

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

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

ОСНОВАН В 1971 Г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 50, № 6 (277)

DOI: 10.26898



2020

ноябрь – декабрь

Главный редактор – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Заместитель главного редактора – Жителева Ольга Николаевна, заместитель начальника научно-организационного отдела Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Редакционная коллегия:

В.В. Альт академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин академик РАН, д-р с.-х. наук, Москва, Россия
В.Н. Делягин д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко член-корреспондент, д-р ветеринар. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов член-корреспондент, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлова академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
В.К. Каличкин д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорин д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Плетухов д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селинова д-р биол. наук, Ставрополь, 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
И.Н. Шарков д-р биол. наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

В.В. Азаренко д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа д-р ветеринар. наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов д-р ветеринар. наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангира хана, Астана, Казахстан
В.С. Николов д-р ветеринар. наук, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София, Болгария

Редакторы Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягупова. Корректор В.Е. Селянина. Оператор электронной верстки Н.Ю. Бориско. Переводчик Е.А. Романова
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 агробиотехнологий 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: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

Вышел в свет 29.12.2020. Формат 60 × 84 $\frac{1}{8}$. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 17,25.

Уч-изд. л. 14,75. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук
© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2020
© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2020



www.sibvest.elpub.ru





СОДЕРЖАНИЕ

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ**

Соболева Л.М., Плотникова Т.В. Применение удобрений для снижения гербицидной нагрузки при выращивании рассады табака

CONTENTS

**AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION**

5 Soboleva L.M., Plotnikova T.V. Application of fertilizers to reduce negative herbicidal effect when growing tobacco seedlings

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е. Адаптация сортов пшеницы при гипертермии, хлоридном засолении и инфицировании *Bipolaris sorokiniana* Shoem.

Романова М.С., Хаксар Е.В., Новиков О.О., Леонова Н.И., Семенов А.Г. Влияние различных составов питательной среды на развитие микрорастений картофеля сорта Антонина

Попова Г.А., Полякова О.И., Князева Н.В., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Перспективные высоковолокнистые гибридные линии льна-долгунца

PLANT GROWING AND BREEDING

12 Gurova T.A., Svezhintseva E.A., Chesnchenko N.E. Adaptation of wheat varieties to hyperthermia, chloride salinity and *Bipolaris sorokiniana* Shoem. infection

26 Romanova M.S., Khaksar E.V., Novikov O.O., Leonova N.I., Semenov A.G. The effect of different compositions of growth media on the development of microplants of the Antonina potato variety

37 Popova G.A., Polyakova O.I., Knyazeva N.V., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M. Promising hybrid lines of fiber flax with high content of fiber

**Охлопкова М.И., Габышева Н.С. Ин-
тродуцированные сорта малины (*Rubus
idaeus L.*) в Центральной Якутии**

**46 Okhlopkova M.I., Gabysheva N.S. Va-
rieties of raspberries (*Rubus idaeus L.*)
introduced in Central Yakutia**

**ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ**

**ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE**

**Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л. Эф-
фективность производства молока в
зависимости от возраста первого отела
коров**

**54 Petrukhina L.L., Belozertseva S.L. Effi-
ciency of milk production depending on
the age of cows at first calving**

**Русакова Я.Л., Магер С.Н., Храм-
цов В.В., Агаркова Т.А., Двоегла-
зов Н.Г., Осипова Н.А. Иммунный
ответ у животных при эксперименталь-
ном лейкозе Раушера с применением
мононуклеарных стволовых клеток и
Субалина**

**60 Rusakova Ya.L., Mager S.N., Kh-
ramtsov V.V., Agarkova T.A., Dvoeglazov
N.G., Osipova N.A. Immune re-
sponse in animals with experimental
Rauscher leukemia to mononuclear stem
cells and Subalin**

**Савченко О.Л., Мокринская Е.Е., Бар-
сукова Е.Н., Новик Я.В. Изменение
микрофлоры кишечника свиней при
применении Ветома 1**

**68 Savchenko O.L., Mokrinskaya E.E., Bar-
sukova E.N., Novik Ya.V. Changes in
the microflora of the intestinal tract of
pigs when using Vetom 1**

**Черных В.Г., Кирильцов Е.В., Кириль-
цова В.А. Гельминтозы диких и до-
машних свиней Забайкальского края и
меры борьбы с ними**

**75 Chernykh V.G., Kiriltsov E.V., Kiriltso-
va V.A. Helminthiases of wild and do-
mestic pigs of the Trans-Baikal Territory
and measures to control them**

**Бонина О.М., Стеблева Г.М., Ефремо-
ва Е.А. Особенности функционирова-
ния паразитарной системы описторхид
в Новосибирской области**

**83 Bonina O.M., Stebleva G.M., Efremo-
va E.A. Features of the opisthorchid
parasitic system existing in Novosibirsk
region**

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

*MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE*

Каличкин В.К., Логачёва О.М., Сигитов А.А., Гарафутдинова Л.В. Интеграция геоинформационной системы и методов многокритериального анализа решений для оценки пригодности земель сельскохозяйственного использования

Петров А.Ф., Камалдинов Е.В., Панферова О.Д., Ефремова О.В., Рогозин В.А. Моделирование объема туловища по линейным признакам скота ирменского типа

Бурлаков Ю.В. Использование вальцового молотильного устройства при обмолоте льна-долгунца

93 Kalichkin V.K., Logacheva O.M., Sigitov A.A., Garafutdinova L.V. Geoinformation system integration and methods of multi-criteria decision analysis for assessment of land suitability for agricultural use

106 Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V. Rogozin V.A. Body volume modeling by linear features of the Irmens type cattle

115 Burlakov Yu.V. Using the roller threshing device for threshing fiber flax

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

К 80-летию доктора биологических наук Анатолия Алексеевича Танасиенко

124 To the 80th anniversary of Anatoly Alekseevich Tanasienko, Doctor of Science in Biology

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

*IN COMMEMORATION
OF SCIENTIST*

Вадим Константинович Савостьянов 126

Vadim Konstantinovich Savostianov



ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ТАБАКА

Соболева Л.М., Плотникова Т.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий
Краснодар, Россия

В условиях центральной зоны Краснодарского края изучена эффективность совместного применения почвенного гербицида Комманд, КЭ в дозе 0,02 мл/м² и органоминеральных удобрений Росток и Стимулайф при возделывании рассады табака. Ранее проведенными исследованиями установлено ингибирующее действие гербицида Комманд, КЭ на начальном этапе роста растений. Для снятия токсической нагрузки и улучшения ростовых процессов табака проведены исследования в парниковый и полевой периоды. Осуществлено предпосевное внесение удобрений Росток и Стимулайф в дозах 1,0 и 5,0 мл/м² соответственно, через 2 и 4 нед после посева семян проведено двукратное внесение их с поливной водой из расчета 1 л/м² на гербицидном фоне с оптимальным обеспечением питательными элементами: NH₄ – 10 мг/100 г и NO₃ – 25, Р – 30 и К – 35 мг/100 г. Данная защита от сорных растений позволила не только снизить токсическую нагрузку химического препарата, но и повысить качественные показатели табака. Агрохимикаты увеличили длину растений от корневой шейки до точки роста на 22–32%, до конца вытянутых листьев на 20–36, массу надземной части растений на 39–52, массу корневой системы на 41–69%. Выход стандартной рассады увеличился на 23%. Высаженные в поле растения благодаря эффекту пролонгированного действия качественной рассады под влиянием препаратов Росток и Стимулайф лучше развивались, что в дальнейшем привело к существенной прибавке в урожайности – на 19–22% (НСР₀₅ = 1,88). Использованные удобрения улучшили качество табачного сырья за счет увеличения содержания углеводов и снижения белков.

Ключевые слова: табак, рассада, сорные растения, гербицид Комманд, удобрения, Росток, Стимулайф

APPLICATION OF FERTILIZERS TO REDUCE NEGATIVE HERBICIDAL EFFECT WHEN GROWING TOBACCO SEEDLINGS

Soboleva L.M., Plotnikova T.V.

