдачи ветеринарных документов (справок, ветсвидетельств, ветсертификатов), утвержденных Главным государственным ветинспектором Российской Федерации и зарегистрированных Министерством юстиции. Многие владельцы продукции животноводства последнее время отказываются следовать требованиям, исходящим из департамента ветеринарии без регистрации в Министерстве юстиции;

- отсутствуют предусмотренные Законом РФ «О ветеринарии» правила оказания органами госветслужбы платных и бесплатных услуг для негосударственных и бюджетных предприятий. Постановлением Правительства № 815 «Об утверждении правил оказания ветеринарных услуг» предусмотрена оплата за ветуслуги только для граждан;

- не установлен до сих пор правовой механизм изъятия продукции, которая не соответствует требованиям ветеринарно-санитарной безопасности и не утвержден предусмотренный Законом РФ «О ветеринарии» перечень болезней, при которых допускает-

ся отчуждение животных или изъятие продуктов животноводства;

- отсутствует государственная защита работников государственного ветеринарного надзора при исполнении служебных обязанностей, как это принято для других органов госконтроля (в частности, для Госсанэпиднадзора) Федеральным Законом «О государственной защите судей, должностных лиц правоохранительных и контролирующих органов»;

- не принят правительственный документ по разграничению функций по контролю за качеством продукции между службами государственного надзора (госсанэпиднадзор, госветнадзор, госстандарт и госторгинспекция);

- с целью укрепления службы государственного ветеринарного надзора Новосибирска необходима организация подготовки и переподготовки ветеринарных специалистов.

Для решения этих проблем в ИЭВСиДВ подготовлены следующие документы:

- проект постановления Правительства Российской Федерации «О закреплении видов продукции за органами государственного надзора»;

- проект соглашения «О взаимодействии и разграничении функций территориальных органов государственного санитарного и ветеринарного надзора при осуществлении ими контроля за заготовкой, переработкой, перевозкой, хранением и реализацией продуктов животного происхождения»;

- проект постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил оказания учреждениями государственной ветеринарной службы платных и бесплатных услуг негосударственным и бюджетным предприятиям»;

- положение «О фонде государственной ветеринарной службы города (района) по защите населения от болезней, общих для человека и животных, и пищевых отравлений» (на примере г. Новосибирска).

Научная новизна работы состоит в том, что впервые в условиях Российской Федерации создана модель учреждения по контро-

лю за безопасностью продукции; отработана оплата ветеринарно-санитарной экспертизы негосударственными предприятиями.

Практическая ценность разработки состоит в том, что она может быть использована для внедрения в других регионах Российской Федерации.

Материалы исследований и основные положения работы опубликованы в научных статьях, методических рекомендациях, нормативных документах, обсуждены в ИЭВСиДВ, Нижегородском СХИ, на совещаниях специалистов Москвы, Новосибирска, Ростова-на-Дону, Калуги, Иркутска. По примеру Новосибирска уже работали специалисты Читы, Екатеринбурга, Магадана, Кемерово, Иркутска и других городов. Получены положительные результаты. Участники заседания Совета одобрительно отнеслись к эффективному опыту работы ветслужб Новосибирска, одновременно высказали ряд предложений и пожеланий по дальнейшему совершенствованию и улучшению этой важной работы.

Выводы научно-технического совета

1. Одобрить опыт работы государственной ветеринарной службы города Новосибирска по организации ветеринарно-санитарного надзора за безопасностью продукции животного происхождения. Разработанные и апробированные документы по совершенствованию работы Государственной ветеринарной службы города Новосибирска рекомендовать для руководства и внедрения.

2. Рекомендовать мэрии Новосибирска на базе межрегиональной ассоциации «Сибирское соглашение» и Управления ветеринарии с ветеринарно-санитарной инспекцией мэрии Новосибирска организовать Центр по обучению и переподготовке ветеринарно-санитарных инспекторов регионов Сибири и Дальнего Востока.

3. Ветеринарным службам республик, краев, областей использовать опыт работы ветеринарной службы Новосибирска по совершенствованию государственного ветеринарного надзора за безопасностью про-

дукции животного происхождения в новых экономических условиях.

Поручено Главному управлению ветеринарии МСХП РСФСР (О.З. Исхаков), журналу «Ветеринария» (В.А. Гарькавцев) подготовить и опубликовать материалы об

опыте работы и в каждом номере иметь колонку по результатам деятельности работы ветеринарных служб.

Необходимо отметить, что все 85 (раньше 89) субъектов РФ и СНГ использовали описанный опыт в своих организациях.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Юшкова Л.Я.**, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: iushkova.l@yandex.ru

Донченко Н.А., член-корреспондент РАН, руководитель ИЭВСиДВ СФНЦА РАН

Донченко А.С., академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель научного направления

Рожков О.А., кандидат ветеринарных наук, начальник управления ветеринарии Новосибирской области

AUTHOR INFORMATION

✉ **Liliya Ya. Yushkova**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Head Researcher, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: iushkova.l@yandex.ru

Nikolay A. Donchenko, Corresponding Member RAS, Head of IEVSSFE SFSCA RAS

Alexandr S. Donchenko, Academician RAS, Head Researcher, Head of Research Group

Oleg A. Rozhkov, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Head of the Veterinary Department of the Novosibirsk Region

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.09.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.11.2022
Дата публикации / Published 20.02.2023



ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

✉ **Маслинская М.Е.**

Институт льна

Витебская область, агрогородок Устье, Республика Беларусь

✉ e-mail: mme-83@tut.by

Изучено влияние биологических препаратов на начальные ростовые процессы семян льна масличного. Эксперимент проведен в лабораторных условиях в 2022 г. Объекты исследования – сорт льна масличного Дар, биопрепараты АгроМик, Ж (норма расхода при предпосевной обработке семян 1,0 л/т), Гордебак, Ж (1,0 л/т), Бактофиш, Ж (1,0 л/т), Бактопин, Ж (2,0 л/т), Вермикс, Ж (2,0 л/т). Исследованы показатели длины зародышевого корешка на 3-и сутки (9,29–14,95 мм в рулонах, 20,59–23,33 мм в чашках Петри), на 5-е сутки (39,52–50,50 мм в рулонах, 40,38–54,48 мм в чашках Петри), на 7-е сутки (92,42–103,15 мм в рулонах, 60,36–76,64 мм в чашках Петри). Анализ суммарной длины зародышевых корешков на 3-и, 5-е и 7-е сутки проращивания позволил выделить препараты Гордебак, Ж (4687,75 мм), АгроМик, Ж (4712,50 мм) и Бактофиш, Ж (4953,75 мм) как наиболее эффективные при проращивании в рулонах; Гордебак, Ж (3389,25 мм) и АгроМик, Ж (3546,25 мм) – при проращивании в чашках Петри. При взвешивании массы зародышевого корешка и семядолей 7-дневных проростков наиболее высокие значения получены в вариантах с применением препаратов АгроМик, Ж (0,0345 и 0,0220 г; 0,0108 и 0,0074 г) и Бактофиш, Ж (0,0341 и 0,0211 г; 0,0106 и 0,0067 г). Результаты исследований свидетельствуют о том, что развитие проростка в рулоне проходит более интенсивно, чем при проращивании в чашках Петри. Однако при этом отмечена схожая динамика: препараты, у которых зарегистрирован высокий эффект при проращивании в рулонах, подтверждают его и в чашках Петри. Поэтому при использовании любого из изученных методов данные будут объективными. Как наиболее эффективный во всех вариантах выявлен препарат АгроМик, Ж.

Ключевые слова: лен масличный, биологические препараты, первичная корневая система льна, проростки, семядоли

INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE DEVELOPMENT OF OIL FLAX PRIMARY ROOT SYSTEM

✉ **Maslinskaya M.E.**

Institute of flax

Ustie agro-town, Vitebsk region, Republic of Belarus

✉ e-mail: mme-83@tut.by

The effect of biological preparations on the initial growth processes of oil flax seeds was studied. The experiment was conducted under laboratory conditions in 2022. Subjects of the study were oil flax variety Dar, biopreparations AgroMik, L (consumption rate for seed pre-sowing treatment 1.0 l/t), Gordebak, L (1.0 l/t), Bactofish, L (1.0 l/t), Bactopin, L (2.0 l/t), Vermix, L (2.0 l/t). Embryonic root length values were examined on day 3 (9.29-14.95 mm in rolls, 20.59-23.33 mm in Petri dishes), day 5 (39.52-50.50 mm in rolls, 40.38-54.48 mm in Petri dishes), and day 7 (92.42-103.15 mm in rolls, 60.36-76.64 mm in Petri dishes). Analysis of the total length of embryonic roots during

the 3rd, 5th and 7th days of germination made it possible to identify the preparations Gordebak, L (4687.75 mm), Agromik, L (4712.50 mm) and Bactofish, L (4953.75 mm) as the most effective for germination in rolls; Gordebak, L (3389.25 mm) and Agromik, L (3546.25 mm) for germination in Petri dishes. When measuring the weight of the embryonic root and cotyledons of seven-day-old seedlings, the highest values were obtained in the variants with Agromik, L (0.0345 and 0.0220 g; 0.0108 and 0.0074 g) and Bactofish, L (0.0341 and 0.0211 g; 0.0106 and 0.0067 g). The results show that a seedling development in a roll is more intense than when germinating in Petri dishes. However, similar dynamics was observed: the preparations with a high effect registered when germinating in rolls confirmed it in Petri dishes as well. Therefore, the data will be objective when using any of the methods studied. As the most effective in all variants the preparation Agromik, L. was identified.

Keywords: oil flax, biological preparations, flax primary root system, seedlings, cotyledons

Для цитирования: Маслинская М.Е. Влияние биопрепаратов на развитие первичной корневой системы льна масличного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 53. № 1. С. 121–131. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-15>

For citation: Maslinskaya M.E. Influence of biological preparations on the development of oil flax primary root system. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 53, no. 1, pp. 121–131. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-15>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В жизни растений начальный этап онтогенеза, конкретно процесс прорастания семян, является наиболее критичным периодом, который обеспечивает выживаемость растений в процессе вегетации и влияет на конечный результат как в количественном, так и в качественном выражении [1]. Создание эффективных биологизированных предпосевных приемов обработки семян культурных растений на фоне условий современного абсолютно «химического» земледелия имеет теоретическое и практическое значение в конструировании агробиоценозов на биологической платформе [2]. Чтобы сохранить текущий потенциал производства продуктов сельского хозяйства, биопрепараты должны заменить, а затем, возможно, и вытеснить химические удобрения, пестициды, регуляторы роста и т.д. [3]. Во всем мире в последнее время значительно вырос интерес к проблемам микробиологии в сельском хозяйстве [4, 5].

Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма. Технологии преимущественно основаны на исполь-

зовании микробиологических препаратов, представляющих живые клетки отселектированных по полезным свойствам микроорганизмов. Такой препарат позволяет создать большую концентрацию полезных форм микроорганизмов (в одном грамме препарата содержится до 1,0–1,5 млрд клеток бактерий) в нужном месте и в нужное время. За счет этого внесенные формы могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой и захватывать экологические ниши, предоставляемые им растением [6].

В связи с этим предпосевная обработка семян и вегетирующих растений биопрепаратами весьма перспективна с экологической точки зрения и может стать существенной и ценной частью современных эффективных технологических систем возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и льна [7–11]. Применение биопрепаратов дает возможность большей реализации потенциала сортов и гибридов, а также повышения качества получаемой продукции [12–16].

Цель исследований – изучить влияние препаратов биологического происхождения на начальные ростовые процессы льна масличного в лабораторных условиях.

Задачи:

– изучить динамику формирования зародышевой корневой системы на начальных этапах роста семян льна масличного, провести сравнительный анализ полученных результатов при проращивании семян в рулонах и чашках Петри;

– изучить изменение массы зародышевых корешков и семядолей 7-дневных проростков льна под влиянием биологических препаратов;

– выявить наиболее эффективные препараты биологического происхождения и рекомендовать их для использования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2022 г. в лабораторных условиях. Исходный материал: сорт льна масличного Дар, биопрепараты АгроМик, Ж (норма расхода при предпосевной обработке семян 1,0 л/т), Гордебак, Ж (1,0 л/т), Бактофиш, Ж (1,0 л/т), Бактопин, Ж (2,0 л/т), Вермикс, Ж (2,0 л/т). В качестве контроля использовали необработанные семена и семена, обработанные протравителем Витарос, ВСК (норма расхода при предпосевной обработке семян 1,5 л/т). Проращивание осуществляли в рулонах и чашках Петри при постоянной температуре 20 °С в течение 7 сут согласно ГОСТу¹. Определяли следующие морфометрические показатели:

длина корней, масса корней и проростков. Число семян на одно повторение – 50 шт., количество повторений – четыре.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследований в рулонах в течение первых 3 сут растения сформировали длину зародышевого корешка 9,27–14,95 мм. Минимальные значения 9,29 и 9,27 мм отмечены в вариантах с использованием препарата Витарос, ВСК и Вермикс, Ж соответственно (см. табл. 1). Максимальные значения длины составили 14,13 и 14,95 мм при применении препаратов АгроМик, Ж и Гордебак, Ж.

На 5-е сутки минимальная длина зародышевого корешка составила 39,52 мм в варианте с применением препарата Витарос, ВСК, максимальная – 50,50 мм при использовании препарата АгроМик, Ж. Максимальный прирост длины корешка в анализируемый период составил 35,46–35,55 мм в опытах с Вермикс, Ж и АгроМик, Ж соответственно.

Анализ растений на 7-е сутки установил среднюю длину зародышевых корешков в данный период на уровне 97,06 мм при варьировании данного показателя в пределах 92,42–103,15 мм. Максимальная длина, как и максимальный прирост – 68,85 мм, отмечена в варианте с применением препарата Бактофиш, Ж.