All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products
Krasnodar, Russia

The effectiveness of combined application of soil herbicide Command, EC at a dose of 0.02 ml/m² and organomineral fertilizers Rostok and Stimulife was studied for cultivation of tobacco seedlings in the conditions of central zone of Krasnodar Territory. Earlier studies established the inhibitory effect of herbicide Command, EC at the initial stage of plant growth. To remove the toxic impact and improve the growth processes of tobacco, research was carried out in the greenhouse and field periods. Fertilizers Rostock and Stimulife were applied before seeds were sown at the doses of 1.0 and 5.0 ml/m², respectively, and twice more with irrigation water 2 and 4 weeks after seeds were sown at the rate of 1 l/m² alongside herbicides with the optimal supply of nutrients: NH₄ – 10 mg/100 g and NO₃ – 25, P – 30 and K – 35 mg/100 g. This protection against weeds made it possible not only to reduce the toxic

effect of a chemical herbicide, but also to increase the quality characteristics of tobacco. Agrochemicals increased the length of plants from the root collar to the growth point by 22–32%, to the end of leaf tips by 20–36%, the weight of the aboveground parts of plants by 39–52%, and the mass of the root system by 41–69%. The yield of standard seedlings increased by 23%. Seedlings planted in the field developed better due to the effect of prolonged action of high-quality seedlings under the influence of Rostock and Stimulife preparations, which subsequently led to a significant increase in yield by 19–22% ($HCP_{05} = 1.88$). The fertilizers used improved the quality of raw tobacco by increasing the content of carbohydrates and reducing proteins.

Keywords: tobacco, seedlings, weeds, herbicide Command, fertilizers, Rostok, Stimulife.

Для цитирования: Соболева Л.М., Плотникова Т.В. Применение удобрений для снижения гербицидной нагрузки при выращивании рассады табака // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 5–11. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-1>

For citation: Soboleva L.M., Plotnikova T.V. Application of fertilizers to reduce negative herbicidal effect when growing tobacco seedlings. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 5–11. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Сорные растения – неотъемлемый фактор присутствия в защищенном грунте при выращивании рассады табака. К доминирующему сорнякам относятся портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), щетинники (*Setaria* L.). При выращивании рассады на небольшой площади возможно ручное удаление сорняков, но при задаче вырастить растения для высадки на площади от 1 га целесообразно использовать химический способ борьбы, т.е. применять гербициды [1–3].

В связи с тем, что в настоящее время разрешенных гербицидов для применения на табаке нет в «Государственном каталоге...»¹, во Всероссийском научно-исследовательском институте табака, махорки и табачных изделий испытан и предложен для использования при выращивании табака почвенный герби-

цид Комманд, КЭ (кломазон, 480 г/л), который широко используют в нашей стране на рапсе, моркови, сое, подсолнечнике и др. [4, 5]. За рубежом препарат Комманд (кломазон, 31,1%)推薦ован при возделывании табака².

Ранее определено, что внесение препарата Комманд, КЭ в дозе 0,02 мл/м² за 2 нед до посева способствует значительному подавлению роста сорных растений. Биологическая эффективность химиката составила по снижению количества сорняков 86–98%, по массе 87–89%³ [6]. Однако отмечено угнетающее действие препарата в начале роста рассады, так называемый эффект «гербицидной ямы», который может проявляться на любой культуре [1, 7–10]. Устранить или снизить этот процесс возможно с помощью органоминеральных удобрений⁴ [11, 12].

Изучив опыт устойчивости других культурных растений к действию гербицидов с помощью удобрений^{5,6}, в систему защиты

¹Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Справочное издание. М., 2019. 848 с.

²Command 3ME. URL: <http://www.cdms.net/ldat/ld324004.pdf> (дата обращения 30.01.2019).

³Соболева Л.М., Плотникова Т.В. Технология применения почвенных гербицидов Комманд и Стомп при выращивании рассады табака // Материалы IX междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2019.

⁴Ещенко Е.Г. Эффективность органоминеральных удобрений из местных источников сырья под яровую пшеницу в условиях Алтайского Предгорья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул: АГАУ, 2007. 18 с.

⁵Мельников Л.Ф. Органоминеральные удобрения. Теория и практика их получения и применения. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2007. 305 с.

⁶Пат. № 2458507 Удобрительно-гербицидная смесь для внесения под зерновые культуры / А.Ю. Измайлова, Т.В. Мочкова, Т.Н. Башкирова, А.И. Круглова. № 2011122231/13; заявл. 02.06.2011; опубл. 20.08.2012; Бюл. № 3.

табака включили агрохимикаты Росток и Стимулайф. Ранее установлено, что обработка рассады табака данными удобрениями улучшала качество рассады за счет стимуляции роста растений и снижения поражения их рассадными гнилями [13, 14].

Цель работы – оценить влияние удобрений Росток и Стимулайф на снижение угнетающего действия почвенного гербицида Комманд, КЭ на рассаду табака в системе защиты культуры от сорной растительности.

Задачи исследования – изучить влияние удобрений Росток и Стимулайф на фоне примененного гербицида на биометрические показатели рассады табака и выход растений с единицы площади; установить воздействие агрохимикатов на рост, развитие и продуктивность растений табака в поле, а также на курительные достоинства табачного сырья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2018, 2019 гг. проведены исследования в парниковом хозяйстве института с целью снижения токсического влияния гербицида Комманд, КЭ на табаке Остролист 316. Гербицид использовали в максимально испытанной эффективной дозе 0,02 мл/м² с совместным внесением удобрений Росток и Стимулайф в дозах 1,0 и 5,0 мл/м² соответственно. Опытные делянки – 1 м², повторность четырехкратная, фон опыта – N₃₅P₃₀K₃₅ мг/100 г почвы. Гербицид вносили в виде водного раствора (1 л рабочего раствора/м²) с заделкой в почву за 2 нед до высеяния семян табака.

При отсутствии осадков от внесения до посева обработанный участок поливали водой – 10–15 л воды/м². Трехкратную обработку удобрениями Росток и Стимулайф применяли до посева семян (за 1–3 дня) и в период вегетации рассады (через 2 и 4 нед после посева) с поливной водой из расчета 1 л/м². Учитывали количество и качество

рассады. В полевых условиях наблюдения проводили на участках с рассадой, высаженной в соответствии с вариантами парникового опыта⁷. Качество табачного сырья определяли по ломкам^{8,9} [15]. Погодные условия за 2 года исследований можно охарактеризовать как благоприятные для выращивания табака. Вегетационный период 2018 г. по температурному режиму превышал данные средней многолетней нормы на 1,5–5,4 °С, по количеству выпавших осадков в мае, июле и сентябре выявлено превышение на 41–86 мм, в апреле отмечен дефицит осадков в количестве 21 мм, в июне – 60, августе – 25 мм. Вегетационный период 2019 г. был теплее средней многолетней нормы на 0,1–6,0 °С. По количеству выпавших осадков, кроме мая (дефицит осадков 2,2 мм) и июня (31,6 мм), отмечено превышение средней многолетней величины на 8,2–102,2 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная характеристика рассады табака по биометрическим показателям выявила, что растения, выращенные на гербицидном фоне, ожидали превосходят по своему развитию те, которые росли без прополки, но существенно отстают от растений с применением удобрений.

Трехкратное внесение в питательную смесь удобрения Росток (1 мл/м²) позволило получить наиболее качественную рассаду и увеличило основные показатели относительно контроля: длину рассады до конца вытянутых листьев на 20%, массу наземной части на 52, массу корней на 69% (см. рис. 1).

Рассада в варианте с применением удобрения Стимулайф несколько уступала по росту и развитию предыдущему варианту, но превосходила контрольные значения: по длине до конца вытянутых листьев на 36%, сырой массе стеблей на 39, массе корней на 41%.

⁷Алёхин С.Н., Плотникова Т.В., Саломатин В.А., Мурзинова И.И., Сидорова Н.В. Методическое руководство по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках / ВНИИТТИ. Краснодар, 2013. 27 с.

⁸Мохнатчев И.Г., Писков В.П., Шерстяных Н.А. Методы анализа табака и табачного дыма. Краснодар: ВИТИМ, 1976. 83 с.

⁹Табак и табачные изделия. Определение алколоидов в табаке. Спектрофотометрический метод: ГОСТ 30038–93. Введ. 1995-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1995.