Табл. 1. Динамика роста первичной корневой системы сорта льна масличного при использовании биопрепаратов при проращивании в рулонах, мм

Table 1. Growth dynamics of primary root system of oilseed flax cultivar with the use of biopreparations in bale germination, mm

Биопрепарат	Длина зародышевого корешка		Динамика прироста	Длина зародышевого корешка на 7-е сутки	Динамика прироста
	на 3-и сутки	на 5-е сутки			
АгроМик, Ж	14,95	50,50	35,55	97,94	62,39
Гордебак, Ж	14,13	45,28	31,16	95,68	64,52
Бактофиш, Ж	13,82	48,12	34,30	103,15	68,85
Бактопин, Ж	11,52	45,94	34,42	98,87	64,46
Вермикс, Ж	9,27	44,74	35,46	95,90	60,44
Витарос, ВСК	9,29	39,52	30,23	92,42	62,19
Контроль (дистиллированная вода)	11,35	45,28	33,93	95,45	61,51
НСР ₀₅	0,87	1,28	0,78	1,28	1,06

¹ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы проращивания. Дата введения: 01.07.1986 г. 47 с

На рис. 1 представлена динамика роста зародышевого корешка при использовании препаратов АгроМик, Ж и Бактофиш, Ж. При незначительном различии в росте растений, отмеченном на 3-и сутки исследований с препаратом Витарос, Ж, к 5-м суткам наблюдали отставание в росте, которое привело к более низким значениям на 7-е сутки исследований. Следует отметить, что использование биопрепаратов способствует стимуляции прорастания семян.

При проведении анализа в чашках Петри длина зародышевого корешка на 3-и сутки прорастивания составила 20,14–23,33 мм,

что превышало значения, полученные в опытах с рулонами (см. табл. 2).

Максимальная длина отмечена в вариантах с применением препаратов АгроМик, Ж (22,86 мм) и Витарос, ВСК (23,33 мм).

Анализ данных за 5 сут прорастивания показал, что средняя длина зародышевого корешка составила 48,77 мм, максимальные значения, как и максимальный прирост в данный период, отмечены в опытах с применением препаратов АгроМик, Ж (54,48 и 31,62 мм соответственно) и Гордебак, Ж (54,81 и 33,25 мм соответственно). В среднем по вариантам результаты превышают

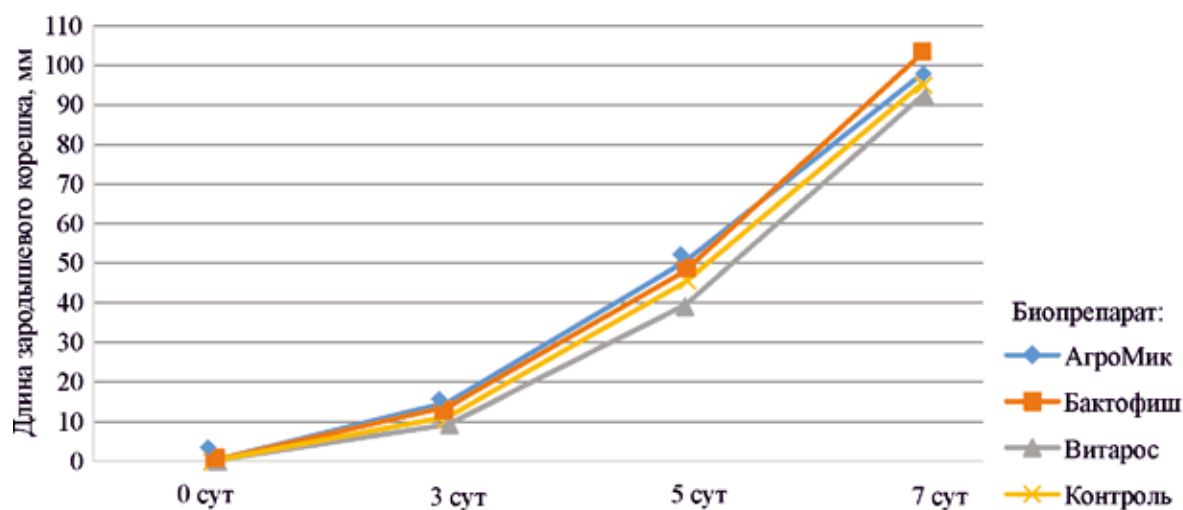


Рис. 1. Динамика роста зародышевого корешка при использовании биопрепаратов в рулонах, мм

Fig. 1. Dynamics of embryonic root growth when using biopreparations in rolls, mm

Табл. 2. Динамика роста первичной корневой системы сорта льна масличного при использовании биопрепаратов при прорастивании в чашках Петри, мм

Table 2. Growth dynamics of the primary root system of oilseed flax cultivar when using biopreparations in Petri dishes, mm

Биопрепарат	Длина зародышевого корешка		Динамика прироста	Длина зародышевого корешка на 7-е сутки	Динамика прироста
	на 3-и сутки	на 5-е сутки			
АгроМик, Ж	22,86	54,48	31,62	76,64	22,15
Гордебак, Ж	21,56	54,81	33,25	73,18	18,37
Бактофиш, Ж	20,14	47,09	26,95	67,01	19,93
Бактопин, Ж	21,05	40,38	19,33	63,40	23,02
Вермикс, Ж	21,58	50,73	29,15	69,36	18,63
Витарос, ВСК	23,33	43,87	20,54	66,14	22,27
Контроль (дистиллированная вода)	20,59	50,04	29,44	60,36	10,32
НСР ₀₅	0,44	2,02	2,02	2,11	1,64

аналогичные показатели при выращивании в рулонах.

Максимальная длина зародышевого корешка на 7-е сутки исследований составила 76,64 мм и отмечена в варианте с применением препарата АгроМик, Ж. Максимальная динамика прироста в данный период составила 23,02 мм и отмечена при применении препарата Бактопин, Ж.

На рис. 2 представлена динамика роста корешка при проращивании в чашках Петри.

На 3-и сутки проращивания наблюдали примерно равные значения, как и в случае проращивания в рулонах. К 5-м суткам установились различия за счет более интенсивного прироста в варианте АгроМик, Ж. К 7-м суткам наименьшая длина зародышевого корешка отмечена в контрольном варианте, препарат Бактофиш, Ж показал значения данного показателя на уровне контроля. Полученные результаты свидетельствуют о различном влиянии препаратов на развитие зародышевой корневой системы растений льна масличного.

При проведении сравнительного анализа опытов в чашках Петри на 3-и сутки отмечена значительно большая длина зародышевого корешка, чем в рулонах, превышение составило 6,32–14,04 мм (см. рис. 3).

При этом интервал варьирования показателя при проращивании в рулонах был значительно выше и составил 5,69 мм при величине данного показателя в чашках Петри 3,20 мм.

На 5-е сутки проращивания в рулонах и в чашках Петри наблюдали выравнивание длины зародышевого корешка, а в некоторых вариантах (Бактопин, Ж, Бактофиш, Ж) отмечено незначительное превышение анализируемого показателя при проращивании в рулонах. Так, в рулонах длина корешков на 5-е сутки составила 39,52–50,50 мм, в чашках Петри 40,38–54,81 мм. Размах варьирования отмечен на уровне 10,99 мм (в рулонах), 14,43 мм (в чашках Петри). Наиболее интенсивный рост растений при проращивании в рулонах наблюдался в течение 5–7 сут.

За данный период растения сформировали длину зародышевого корешка 92,42–103,15 мм и значительно превышали аналогичные образцы в чашках Петри, где отмечена длина зародышевого корешка 60,34–76,64 мм. В среднем превышение составило 29,05 мм.

Далее проведен анализ суммарной длины зародышевых корешков на 3-и, 5-е и 7-е сут-

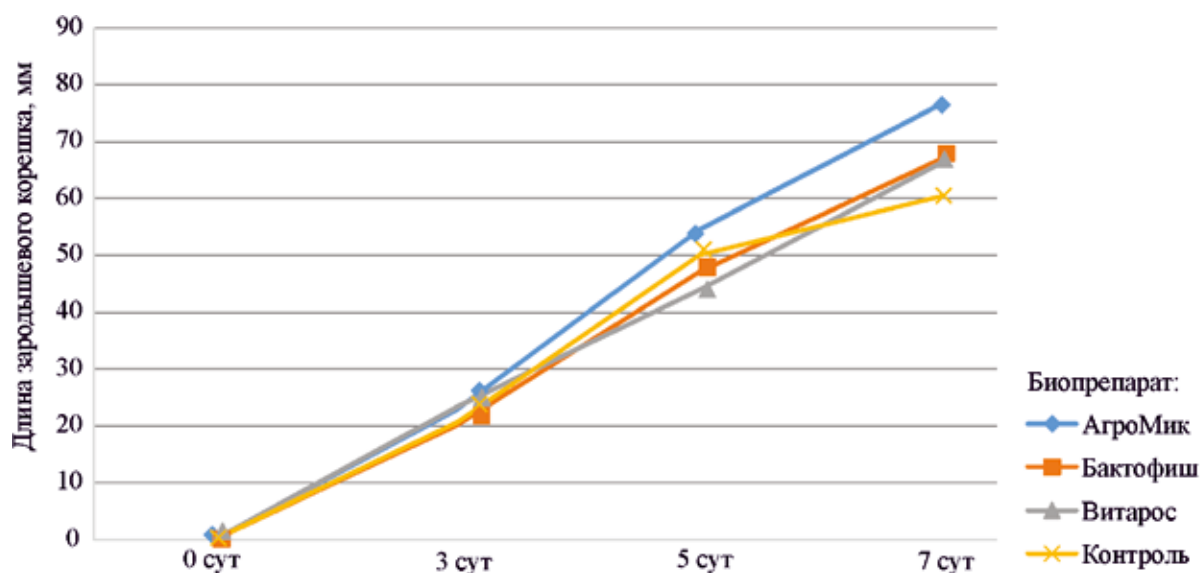


Рис. 2. Динамика роста зародышевого корешка при использовании биопрепаратов в чашках Петри, мм

Fig. 2. Dynamics of embryonic root growth when using biopreparations in Petri dishes, mm

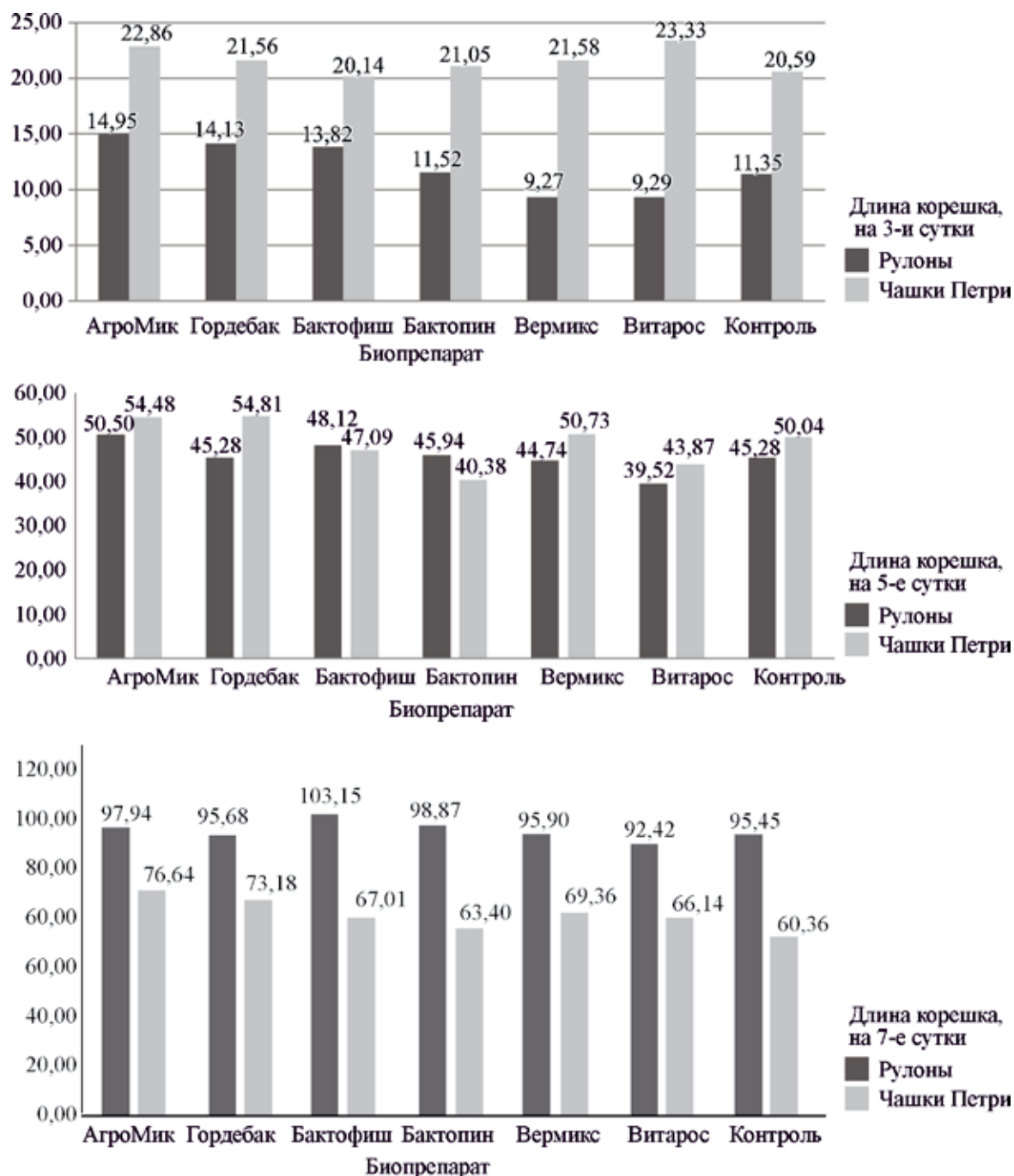


Рис. 3. Сравнительный анализ влияния биопрепаратов при проращивании в рулонах и чашках Петри, мм

Fig. 3. Comparative analysis of the effect of biological products during germination in rolls and Petri dishes, mm

ки проращивания в чашках Петри и рулонах (см. табл. 3).