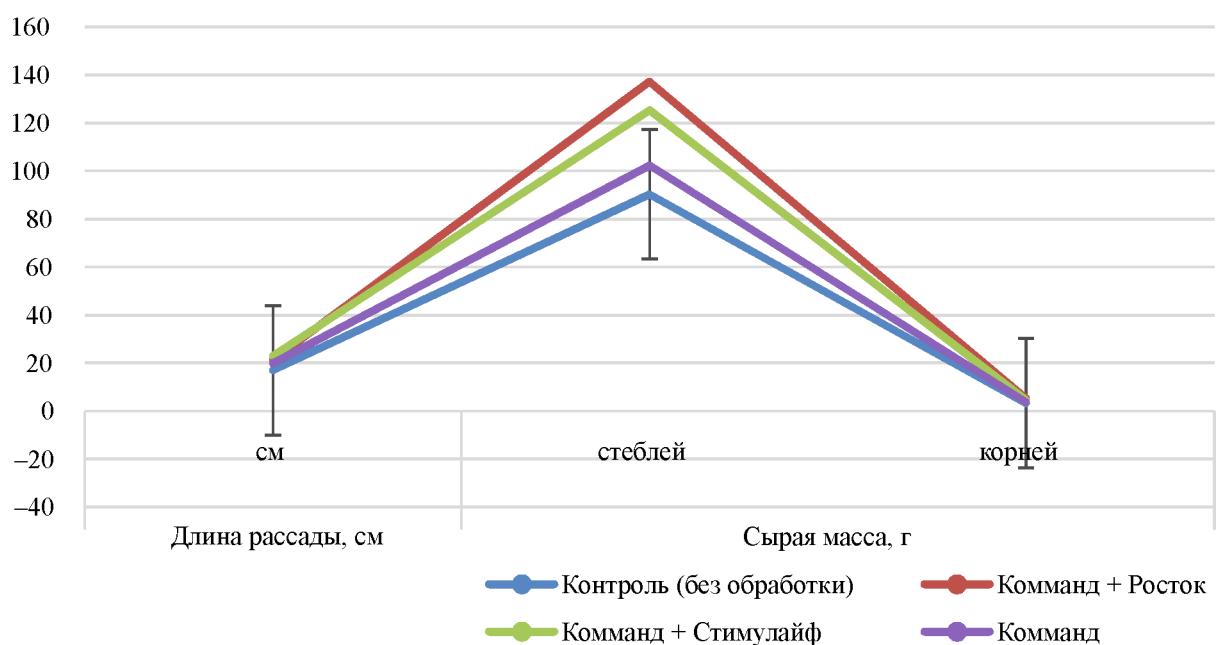


Рис. 1. Влияние совместного применения гербицида с удобрениями на качество стандартной рассады (средние данные за 2018, 2019 гг.)

Fig. 1. Effect of combined application of herbicide with fertilizers on the quality of standard seedlings (average data for 2018, 2019)

Выход стандартной рассады к моменту высадки в поле на делянках с использованием удобрений получен в достаточном количестве – 902–929 шт./м², что превысило контрольные значения на 37–41%.

Использование удобрений в рассадный период имело пролонгированное действие на рост табака в поле. Как следствие этого, произошло увеличение урожайности в варианте с применением удобрения Росток на 36% относительно контроля и относительно гербицида – на 20%. Применение удобрения Стимулайф позволило увеличить урожайность на 35 и 18% соответственно (см. рис. 2).

Проведенная химическая оценка табачного сырья разных сроков ломки с применением удобрений на гербицидном фоне показала, что агрохимикат Росток улучшал курительные достоинства сырья за счет увеличения содержания углеводов относительно контроля в 2,3–3,7 раза и снижения белков в 1,0–1,7 раза. Это положительно повлияло на конечный показатель оценки качества табака – число Шмука (углеводно-белковое соотношение), общий принятый показатель оценки качества



Рис. 2. Влияние совместного применения гербицида Комманд, КЭ и удобрений Стимулайф и Росток на продуктивность табака

Fig. 2. Effect of combined use of herbicide Command, EC and fertilizers Stimulife and Rostock on tobacco productivity

табака относительно других вариантов. Качественным является сырье с числом Шмука выше единицы. Используемые препараты не оказали существенного влияния на количество никотина в табачном сырье во всех трех ломках, которое находилось в пределах значения контрольного варианта (см. таблицу).

Влияние применения удобрений на гербицидном фоне на химический состав табачного сырья
Effect of application of fertilizers alongside the herbicide on chemical composition of raw tobacco

Вариант	Содержание, %			Число Шмукса
	никотина	углеводов	белков	
<i>Первая ломка</i>				
Контроль	0,8	3,2	5,7	0,6
Комманд	0,7	7,9	5,4	1,5
Комманд + Росток	0,7	12,1	5,9	2,1
Комманд + Стимулайф	0,6	11,4	6,2	1,8
<i>Вторая ломка</i>				
Контроль	1,2	10,1	7,3	1,4
Комманд	1,4	8,1	6,2	1,3
Комманд + Росток	1,6	13,0	6,2	2,1
Комманд + Стимулайф	1,8	10,2	6,9	1,5
<i>Третья ломка</i>				
Контроль	1,0	4,7	6,6	0,8
Комманд	1,1	5,5	6,3	0,9
Комманд + Росток	1,1	10,8	6,5	1,7
Комманд + Стимулайф	1,3	5,2	6,6	0,8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана система защиты рассады табака от сорной растительности, основанная на использовании почвенного гербицида Комманд, КЭ (кломазон, 480 г/л) в дозе 0,02 мл/м² совместно с биорациональными агрохимикатами Росток (1,0 мл/м²) и Стимулайф (5,0 мл/м²). Данная система обеспечивала снижение токсической нагрузки гербицида на агроценоз, проявляющееся в повышении запланированного выхода стандартной табачной рассады с единицы парниковской площади к оптимальному сроку высадки в поле на 37–41% и в увеличении урожайности табачного сырья оптимального качества на 35–36%. Способ снижения засоренности посевов и ингибирующего действия гербицида при выращивании рассады табака с применением удобрения Росток защищен патентом РФ¹⁰.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Соболева Л.М., Плотникова Т.В., Саломатин В.А. Результаты применения почвенных гербицидов Комманд и Стомп при выращивании рассады табака // Естественные и технические науки. 2018. № 4. С. 35–39.
- Соболева Л.М., Плотникова Т.В. Борьба с сорной растительностью при выращивании рассады табака с помощью гербицидов Стомп и Комманд // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (53). С. 33–38. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14033.
- Соболева Л.М., Плотникова Т.В. Состояние сорного компонента в табачном агроценозе Краснодарского края и меры борьбы с ним // Инновационное развитие науки и образования: монография / под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. Пенза: Наука и просвещение, 2018. С. 150–169.
- Нецадим Н.Н., Квашин А.А., Мадтабар М.А., Старушка А.В. Применение гербицидов при выращивании подсолнечника на черноземе выщелоченном в условиях Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 104–111. DOI: 10.21515/1999-1703-82-104-111.
- Есипенко Л.П., Савва А.П., Монастырский О.А., Тележенко Т.Н., Марченко Н.А. Эффективность гербицидов в борьбе с амброзией полыннолистной в посевах подсолнечника и сои // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 6. С. 77–81. DOI: 10.21515/1999-1703-75-77-81.

¹⁰Пат. № 2710725 Способ снижения засоренности посевов и ингибирующего действия гербицида при выращивании рассады табака / Т.В. Плотникова, В.А. Саломатин, Л.М. Соболева, Н.В. Сидорова, Е.В. Егорова, Н.Н. Виневская. № 2019124822; заявл. 02.08.2019; опубл. 10.01.2020; Бюл. № 1.