При проращивании семян в рулонах за 3 сут сформировалась суммарная длина зародышевых корешков 408,0–732,0 мм. Максимальные значения отмечены в варианте с применением препарата АгроМик, Ж. На 5-е

сутки исследований семена сформировали суммарную длину корней 1891,5–2481,0 мм. Максимальные значения также отмечены в варианте с применением препарата АгроМик, Ж. Динамика прироста в данный период составила 1451,5 мм (Витарос, ВСК) – 1748,5 мм (АгроМик, Ж). Суммарная длина

Табл. 3. Суммарная длина корней льна масличного при проращивании, мм**Table 3.** The total length of the oil flax roots during germination, mm

Биопрепарат	Суммарная длина зародышевых корешков		Динамика прироста	Суммарная длина зародышевых ко- решков на 7-е сутки	Динамика прироста
	на 3-и сутки	на 5-е сутки			
Рулоны					
АгроМик, Ж	732,50	2481,00	1748,50	4712,50	2231,50
Гордебак, Ж	688,25	2218,00	1529,75	4687,75	2469,75
Бактофиш, Ж	689,00	2301,25	1612,25	4953,75	2652,50
Бактопин, Ж	531,00	2134,25	1603,25	4497,00	2362,75
Вермикс, Ж	408,00	2003,50	1595,50	4294,75	2291,25
Витарос, ВСК	440,00	1891,50	1451,50	4425,00	2533,50
Контроль (дистиллироованная вода)	533,00	2125,25	1592,25	4486,50	2361,25
НСР ₀₅	48,9	73,13	34,03	83,08	55,22
Чашки Петри					
АгроМик, Ж	1084,50	2589,50	1505,00	3546,25	956,75
Гордебак, Ж	1019,25	2616,00	1596,75	3389,25	773,25
Бактофиш, Ж	931,00	2188,00	1257,00	3087,50	899,50
Бактопин, Ж	910,00	1786,75	876,75	2905,75	1119,00
Вермикс, Ж	1087,00	2390,75	1303,75	3291,75	901,00
Витарос, ВСК	1055,00	2030,00	975,00	2916,00	886,00
Контроль (дистиллироованная вода)	931,75	2276,25	1344,50	2764,75	488,50
НСР ₀₅	29,10	112,78	98,85	108,88	73,34

зародышевых корешков на 7-е сутки составила 4294,75–4953,75 мм. В данный период наблюдали и наибольший прирост длины в среднем 2414,64 мм. Наименьший прирост отмечен в варианте с применением препарата АгроМик, Ж (2231,50 мм), максимальный – при применении препарата Бактофиш, Ж (2652,50 мм). Как наиболее эффективные, по сформированной суммарной длине зародышевого корешка, выделены препараты Гордебак, Ж (4687,75 мм), АгроМик, Ж (4712,50 мм) и Бактофиш, Ж (4953,75 мм).

Установлено, что на 3-и сутки при проращивании в чашках Петри суммарная длина зародышевых корешков составила от 910,0 до 1087,0 мм. Минимальные значения отмечены в контрольном варианте (931,75 мм) при обработке семян препаратами Бактопин, Ж (910,0 мм) и Бактофиш, Ж (931,0 мм), максимальные – при применении препаратов АгроМик, Ж (1084,5 мм) и Вермикс, Ж (1087,0 мм). На 5-е сутки исследований наименьшая динамика прироста зарегистрирована в вариантах с Бактопином, Ж (876,75 мм)

и Витаросом, Ж (975,0 мм), тогда как в вариантах с АгроМиком, Ж и Гордебаком, Ж отмечен прирост 1505,0 и 1596,75 мм соответственно. Суммарная длина зародышевых корешков в данный период составила от 1786,75 мм (Бактопин, Ж) до 2616,0 мм (Гордебак, Ж). Анализ результатов на 7-сутки позволил отметить снижение прироста длины корней во всех вариантах, наименьшее значение данного показателя отмечено в контрольном варианте и составило 488,5 мм, максимальное значение – 1119,0 мм при применении препарата Бактопин, Ж.

Максимальную суммарную массу зародышевых корешков (3546,25 мм) сформировали семена, обработанные препаратом АгроМик, Ж, минимальную (2764,75 мм) в контрольном варианте. Как наиболее эффективные, по суммарной длине зародышевых корешков при проращивании в чашках Петри, выделены препараты Гордебак, Ж (3389,25 мм) и АгроМик, Ж (3546,25 мм). Для выявления различий по формированию суммарной длины корней построены диаграммы и проведен их анализ (см. рис. 4).

Отмечено, что в течение первых 3 сут проращивания семена в рулонах сформировали более короткие корни, средние значения суммарной длины зародышевых корешков были ниже в 2 раза, чем в чашках Петри, и составили

574,54 и 1002,64 мм соответственно. К 5-м суткам наблюдали выравнивание значений за счет более высокой динамики прироста в рулонах, средние значения составляли на данном этапе 2164,96 мм в рулонах и 2268,18 мм в чашках

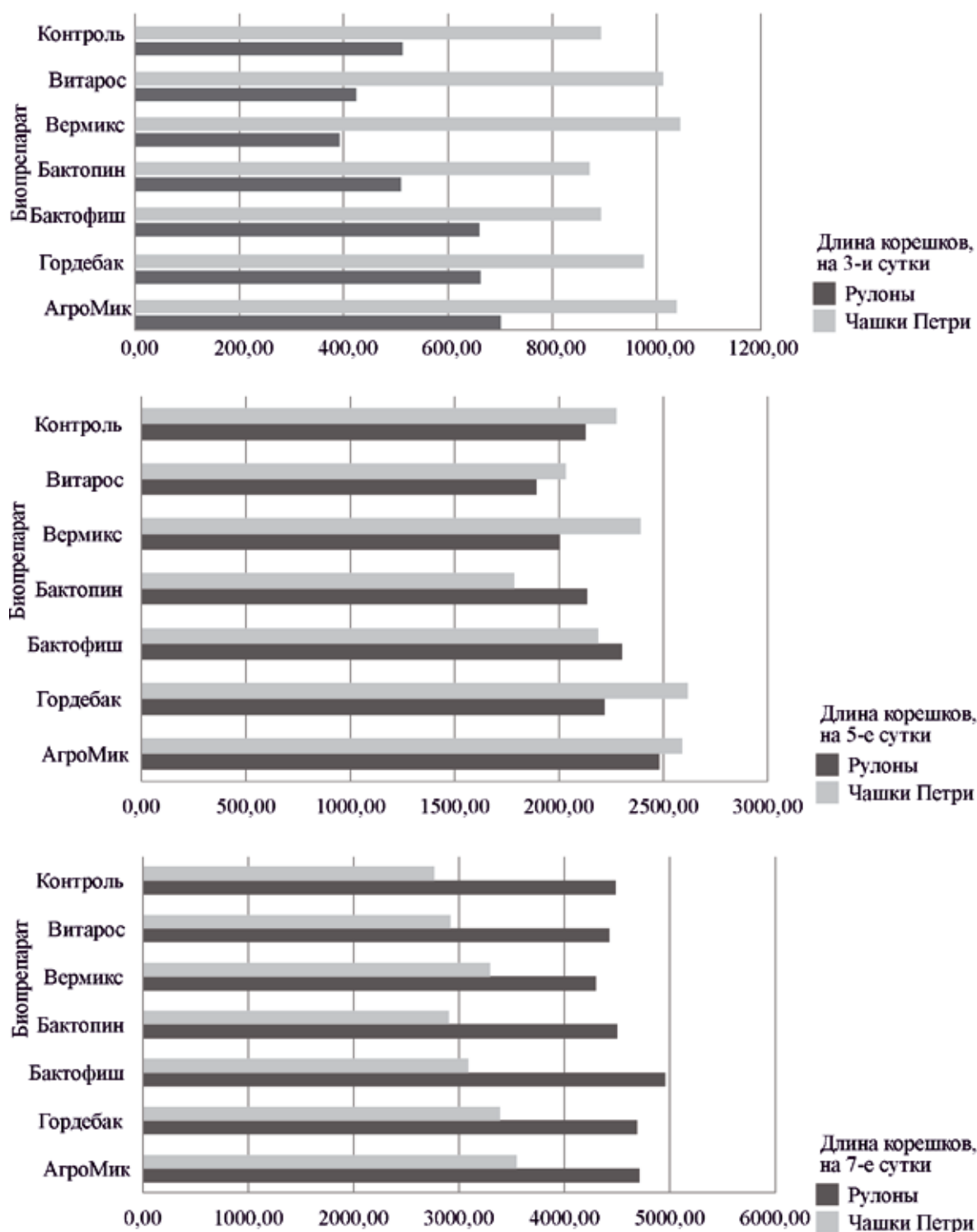


Рис. 4. Суммарная длина зародышевых корешков, мм

Fig. 4. The total length of the embryonic roots, mm

Табл. 4. Масса зародышевого корешка и проростков льна, г**Table 4.** The mass of the embryonic root and flax seedlings, g

Биопрепарат	Масса			
	зародышевого корешка		семядоли	
	Проращивание в рулонах	Проращивание в чашках Петри	Проращивание в рулонах	Проращивание в чашках Петри
АгроМик, Ж	0,0345	0,0220	0,0108	0,0074
Гордебак, Ж	0,0315	0,0174	0,0103	0,0064
Бактофиш, Ж	0,0341	0,0211	0,0106	0,0067
Бактопин, Ж	0,0329	0,0171	0,0089	0,0055
Вермикс, Ж	0,0286	0,0205	0,0085	0,0068
Витарос, ВСК	0,0280	0,0164	0,0086	0,0062
Контроль (дистиллированная вода)	0,0282	0,0163	0,0087	0,0062
АгроМик, Ж	0,0311	0,0187	0,0095	0,0064
НСР ₀₅	0,0011	0,0009	0,0004	0,0002

Петри. Нарастание длины корней в рулонах продолжается интенсивно, и к 7-м суткам среднее значение их суммарной длины составляет 4579,61 мм при значении данного показателя в чашках Петри 3128,75 мм.

Затем проведено взвешивание массы зародышевого корешка и семядоли 7-дневных проростков семян. При проращивании в рулонах интервал варьирования массы зародышевого корешка составил 0,0280–0,0345 г, наибольшие массы отмечены в вариантах с применением препаратов АгроМик, Ж, Бактофиш, Ж и Бактопин, Ж и составили 0,0345; 0,0341 и 0,0329 г соответственно (см. табл. 4).

Значения данного показателя в чашках Петри были значительно ниже и составили 0,0163–0,0220 г. Однако наибольшей масса зародышевого корешка оказались в вариантах с применением препаратов АгроМик, Ж (0,0220 г) и Бактофиш, Ж (0,0211 г). При анализе массы проростка наблюдали ту же закономерность в чашках Петри: полученные значения были более низкие, чем в рулонах. Однако максимальные значения во всех вариантах отмечены при применении препаратов АгроМик, Ж (0,0108 и 0,0074 г соответственно), Бактофиш, Ж (0,0106 и 0,0067 г соответственно) и Гордебак, Ж (0,0103 и 0,0064 г соответственно). Наибольшую сырую массу зародышевых корешков и наибольшую массу проростков сформировали семена, обработанные препаратами АгроМик, Ж, Бактофиш, Ж и Гордебак, Ж.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований определена динамика развития первичной корневой системы льна масличного при применении микробиологических препаратов, а также проведен сравнительный анализ проращивания семян в рулонах и чашках Петри. Установлено, что использование биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания семян. О различном влиянии препаратов на длину зародышевого корешка можно судить по значениям данного показателя на 3-и сутки (9,29–14,95 мм в рулонах, 20,59–23,33 мм в чашках Петри), на 5-е сутки (39,52–50,50 мм в рулонах, 40,38–54,48 мм в чашках Петри), на 7-е сутки (92,42–103,15 мм в рулонах, 60,36–76,64 мм в чашках Петри). Анализ суммарной длины зародышевых корешков на 3-и, 5-е и 7-е сутки проращивания позволил выделить препараты Гордебак, Ж (4687,75 мм), АгроМик, Ж (4712,50 мм) и Бактофиш, Ж (4953,75 мм) как наиболее эффективные при проращивании в рулонах, Гордебак, Ж (3389,25 мм) и АгроМик, Ж (3546,25 мм) – при проращивании в чашках Петри. Взвешивание массы зародышевого корешка и семядоли семидневных проростков установили интервал варьирования данного показателя в пределах 0,0280–0,0345 г в рулонах и 0,0163–0,0220 г в чашках Петри. Наиболее высокие значения получены в вариантах с применением препаратов АгроМик, Ж (0,0345 и 0,0220 г; 0,0108 и 0,0074 г) и Бактофиш, Ж