6. Соболева Л.М. Сорные растения табачного агроценоза и меры борьбы с ними: монография. Краснодар, 2017. 180 с.
7. Филипчук О.Д., Соболева Л.М. Фюзилад-супер для защиты табака // Защита и карантин растений. 2006. № 3. С. 29–34.
8. Филипчук О.Д., Соболева Л.М. Противозлаковые гербициды в системе защиты табака // Агрохимия. 2008. № 11. С. 34–42.
9. Соболева Л.М. Влияние противозлаковых гербицидов на засоренность и повышение продуктивности табака // Агро XXI. 2008. № 10–12. С. 31–32.
10. Кравцов А.М., Загорулько А.В., Кравцова Н.Н. Влияние плодородия почвы, удобрений и гербицидов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы по различным пропашным предшественникам // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 5. С. 71–81. DOI: 10.21515/1999-1703-74-71-81.
11. Соболева Л.М., Плотникова Т.В., Сидорова Н.В. Система применения гербицидов при выращивании рассады табака // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 3. С. 121–125. DOI: 10.21515/1999-1703-78-121-125.
12. Плотникова Т.В., Сидорова Н.В., Егорова Е.В. Результаты применения органических удобрений на деградированной питательной смеси рассадника при выращивании табака // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 5. С. 24–27.
13. Плотникова Т.В., Сидорова Н.В., Егорова Е.В. Целесообразность использования органоминерального удобрения Стимулайф при выращивании рассады табака (*Nicotiana tabacum* L.) на деградированном питательном субстрате // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 2. С. 60–64.
14. Плотникова Т.В., Сидорова Н.В., Егорова Е.В. Оценка эффективности применения новых удобрений в табаководстве // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 141–146. DOI: 10.21515/1999-1703-76-141-146.
15. Шмук А.А. Химия и технология табака: монография. М.: Пищепромиздат, 1959. Т. 3. 187 с.
1. Soboleva L.M., Plotnikova T.V., Salomatin V.A. The results of the application of soil herbicides Command and Stomp when growing tobacco seedlings. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Natural and Technical Sciences*, 2018, no. 4, pp. 35–39. (In Russian).
2. Soboleva L.M., Plotnikova T.V. Weed control when growing tobacco seedlings using herbicides Stomp and Command. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 4 (53), pp. 33–38. (In Russian). DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14033.
3. Soboleva L.M., Plotnikova T.V. *The state of the weed component in the tobacco agroecosystem of the Krasnodar Territory and measures to control it. Innovative development of science and education /* pod obshch. red. G.Yu. Gulyaeva. Penza: Nauka i prosvetshenie Publ., 2018, pp. 150–169. (In Russian).
4. Neshchadim N.N., Kvashin A.A., Madabar M.A., Starushka A.V. Herbicide application in sunflower cultivation on leached chernozem in the Western Ciscaucasia. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Kuban State Agrarian University*, 2020, no. 1, pp. 104–111. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-82-104-111.
5. Esipenko L.P., Savva A.P., Monastyrskii O.A., Telezhenko T.N., Marchenko N.A. The herbicides efficiency against common ragweed in crops of sunflower and soybean. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Kuban State Agrarian University*, 2018, no. 6, pp. 77–81. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-75-77-81.
6. Soboleva L.M. *Weed plants of tobacco agroecosystem and control measures*. Krasnodar, 2017, 180 p. (In Russian).
7. Filipchuk O.D., Soboleva L.M. Fuzilad-super for tobacco protection. *Zashchita i karantin rastenii universiteta = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2006, no. 3, pp. 29–34. (In Russian).
8. Filipchuk O.D., Soboleva L.M. Graminicides in tobacco protection system. *Agrokhimiya = Agrochemistry*, 2008, no. 11, pp. 34–42. (In Russian).
9. Soboleva L.M. The effect of graminicides on weed infestation and on the increase in the productivity of tobacco. *Agro XXI*, 2008, no. 10–

REFERENCES

- 12, pp. 31–32. (In Russian).
10. Kravtsov A.M., Zagorul'ko A.V., Kravtsova N.N. Soil fertility, fertilizers and herbicides influence on winter wheat yielding capacity and grain quality on various tilled predeces-sors. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Kuban State Agrarian University*, 2018, no. 5, pp. 71–81. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-74-71-81.
11. Soboleva L.M., Plotnikova T.V., Sidorova N.V. Herbicides applying system for tobacco seedlings growing. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Kuban State Agrarian University*, 2019, no. 3, pp. 121–125. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-78-121-125.
12. Plotnikova T.V., Sidorova N.V., Egorova E.V. Results of the use of organic fertilizers on de-graded nutrient mixture of tobacco growth nurs-ery. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2017, no. 5, pp. 24–27. (In Russian).
13. Plotnikova T.V., Sidorova N.V., Egorova E.V. Expedience of utilizing organomineral ferti-lizer Stimulife on degraded greenhouse soil for tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seedling grow-ing. *Problemy agrokhimii i ekologii = Agro-chemistry and Ecology Problems*, 2018, no. 2, pp. 60–64. (In Russian).
14. Plotnikova T.V., Sidorova N.V., Egorov E.V. Assessment of new type fertilizers efficiency for tobacco growing. *Trudy Kubanskogo gosu-darstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Kuban State Agrarian University*, 2019, no. 1, pp. 141–146. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-76-141-146.
15. Shmuk A.A. *Chemistry and technology of to-bacco*. M.: Pishchepromizdat Publ., 1959, vol. 3, 187 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Соболева Л.М.**, кандидат сельскохозяй-ственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 350072, Красно-ддарский край, г. Краснодар, ул. Московская, 42; **e-mail:** agrotobacco@mail.ru

Плотникова Т.В., кандидат сельскохозяй-ственных наук, заведующая лабораторией; **e-mail:** agrotobacco@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Larissa M. Soboleva**, Candidate of Sci-ence in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 42, Moskovskaya St., Krasnodar, Krasnodar Terri-tory, 350072, Russia; **e-mail:** agrotobacco@mail.ru

Tatyana V. Plotnikova, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head; **e-mail:** agrotobac-co@mail.ru

Дата поступления статьи 10.09.2020
Received by the editors 10.09.2020



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-2>

УДК: 632.4.01/08:535.37

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

АДАПТАЦИЯ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ГИПЕРТЕРМИИ, ХЛОРИДНОМ ЗАСОЛЕНИИ И ИНФИЦИРОВАНИИ *BIPOLARIS SOROKINIANA* SHOEM.

Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е.

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

В модельных лабораторных вегетационных опытах исследованы адаптивные реакции 10-суточных проростков сортов пшеницы Новосибирская 44, Новосибирская 18, Сибирская 21 и Омская 18 одновременно к нескольким стрессовым факторам среды. Исследованы изменение показателей роста, накопление сырой и сухой биомассы, проницаемости клеточных мембран по удельной электропроводности листьев и индексу развития болезни при раздельном и совместном действии возбудителя обыкновенной корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* Shoem. (5000 конидий на одно зерно), хлоридного засоления (1,3%) и гипертермии семян (43 °C). Раздельное действие *B. sorokiniana* и хлоридного засоления на проростки пшеницы вызывало в основном снижение адаптационной способности и потерю устойчивости сортов: снижение роста до 57,2%, уменьшение биомассы до 37,2%, увеличение удельной электропроводности до 5,7 раза и индекса развития болезни до 180,7%. Наиболее устойчив к патогену сорт Сибирская 21, к хлоридному засолению – Омская 18. При одновременном действии стрессоров формировались два типа адаптивных реакций. Усиление негативного действия стрессоров (потеря устойчивости, восприимчивость) выявлено у сорта Новосибирская 18, компенсация негативного действия стрессоров (приобретение устойчивости, толерантность) – у сорта Сибирская 21. Предварительная гипертермия семян повышала устойчивость проростков (по типу кросс-адаптации) к последующему раздельному и совместному действию хлоридного засоления и *B. sorokiniana*: снижение удельной электропроводности до 56,2%, индекса развития болезни до 1,6 раза, ингибиции накопления биомассы и роста до 5,2 раза. Выявлена сортовая специфика формирования адаптивных реакций при совместном действии стрессоров. Протекторный эффект гипертермии при последующем действии засоления и патогена наиболее выражен у сортов Новосибирская 44 и Сибирская 21.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, адаптация, кросс-адаптация, обыкновенная корневая гниль злаков, хлоридное засоление, гипертермия

ADAPTATION OF WHEAT VARIETIES TO HYPERTERMIA, CHLORIDE SALINITY AND *BIPOLARIS SOROKINIANA* SHOEM. INFECTION

Gurova T.A., Svezhintseva E.A., Chesnochenko N.E.