(0,0341 и 0,0211 г; 0,0106 и 0,0067 г). Результаты исследований свидетельствуют о том, что развитие проростка в рулоне проходит более интенсивно, чем при проращивании в чашках Петри. Однако при этом отмечена схожая динамика: препараты, у которых зарегистрирован высокий эффект при проращивании в рулонах, подтверждают его и в чашках Петри. Поэтому при использовании любого из изученных методов данные будут объективными. Как наиболее эффективный во всех вариантах выявлен препарат АгроМик, Ж. Полученные результаты будут использованы для разработки эффективных биологизированных приемов предпосевной обработки семян льна масличного в технологии его возделывания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казакова А.С., Майборода С.Ю. Микрофенологические фазы прорастания семян ячменя: монография. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ. 2018. 183 с.
2. Зубарева К.Ю., Прудникова Е.Г. Влияние биопрепаратов на начальные ростовые процессы семян сои // Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (86). С. 33–38. DOI: 10.17238 /issn2587-666X.2020.5.33.
3. Емелев С.А. Активность биологических протравителей семян на яровом ячмене // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 9 (191). С. 5–10.
4. Тихонович И. А., Кожемяков А.П., Круглов Ю.В., Кандыбин Н.В., Лантев Г.Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве: монография. М. Россельхозакадемия, 2005. 153 с.
5. Díaz-Rodríguez A.M., Salcedo, Gastelum L.A., Félix Pablos C.M., Parra-Cota F.I., Santoyo G., Puente M.L., Bhattacharya D., Mukherjee J., de los Santos-Villalobos S. The Current and Future Role of Microbial Culture Collections in Food Security Worldwide // Front. Sustain. Food Syst. 2021. Vol. 4. P. 614739. DOI: 10.3389/fsufs.2020.614739.
6. Леконцева Т.А., Лыбенко Е.С. Использование биопрепаратов на льне-долгунце // Вестник Вятского ГАТУ. Сельскохозяйственные науки. 2021. № 4 (10).
7. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Курбанова З.К., Савоськина О.А. Возможности возделывания льна с использованием новых гербицидных и защитностимулирующих средств // Владимирский земледелец. 2019. № 2. С. 36–41. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10065.
8. Левин В.А. Влияние приемов предпосевной обработки на посевные качества, ростовые показатели и болезнеустойчивость озимой пшеницы // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 2 (40). С. 21–26. DOI: 10.17277/issn.1990-9047.
9. Хамова О.Ф., Мансапова А.И., Горбова М.А., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и продуктивность льна-долгунца // Плодородие. 2021. № 2. С. 52–55.
10. Чудинова, Ю.В. Эффективность применения биопрепаратов в технологии возделывания льна // Информация и образование: границы коммуникаций. 2013. № 5 (13). С. 178–179.
11. Прудников А.Д., Прудникова А.Г., Морозов М.С. Использование биопрепаратов при выращивании льна-долгунца на семена // Главный агроном. 2021. № 12.
12. Князева А.П., Мастеров А.С. Влияние биологических препаратов на урожайность ярового ячменя // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 90–93.
13. Шпанев А.М., Денисюк Е.С. Эффективность микробиологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* и *Trichoderma harzianum* в защите ярового ячменя от болезней на северо-западе России // Биотехнология. 2020. № 36 (1). С. 61–72.
14. Рябцева Н.А. Влияние биопрепаратов на формирование элементов продуктивности ярового ячменя // Аграрная наука. 2021. № 354 (11–12). С. 72–75. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-72-75.
15. Порсев И.Н., Карпов Г.Г., Субботин И.А., Купцевич Н.А. Роль биологических препаратов и агрохимикатов в фитосанитарной технологии возделывания льна масличного в Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 3. С. 56–61.
16. Рябцева Н.А. Отзывчивость ячменя на биопрепараты // Аграрная наука. 2021. № 5. С. 51–55. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-349-5-51-55.

REFERENCES

1. Kazakova A.S., Maiboroda S.Yu. *Microphenological phases of barley seed germination*. Zernograd:

- Azov-Black Sea Engineering Institute of FSBEI HE Donskoy SAU, 2018. 183 p. (In Russian).
2. Zubareva K.Yu., Prudnikova E.G. The influence of biopreparations on the initial growth processes of soybean seeds. *Vestnik agrarnoj nauki = Bulletin of agrarian science*, 2020, no. 5 (86), pp. 33–38. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.3
 3. Emelev S.A. The activity of biological seed dressers in spring barley. *Vestnik Altaiskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 9 (191), pp. 5–10. (In Russian).
 4. Tikhonovich I.A., Kozhemyakov A.P., Kruglov Yu.V., Kandybin N.V., Laptev G.Yu. *Biopreparations in Agriculture: methodology and practice of microbial application in crop and forage production*. Moscow, Rossel'khozakademiya Publ., 2005, 153 p. (In Russian).
 5. Díaz-Rodríguez A.M., Salcedo, Gastelum L.A., Félix Pablos C.M., Parra-Cota F.I., Santoyo G., Puente M.L., Bhattacharya D., Mukherjee J., de los Santos-Villalobos S. The Current and Future Role of Microbial Culture Collections in Food Security Worldwide. *Front. Sustain. Food Syst*, 2021, vol. 4, pp. 614739. DOI: 10.3389/fsufs.2020.614739.
 6. Lekontseva T.A., Lybenko E.S. The use of biopreparations on flax. *Vestnik Vyatskogo GATU = Vestnik of Vyatka SATU*, 2021, no. 4 (10). (In Russian).
 7. Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Kurbanova Z.K., Savos'kina O.A. Possibilities of flax cultivation with the use of new herbicides and protective and stimulating agents. *Vladimirskii Zemledelez = Vladimir agricolist*, 2019, no. 2, pp. 36–41. (In Russian). DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10065.
 8. Levin V.A. The Effects of Pre-sowing Seed Processing on Sowing Properties, Growth Indexes and Disease-Resistance of Winter Wheat. *Voprosy Sovremennoi Nauki I Praktiki. Universitet imeni Vrenadskogo = Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 2012, no. 2 (40), pp. 21–26. (In Russian). DOI: 10.17277/issn.1990-9047.
 9. Khamova O.F., Mansapova A.I., Gorbova M.A., Shuliko N.N., Tukmacheva E.V. Influence of biopreparations of integrated action on the biological activity of the rhizosphere and productivity of dol-luna flax. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 2, pp. 52–55. (In Russian).
 10. Chudinova Yu.V. Efficiency of biopreparations application in flax cultivation technology. *Informaziya I obrazovanie: granizy kommunikazii = Information and education: boundaries of communication*, 2013, no. 5 (13), pp. 178–179. (In Russian).
 11. Prudnikov A.D., Prudnikova A.G., Morozov M.S. The use of biopreparations in the cultivation of long-fibered flax for seed. *Glavnii agronom = Chief agronomist*, 2021, no. 12. (In Russian).
 12. Knyazeva A.P., Masterov A.S. Effect of biological preparations on the yield of spring barley. *Vestnik Belorusskoi Gosudarstvennoi Selskokhozyaistvennoi Akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2021, no. 2, pp. 90–93. (In Russian).
 13. Shpanev A.M., Denisyuk E.S. Efficiency of the microbiological products based on *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* in protection of spring barley from diseases in the North-West of Russia. *Biotehnologia = Biotechnology*, 2020, no. 36 (1), pp. 61–72. (In Russian).
 14. Ryabtseva N.A. Influence of biopreparations on formation of elements of productivity of spring barley. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2021, no. 354 (11–12), pp. 72–75. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-72-75.
 15. Porsev I.N., Karpov G.G., Subbotin I.A., Kuptsevich N.A. Role of biological preparations and agrochemicals in phytosanitary technology of oil flax cultivation in Zauralye. *Vestnik Kurganskoi GSKhA = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, 2020, no. 3, pp. 56–61. (In Russian).
 16. Ryabtseva N.A. Responsiveness of barley to biological products. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2021, no. 5, pp. 51–55. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2021-349-5-51-55.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Маслинская М.Е.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь; **адрес для переписки:** Республика Беларусь, 211003, Витебская область, агрогородок Устье, ул. Центральная, 27; e-mail: mme-83@tut.by