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

The adaptive responses of 10-day-old seedlings of wheat varieties Novosibirskaya 44, Novosibirskaya 18, Sibirskaya 21, and Omskaya 18 were studied simultaneously to several stress factors of the environment in model laboratory vegetation experiments. Changes in growth indicators, accumulation of wet and dry biomass, permeability of cell membranes according to the specific electric conductivity of leaves and the index of disease development were studied under separate and combined action of the pathogen of common root rot *Bipolaris sorokiniana* (5000 conidia per grain),

chloride salinity (1.3%), and hyperthermia of seeds (43 °C). Separate action of *B. sorokiniana* and chloride salinity on wheat seedlings mainly caused a decrease in adaptive capacity and loss of cultivar resistance: a decrease in growth to 57.2%, a decrease in biomass to 37.2%, an increase in electric conductivity up to 5.7 times and an index of disease development up to 180.7%. Sibirskaya 21 variety is the most resistant to the pathogen, and Omskaya 18 is the most resistant to chloride salinity. Two types of adaptive reactions were formed with the simultaneous action of stressors. An increase in the negative effect of stressors (loss of resistance, susceptibility) was found in Novosibirskaya 18 variety, and the compensation of the negative effect of stressors (the acquisition of resistance, tolerance) was found in the Sibirskaya 21 variety. Preliminary hyperthermia of seeds increased the resistance of seedlings (in the form of cross-adaptation) to the subsequent separate and combined action of chloride salinity and *B. sorokiniana*: a decrease in the specific electric conductivity to 56.2%, the index of disease development to 1.6 times, inhibition of biomass accumulation and growth up to 5.2 times. The varietal specificity of the formation of adaptive reactions under the combined action of stressors was revealed. The protective effect of hyperthermia during the subsequent action of salinity and pathogen is most evident in Novosibirskaya 44 and Sibirskaya 21 varieties.

Keywords: soft spring wheat, adaptation, cross-adaptation, common root rot of grain varieties, chloride salinity, hyperthermia

Для цитирования: Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е. Адаптация сортов пшеницы при гипертермии, хлоридном засолении и инфицировании *Bipolaris sorokiniana* Shoem. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 12–25. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-2>

For citation: Gurova T.A., Svezhintseva E.A., Chesnchenko N.E. Adaptation of wheat varieties to hyperthermia, chloride salinity and *Bipolaris sorokiniana* Shoem. infection. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 12–25. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Пшеницу яровую в Сибирском регионе возделывают в условиях изменения климата, характеризующегося резкими колебаниями температур, которые согласно одному из сценариев изменения климата будут усиливаться, особенно в ранневесенний период вегетации¹ [1]. Помимо неблагоприятного температурного режима, на ранних этапах онтогенеза растения пшеницы подвержены различного вида инфекциям. Одно из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний – обыкновенная корневая гниль злаков. Ее возбудителем *Bipolaris sorokiniana* Shoem. заселено 70–75% пахотных черноземов Западной Сибири, что на 10–15% снижает урожайность и ухудшает их качество

[2]. В последние годы появились сообщения об усилении вредоносности болезни в лесостепи Западной Сибири [3].

К одному из основных лимитирующих факторов, негативно влияющих на рост и развитие пшеницы, относится также засоление почвы [4]. В Западно-Сибирском регионе общая площадь засоленных почв составляет 8,8 млн га, в том числе пашни 4,4 млн га². Дальнейшему расширению посевных площадей сельскохозяйственных культур препятствует и вторичное засоление пахотных земель, площадь которых увеличивается³. Выращивание зерновых культур на засоленных почвах сопровождается значительным снижением продуктивности и ухудшением качества урожая [5].

¹Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. М.: Росгидромет, 2005. 28 с.

²Семеняева Н.В. Агроэкологические особенности мелиорации солонцов Западной Сибири // Проблемы стабилизации и развития сельскохозяйственного производства Сибири, Монголии и Казахстана в 21 веке: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 20–23 июля 1999). Новосибирск, 1999. Ч. 1. С. 108–110.

³Освоение солонцовых земель Барабы и Северной Кулунды: метод. пособие / СО РАСХН СибНИИЗХим. Новосибирск, 2006. 28 с.

Одним из способов, позволяющих преодолеть негативное действие комплекса стрессовых факторов среды, может быть использование толерантных сортов, особенно местной селекции [6, 7]. В связи с этим возникает необходимость исследования адаптации сортов, т.е. процесса формирования систем устойчивости, обеспечивающей рост и развитие растений в неблагоприятных условиях среды.

Известно о неоднозначной реакции растений на комбинированный биотический и абиотический стресс – от усиления до компенсации негативного влияния стрессоров, возникающего при их одновременном действии [8, 9]. В большинстве случаев одновременное действие абиотических стрессоров (засуха, экстремальная температура, питательный стресс или засоленность) приводит к ослаблению иммунитета растений и повышенной чувствительности к биотическим стрессам [10]. В некоторых сочетаниях биотических и абиотических стрессоров растения сильнее реагируют на один из них, участвующих в комбинации [11]. При этом ответная реакция растений на совокупность различных стрессоров уникальна и не может быть экстраполирована по реакции каждого из отдельных стрессоров [8]. Эти неоднозначные результаты свидетельствуют о том, что положительное или отрицательное воздействие комбинации стрессоров может определяться конкретным генотипом растения, сорта, вида или сроками и интенсивностью стрессов.

При последовательном действии стрессоров возникает кросс-адаптация – процесс повышения устойчивости организма к конкретному стрессовому фактору в результате адаптации к фактору иной природы. По современным представлениям, кросс-адаптация базируется в первую очередь на функционировании в растениях общих (неспецифических) механизмов устойчивости к двум или нескольким факторам различной природы. Эти механизмы направлены на экономию энергетических и структурных ресурсов растительных организмов в стрессовых условиях [12]. Предполагается, что

индуцирование кросс-адаптации обусловлено перекрыванием сигнальных путей и систем растений, в первую очередь антиоксидантной защитной системы [13, 14].

К настоящему времени недостаточно сведений о совместном действии абиотических и биотических стрессоров из-за сложности моделирования стрессов в лабораторных условиях и отсутствия единого мнения о совпадении оценок полученных результатов в лабораторных и полевых условиях.

Цель исследования – изучить адаптивные реакции сортов мягкой яровой пшеницы при раздельном и совместном действии возбудителя обыкновенной корневой гнили, хлоридного засоления и повышенной температуры для оценки их устойчивости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа выполнена в лаборатории изучения физических процессов в агрофитоценозах Сибирского физико-технического института аграрных проблем СФНЦА РАН.

Для изучения адаптивных реакций проводили вегетационные опыты (водные культуры) в лабораторных условиях при раздельном и совместном действии хлорида натрия, возбудителя обыкновенной корневой гнили злаков и повышенной температуры (прогрев семян) на проростки районированных сортов яровой пшеницы Новосибирская 44, Новосибирская 18, Сибирская 21 селекции СибНИИРС – ИЦиГ СО РАН и Омская 18 селекции Омского АНЦ.

Варианты опытов:

- контроль (семена без прогрева) и повышенная температура (прогрев семян);
- семена без прогрева + инфицирование *B. sorokiniana*;
- семена без прогрева + хлоридное засоление;
- семена без прогрева + инфицирование *B. sorokiniana* + хлоридное засоление;
- прогрев семян + инфицирование *B. sorokiniana*;
- прогрев семян + хлоридное засоление;
- прогрев семян + инфицирование *B. sorokiniana* + хлоридное засоление.

Семена пшеницы предварительно стерилизовали 96%-м этиловым спиртом в течение 2 мин с последующим трехкратным промыванием дистиллированной водой. Прогрев семян проводили в течение 20 мин на водяной бане по методике ВИР⁴. После остывания семена раскладывали в чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой и проращивали в термостате при температуре 22 °С в течение трех суток. Одновременно проращивали замоченные пробы семян без прогрева. Инфицирование семян проводили в фазе прорастания (на третьи сутки культивирования) конидиальной супензией смеси среднепатогенных изолятов *B. sorokiniana*, приготовленной на 0,1%-м водном агаре (по одной капле на одно зерно).

Уровни стрессовых нагрузок – конидиальная супензия *B. sorokiniana* 5000 конидий на одно зерно, концентрация хлорида натрия (NaCl) 1,3% и температура 43 °С – определены нами в специально проведенных вегетационных опытах. Данные уровни позволяют дифференцировать сорта пшеницы сибирской селекции при оценке их устойчивости к указанным стрессовым факторам^{5,6} [15].

Далее растения выращивали в рулонной культуре на водопроводной воде (варианты – контроль и инфекционный фон) и хлориде натрия в климатической камере «Биотрон-7» (разработка СибФТИ СФНЦА РАН) при фотопериоде «день – ночь» 16 и 8 ч соответственно, освещенности 20 000 и 0 лк («день – ночь»), температуре 22 и 18 °С («день – ночь»), влажности 60%. Адаптивную реакцию 10-суточных проростков сортов пшеницы оценивали по комплексу следующих показателей: изменению проницаемости клеточных мембран по удельной электропроводности (УЭП) настоев листьев,

линейным размерам и накоплению сырой и сухой биомассы ростков и корней, индексу развития болезни (ИРБ) на проростках⁷. Удельную электропроводность измеряли на лабораторном кондуктометре edge EC, HANNA Instruments (Германия). Повторность опытов 4–6-кратная. Репрезентативная выборка – 200 проростков в каждом варианте опыта. Экспериментальные данные математически обрабатывали с помощью программы Statistica 6,0. Ошибка среднего не превышала 3–5%. Проведено три серии экспериментов. Реакцию сорта определяли по относительному изменению измеряемых параметров проростков после экспозиции растений на стрессорах. Чем меньше изменения параметров, тем выше устойчивость сорта в исследуемой группе сортов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Адаптивные реакции сортов пшеницы при инфицировании *B. sorokiniana*.* При действии возбудителя корневой гнили у злаковых растений модифицируются процессы запасания энергии, дыхания, активности ферментов, нарушается целостность мембран, что приводит к частичной утечке электролитов из клеток [16]. Уровень толерантности сортов к патогену определяется их реакцией на стресс во время роста и развития.

Инфицирование непрогретых семян конидиальной супензией изолятов *B. sorokiniana* привело к увеличению степени поражения первичных корней и колеоптиле проростков, ИРБ достоверно увеличился у всех сортов от 81,2 (Новосибирская 44) до 180,7% (Новосибирская 18) по сравнению с контролем (см. табл. 1). Действие патогена вызывало нестабильность клеточных мембран листьев проростков, показатель

⁴Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: метод. рекомендации / под ред. Г.В. Удовенка. Л., 1988. 228 с.

⁵Пат. RU 2446671 МПК A01G7/00, A01H1/04. Способ определения относительной устойчивости сортов мягкой яровой пшеницы к хлоридному засолению / Т.А. Гурова, В.Ю. Березина, Н.С. Кузерубова. Опубл. 10.04.2012.

⁶Пат. RU 2625027 МПК A01C12N 1/14, A01H 5/12. Способ определения относительной устойчивости сортов мягкой яровой пшеницы к возбудителю обыкновенной корневой гнили злаков / Т.А. Гурова, В.В. Альт, О.С. Луговская. Опубл. 11.07.2017.

⁷Гурова Т.А., Денисюк С.Г., Луговская О.С., Свежинцева Е.А., Минеев В.В. Методические положения ранней диагностики устойчивости яровой пшеницы и ячменя к совокупному действию стрессоров. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. 62 с.

Табл. 1. Показатели проростков сортов яровой пшеницы при раздельном и совместном действии стрессоров без нагрева семян ($M \pm m$)
Table 1. Indicators of seedlings of spring wheat varieties under separate and combined action of stressors without heating the seeds ($M \pm m$)

Вариант, без нагрева	Индекс развития болезни, %	Удельная электропроводность, С _{М/М}	Длина, мм				Показатель				Сухая биомасса, мг			
			ростков	корней	проростка	ростков	корней	проростка	ростков	корней	ростков	корней	проростка	
<i>Новосибирская 44</i>														
Контроль	1,6 ± 0,02	4,3 ± 0,1	15,3 ± 0,6	9,3 ± 0,3	24,6 ± 0,7	90,2 ± 1,2	86,2 ± 3,9	176,4 ± 3,4	13,3 ± 1,0	10,7 ± 0,6	24,0 ± 0,6			
<i>B. sorokiniana</i>	2,9 ± 0,3*	5,9 ± 0,1*	13,8 ± 0,3*	8,1 ± 0,4*	21,9 ± 0,4*	85,0 ± 2,2	60,6 ± 1,4*	145,6 ± 1,5*	11,9 ± 0,4*	8,0 ± 0,3*	19,9 ± 0,3*			
NaCl	0,6 ± 0,02*	9,3 ± 0,2**	12,0 ± 0,2*	5,7 ± 0,2*	17,7 ± 0,3*	76,2 ± 3,6*	64,8 ± 3,7*	141,0 ± 2,5*	11,4 ± 0,9*	9,3 ± 0,5*	20,7 ± 0,8*			
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	0,9 ± 0,05*	16,2 ± 0,3**	13,2 ± 0,2*	4,6 ± 0,2*	17,8 ± 0,1*	79,4 ± 1,9*	57,8 ± 2,8*	137,2 ± 2,1*	12,2 ± 0,2	7,9 ± 0,4*	20,1 ± 0,4*			
<i>Новосибирская 18</i>														
Контроль	1,5 ± 0,01	3,5 ± 0,1	19,6 ± 0,4	13,8 ± 0	33,4 ± 0,5	100,1 ± 2,9	85,0 ± 2,5	185,1 ± 5,2	15,8 ± 0,8	9,2 ± 0,1	25,0 ± 1,3			
<i>B. sorokiniana</i>	4,2 ± 0,3**	5,8 ± 0,1*	16,1 ± 0,8*	9,2 ± 0,5*	25,3 ± 1,2*	74,7 ± 1,6*	53,4 ± 1,3*	128,1 ± 2,2*	10,1 ± 0,1*	5,9 ± 0,1*	16,0 ± 0,1*			
NaCl	2,5 ± 0,01*	20,1 ± 0,5**	13,0 ± 0,7*	5,9 ± 0,1*	18,9 ± 0,7*	68,2 ± 1,2*	55,1 ± 1,5*	123,3 ± 2,1*	11,1 ± 0,3*	8,0 ± 0,4*	19,1 ± 0,5*			
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	7,4 ± 0,4**	25,5 ± 0,9**	12,7 ± 0,2*	6,1 ± 0,4*	18,8 ± 0,4*	63,2 ± 0,9*	51,9 ± 0,9*	115,2 ± 1,5*	10,1 ± 0,1*	7,6 ± 0,2*	17,7 ± 0,1*			
<i>Омская 18</i>														
Контроль	2,5 ± 0,03	4,4 ± 0,2	16,4 ± 0,6	10,9 ± 0,2	27,3 ± 0,7	93,0 ± 1,2	97,0 ± 3,9	190,0 ± 1,4	13,9 ± 0,1	10,0 ± 0,3	23,9 ± 0,6			
<i>B. sorokiniana</i>	6,0 ± 0,3*	6,5 ± 0,3*	13,9 ± 0,2*	8,8 ± 0,1*	22,7 ± 0,4*	79,0 ± 2,9*	74,1 ± 1,4*	153,1 ± 1,0*	11,2 ± 0,1*	8,2 ± 0,2*	19,4 ± 1,1*			
NaCl	0,5 ± 0,02*	9,3 ± 0,2*	13,1 ± 0,1*	5,8 ± 0,1*	18,9 ± 0,2*	71,0 ± 1,6*	72,5 ± 1,7*	143,5 ± 0,5*	12,3 ± 0,2	9,9 ± 0,1	22,2 ± 0,3			
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	1,1 ± 0,5*	11,6 ± 0,2**	12,7 ± 0,2*	6,1 ± 0,2*	18,9 ± 0,3*	71,5 ± 1,2*	72,2 ± 1,9*	143,7 ± 0,8*	11,9 ± 0,1*	9,2 ± 0,1	21,1 ± 0,3			
<i>Сибирская 21</i>														
Контроль	1,8 ± 0,2	4,8 ± 0,2	15,6 ± 0,4	10,3 ± 0,4	25,9 ± 0,9	74,0 ± 3,6	91,9 ± 2,8	165,9 ± 3,5	12,3 ± 0,6	10,8 ± 0,2	23,1 ± 1,3			
<i>B. sorokiniana</i>	4,0 ± 0,3*	5,9 ± 0,1*	16,4 ± 0,5	10,5 ± 0,7	26,9 ± 1,1	84,0 ± 0,2*	90,7 ± 2,3	174,7 ± 2,8	13,8 ± 0,5	9,1 ± 0,2*	22,9 ± 0,4			
NaCl	3,5 ± 0,1*	14,8 ± 0,1**	11,8 ± 0,3*	6,1 ± 0,1*	17,9 ± 0,3*	57,0 ± 1,3*	69,7 ± 1,6*	126,7 ± 0,3*	9,5 ± 0,4*	8,5 ± 0,1*	18,0 ± 0,3*			
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	2,8 ± 0,2*	15,6 ± 0,4**	12,7 ± 0,2*	6,7 ± 0,2*	19,4 ± 0,3*	60,4 ± 0,7*	73,6 ± 2,5*	134,0 ± 1,8*	9,9 ± 0,2*	8,6 ± 0,3*	18,5 ± 0,5*			