AUTHOR INFORMATION

✉ **Margarita E. Maslinskaya**, Candidate of Science in Agriculture, Scientific Secretary; **address:** 27, Tsentralnaya St., Ustje agro-town, Vitebsk Region, 211003, Republic of Belarus; e-mail: mme-83@tut.by

Дата поступления статьи / Received by the editors 10.08.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 23.11.2022
Дата публикации / Published 20.02.2023



ВАСИЛИЙ ЗАХАРОВИЧ ЯМОВ
(1933–2014)



Академику Российской академии наук, академику Российской академии сельскохозяйственных наук, Международной академии информатизации, Российской академии естественных наук, доктору биологических наук, профессору, Заслуженному деятелю науки Российской Федерации Василию Захаровичу Ямову в 2023 г. исполнилось бы 90 лет.

Василий Захарович Ямов родился в крестьянской семье 4 января 1933 г. в Тюменской области. В 1954 г. окончил с отличием Тобольский зооветеринарный техникум, в 1959 г. – Омский государственный ветеринарный институт и до 1968 г. занимался хозяйственной и советско-партийной работой. В 1966 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию. В 1968 г. В.З. Ямов в Тюмени организовал Всесоюзный (с 1990 г. Всероссийский) научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии, директором которого был более 30 лет.

Результатом научно-исследовательской и организаторской работы стала подготовка и защита докторской диссертации в 1982 г. В 1983 г. она была утверждена, и в этом же году В.З. Ямову присвоено звание профессора по специальности «Паразитология».

Научно-производственная деятельность Василия Захаровича посвящена проблемам обеспечения ветеринарного благополучия сибирского животноводства, проведению исследований по важнейшим вопросам фундаментального и прикладного характера, направленным на разработку и внедрение в сельскохозяйственное производство новых средств, методов и технологий борьбы с болезнями животных. В результате научных исследований и разработок В.З. Ямова и его учеников создано и внедрено в ветеринарную практику более 30 высокоэффективных ветеринарных препаратов для профилактики и терапии арахноэнтомозов животных.

За разработку и внедрение биологических основ, новых средств и методов борьбы с гиподерматозом крупного рогатого скота в 1981 г. Василий Захарович был удостоен премии Совета Министров СССР.

За заслуги в ветеринарной науке в 1985 г. В.З. Ямов был избран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ, в 1990 г. – действительным членом (академиком) Россельхозакадемии.

В.З. Ямовым создана сибирская школа энтомологов-паразитологов, научным направлением которой является разработка и внедрение биологических основ, средств и методов борьбы с арахноэнтomoзами сельскохозяйственных животных. Под его руководством подготовлены 18 докторов и 35 кандидатов наук. Ученики Василия Захаровича работают практически во всех странах СНГ.

С 1993 г. В.З. Ямов – заслуженный деятель науки Российской Федерации. В 1995 г. избран действительным членом международной академии информатизации и в 1996 г. – Российской академии естественных наук.

Василию Захаровичу принадлежит более 200 научных работ, научная новизна которых подтверждена 25 авторскими свидетельствами, 6 патентами на изобретения. Материалы научных исследований вошли в 7 монографий: «Подкожные оводы – вредители животных», «Вольфартиоз овец», «Справочник ветеринарного врача» и другие, а также более чем 85 утвержденных нормативно-технических документов.

В.З. Ямов внес большой вклад в ветеринарное обеспечение АПК регионов Урала, Сибири и Дальнего Востока. Как талантливый ученый и организатор, В.З. Ямов критически переосмысливал традиционные взгляды и подходы в современной практической ветеринарии, генерировал новые идеи и научные направления. Василий Захарович был наставником и воспитателем молодежи, много внимания уделял передаче своего опыта и знаний студентам Государственного аграрного университета Северного Зауралья, где благодаря ему в 1992 г. организован факультет ветеринарной медицины, который он возглавлял более 10 лет.

На протяжении ряда лет В.З. Ямов являлся председателем ученого совета Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной энтомологии и арахнологии Россельхозакадемии, председателем диссертационного совета при ВНИИВЭА, принимал участие в редакционном совете журналов «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» СО РАСХН и «Аграрный вестник Урала».

Научные заслуги Василия Захаровича отмечены 14 правительственными наградами: орденом Трудового Красного Знамени, орденом Почета, медалями, многими почетными грамотами сельскохозяйственных и научных организаций страны.

Василий Захарович был известен в нашей стране и за ее пределами как крупный исследователь в области арахноэнтomoзов животных, как педагог, высокоидейный ученый, который был примером преданного служения сельскохозяйственной науке.

Светлая память о Василии Захаровиче Ямове, прекрасном ученом, широко эрудированном, обаятельном, доброжелательном и интеллигентном человеке, навсегда сохранится в сердцах его коллег, учеников и всех, кто его знал.

Академики Российской академии наук:

Г.А. Романенко, В.И. Фисинин, А.С. Донченко, В.В. Альт,

Ф.И. Василевич, А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко,

Г.П. Гамзиков, Н.И. Кашеваров, В.А. Солошенко, И.Ф. Храмцов;

члены-корреспонденты:

Н.А. Донченко, К.Я. Мотовилов, Р.И. Рутц, Н.В. Цугленок

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 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Растениеводство и селекция	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 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 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Зоотехния и ветеринария	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 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	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
Научные связи	4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
Из истории сельскохозяйственной науки	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Краткие сообщения	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных
Из диссертационных работ	4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса 4.3.3. Пищевые системы

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, 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 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 СНОСКИ

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., Лапишинов 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, 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 текст¹.

¹Климова 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 (α , β , π 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 отзыва статьи. 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:

- на сайте Почта России. Зайти в раздел «Онлайн-сервисы», затем – «Подписаться на газету или журнал». Подписной индекс издания ПМ401;
- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 014973. Ссылка на издание 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).

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 1 (290)

DOI: 10.26898



2023
January

Editor-in-Chief – Alexander S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher 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	
Revмира 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

Editors *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

Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoyarsk, Novosibirsk District,

Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: sibvestnik@sfsc.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; 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