Приимечания. Здесь и в табл. 2 различия с контролем достоверны на уровне значимости:

*5%-%-M,

**1%-%-M.

УЭП у всех сортов увеличился от 22,9 (Сибирская 21) до 65,7% (Новосибирская 18) по сравнению с контролем. При этом отмечено синхронное изменение показателей УЭП и ИРБ. При действии патогена на ростовые процессы и накопление сырой и сухой биомассы выявлена различная сортовая реакция. Патоген не влиял на рост и накопление сырой и сухой биомассы проростков сортов Сибирская 21 и Новосибирская 44, за исключением показателей сырой и сухой биомассы корней и проростка у Новосибирской 44 (достоверное снижение на 17,1–29,7% по сравнению с контролем). У сортов Новосибирская 18 и Омская 18 отмечено достоверное снижение роста и накопления биомассы по сравнению с контролем, наиболее выраженное у сорта Новосибирская 18, особенно сухой биомассы ростков и сырой биомассы корней (36,1 и 37,2% соответственно). В результате проведенного ранжирования изменения показателей проростков устойчивость сортов к *B. sorokiniana* изменялась в ряду по убыванию: Сибирская 21 – Новосибирская 44 – Омская 18 – Новосибирская 18. У более устойчивого сорта Сибирская 21 при действии патогена наблюдали только достоверное изменение трех показателей – увеличение УЭП, ИРБ и сухой биомассы корней на 22,9; 122,0 и 15,7% соответственно при недостоверном изменении остальных показателей.

Известно, что температура влияет на устойчивость растений к болезням. Высокая температура чаще подавляет иммунитет растений или их устойчивость к болезням [17, 18]. В наших экспериментах после предварительного прогрева семян и последующего их инфицирования *B. sorokiniana* наблюдали кросс-адаптацию, выраженную как ослабление патологического действия возбудителя болезни на проростки, а также сортовую специфику проявления ответных реакций (см. табл. 2). Установлено снижение ингибирования следующих показателей: УЭП у всех сортов от 12,0 (Сибирская 21) до 71,9% (Новосибирская 18), ИРБ у всех сортов от 12,6 (Новосибирская 18) до 29,7% (Новосибирская 44), роста и накопления сырой и

сухой биомассы у сортов Новосибирская 18, Омская 18 от 34,0 до 95,4% по сравнению с вариантом без прогрева семян. У сортов Сибирская 21 и Новосибирская 44 достоверного влияния предварительной гипертермии семян на рост и накопление биомассы проростков не выявлено. Таким образом, у сортов Новосибирская 18 и Омская 18 наблюдали более выраженную реакцию на биостресс в отсутствие гипертермии семян и в то же время более сильную адаптационную способность к действию патогена после температурного закаливания семян, особенно у Новосибирской 18 (см. рис. 1). Сорта Сибирская 21 и Новосибирская 44 оказались более устойчивыми к действию патогена также после прогрева семян: достоверно изменились только показатели УЭП и ИРБ по сравнению с контролем. Однако кросс-адаптация проявлялась и у них как снижение ингибирования достоверно меняющихся показателей УЭП, ИРБ и сухой биомассы ростков, корней и проростков в диапазоне от 23,8 до 91,7% по сравнению с вариантом без прогрева семян.

Можно предположить, что предварительный прогрев семян активизирует защитные механизмы растений и поддерживает их длительное время в активном состоянии. Последующее действие патогена повышает уровень сигнальных молекул, и уже активизированные защитные системы пытаются предотвратить развитие биотического стресса.

Адаптивные реакции сортов пшеницы при хлоридном засолении. Засоление среды отрицательно влияет на метаболизм растений, вызывая ионную токсичность, осмотический и окислительный стрессы [19, 20]. Одним из видимых симптомов действия засоления является нарушение роста проростков, выражющееся в ингибировании роста корня и побега. Кроме этого, соли вызывают дезорганизацию клеточных мембран и изменяют ее ионную проницаемость [21].

В варианте без прогрева семян хлоридное засоление в концентрации 1,3% оказывало сильное деструктивное действие на состояние клеточных мембран проростков,

Табл. 2. Показатели проростков сортов яровой пшеницы при раздельном и совместном действии стрессоров с нагревом семян до 43 °C (M ± m)
Table 2. Indicators of seedlings of spring wheat varieties under separate and combined action of stressors with heating the seeds to 43°C (M ± m)

Вариант	Индекс развития болезни, %	Удельная электропроводность, См/м	Длина, мм				Показатель				Сухая биомасса, мг		
			ростков	корней	проростка	ростков	корней	проростка	ростков	корней	проростка	ростков	корней
<i>Новосибирская 44</i>													
Контроль	1,4 ± 0,3	5,7 ± 0,1	14,1 ± 0,5	7,4 ± 0,3	21,5 ± 0,6	83,5 ± 1,7	63,6 ± 1,6	147,1 ± 2,9	11,7 ± 1,0	7,5 ± 0,4	19,2 ± 0,5		
<i>B. sorokiniana</i>	2,2 ± 0,4*	2,9 ± 0,1*	14,0 ± 0,7	7,6 ± 0,5	21,6 ± 0,8	78,0 ± 2,8	58,9 ± 2,8	136,9 ± 2,0	11,5 ± 1,2	8,3 ± 0,3	19,8 ± 0,4		
NaCl	0,4 ± 0,1*	22,0 ± 0,2**	12,6 ± 0,1*	5,6 ± 0,2*	18,2 ± 0,6*	76,4 ± 2,3	64,2 ± 2,6	140,6 ± 2,4	11,2 ± 0,9	8,5 ± 0,6*	19,7 ± 0,5		
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	0,8 ± 0,2*	10,6 ± 0,2**	13,1 ± 0,4	4,3 ± 0,2*	17,4 ± 0,5*	80,7 ± 2,5	57,8 ± 2,0	138,5 ± 1,1	11,5 ± 1,0	7,8 ± 0,3	19,3 ± 0,4		
<i>Новосибирская 18</i>													
Контроль	1,2 ± 0,2	3,8 ± 0,4	16,5 ± 0,3	11,9 ± 0,6	28,4 ± 0,7	86,9 ± 0,8	70,1 ± 0,9	157,0 ± 1,6	13,8 ± 0,4	7,8 ± 0,6	21,6 ± 1,0		
<i>B. sorokiniana</i>	3,1 ± 0,9**	3,1 ± 0,1	17,5 ± 0,6	10,6 ± 1,8	28,1 ± 2,2	85,7 ± 0,7	58,6 ± 0,7*	134,3 ± 1,2*	13,3 ± 0,3	6,8 ± 0,3*	20,1 ± 0,5		
NaCl	2,0 ± 0,4*	26,3 ± 0,6**	13,1 ± 0,3*	6,2 ± 0,2*	19,3 ± 0,3*	64,8 ± 0,3*	52,2 ± 0,4*	117,0 ± 0,3*	11,1 ± 0,1*	7,6 ± 0,5	18,7 ± 0,6*		
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	3,3 ± 0,6**	38,7 ± 0,9**	13,7 ± 0,6*	5,5 ± 0,5*	19,2 ± 0,9*	61,5 ± 0,1*	41,1 ± 0,1*	102,6 ± 0,2*	9,5 ± 0,1*	5,7 ± 0,3*	15,2 ± 0,4*		
<i>Омская 18</i>													
Контроль	1,7 ± 0,3	4,1 ± 0,1	15,8 ± 0,5	8,9 ± 1,0	24,7 ± 1,2	85,0 ± 1,7	88,0 ± 3,7	173,0 ± 4,1	14,9 ± 0,4	9,4 ± 0,5	24,3 ± 1,4		
<i>B. sorokiniana</i>	3,9 ± 0,4*	4,7 ± 0,1*	15,0 ± 0,2	9,5 ± 0,6	24,5 ± 0,8	81,0 ± 0,8	79,0 ± 2,8	160,0 ± 2,0	13,0 ± 0,2*	8,3 ± 0,3	21,3 ± 0,4*		
NaCl	0,8 ± 0,1*	8,5 ± 0,2**	14,3 ± 0,2	7,3 ± 0,1*	21,6 ± 0,6*	71,0 ± 0,3*	72,0 ± 2,6*	143,0 ± 2,4*	12,4 ± 0,3*	9,2 ± 0,2	21,6 ± 0,5		
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	0,9 ± 0,1*	10,0 ± 0,2**	13,5 ± 0,2*	5,9 ± 0,2*	19,4 ± 0,5*	72,0 ± 0,5*	67,0 ± 0,6*	139,0 ± 1,1*	11,8 ± 0,1*	8,1 ± 0,4*	19,9 ± 0,1*		
<i>Сибирская 21</i>													
Контроль	1,4 ± 0,2	6,9 ± 0,1	15,4 ± 0,7	7,2 ± 0,7	22,6 ± 1,8	71,6 ± 4,2	77,5 ± 4,4	149,1 ± 6,3	12,7 ± 0,4	7,9 ± 0,4	20,6 ± 1,3		
<i>B. sorokiniana</i>	2,7 ± 0,5	5,5 ± 0,2*	15,2 ± 0,3	7,7 ± 0,4	22,9 ± 0,3	69,0 ± 1,1	72,0 ± 3,7	141,0 ± 3,1	12,4 ± 0,4	8,0 ± 0,4	20,4 ± 0,7		
NaCl	2,3 ± 0,3*	13,2 ± 0,2**	12,0 ± 0,6*	7,0 ± 0,1	19,0 ± 0,7*	56,0 ± 3,4*	86,5 ± 5,0	142,5 ± 1,7	10,4 ± 0,2*	9,2 ± 0,3*	19,6 ± 0,5		
<i>B. sorokiniana</i> + NaCl	1,9 ± 0,1*	13,4 ± 0,4**	13,7 ± 0,1	6,8 ± 0,4	20,5 ± 0,4	63,0 ± 0,7	70,7 ± 1,7	133,7 ± 2,0	10,2 ± 0,2*	8,5 ± 2,7	18,7 ± 0,2		

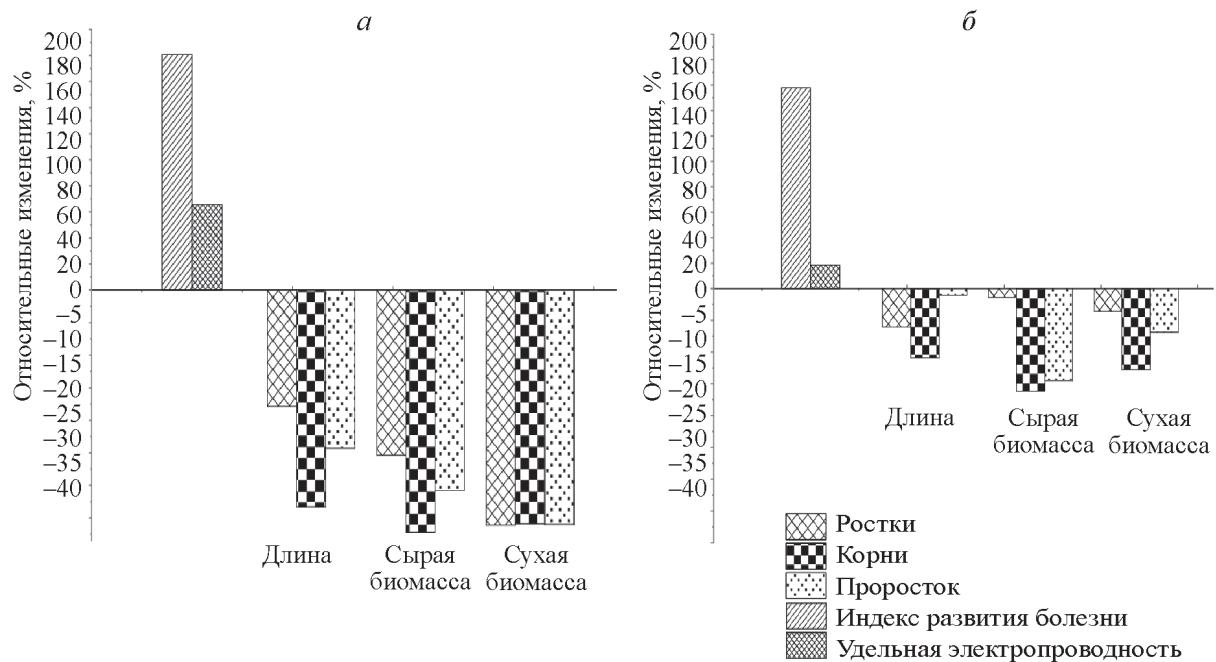


Рис. 1. Изменение параметров проростков сорта Новосибирская 18 при инфицировании *B. sorokiniana*:
а – без нагрева семян; б – нагрев семян до 43 °С

Fig. 1. Changes in the parameters of seedlings of Novosibirskaya 18 variety upon infection with *B. sorokiniana*
а – without seed heating; б – seed heated up to 43 °C

УЭП увеличилась от 2,1 (Новосибирская 44 и Омская 18) до 5,7 раза (Новосибирская 18) по сравнению с контролем (см. табл. 1). Отмечено увеличение ИРБ у сортов Новосибирская 18 и Сибирская 21 на 73,3 и 94,4% соответственно и снижение показателя у сортов Новосибирская 18 и Омская 18 на 62,5 и 80,0% соответственно по сравнению с контролем. Снижение показателя ИРБ у сортов Новосибирская 18 и Омская 18 соответствовало меньшему изменению показателя УЭП у этих сортов.

Засоление вызывало замедление роста проростков у всех сортов, особенно роста корней, а также ингибирование сырой и сухой биомассы, наиболее выраженных у Новосибирской 18: снижение длины корней на 57,2%, сырой биомассы корней на 35,2, сухой биомассы ростков на 29,7%. Выраженный ростингибирующий эффект засоления является следствием быстрого накопления токсичных ионов в побегах и корнях растений [22]. У сорта Омская 18 установлены

недостоверные изменения всех показателей сухой биомассы. В результате проведенного ранжирования показателей проростков устойчивость сортов к хлоридному засолению изменялась в ряду по убыванию: Омская 18 – Новосибирская 44 – Сибирская 21 – Новосибирская 18. Относительно устойчивый к хлоридному засолению сорт Омская 18 в данной группе сортов также обладает солонцеустойчивостью в полевых условиях⁸. В наших опытах у данного сорта, как и у Новосибирской 44, хлоридное засоление повышало сопротивляемость к инфицированию возбудителем корневой гнили, ИРБ уменьшился у данных сортов на 80,0 и 62,5% соответственно по сравнению с контролем.

Предварительный температурный прогрев семян при последующем хлоридном засолении стимулировал проявление закаливающего эффекта (кросс-адаптации) у проростков сортов пшеницы в разной степени (см. табл. 2).

⁸Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929–2008 гг. В 2 томах. / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отделение. Новосибирск, 2009. Т. 1, вып. 4. 208 с.

Повышение адаптивных свойств (устойчивости) после прогрева семян проявлялось в снижении ингибирования роста, особенно длины корней, у всех сортов от 16,0% (Новосибирская 18) до 14 раз (Сибирская 21), снижении ингибирования сырой биомассы от 20,4% (Новосибирская 18) до 5,2 раза (Сибирская 21), а также снижении ингибирования сухой биомассы от 20,6% (Сибирская 21) до 5 раз (Новосибирская 18) по сравнению с вариантом без прогрева семян. Вместе с тем наблюдали проявление синергического эффекта токсического действия засоления и гипертермии семян на состояние клеточных мембран проростков. Дестабилизация клеточных мембран проростков привела к увеличению выхода электролитов из клеток и повышению УЭП у сортов Новосибирская 18 и Новосибирская 44 на 24,9% и в 2,5 раза соответственно. У Новосибирской 18 УЭП изменилась недостоверно, у Сибирской 21 снизилась на 56,2% по сравнению с вариантом без прогрева семян.

В результате проведенного ранжирования устойчивость сортов к хлоридному засолению изменялась в ряду по убыванию:

Сибирская 21 – Омская 18 – Новосибирская 44 – Новосибирская 18. Большой лабильностью обладали защитные системы Сибирской 21 и Омской 18. У этих сортов предварительный прогрев семян снижал развитие деструктивных процессов при хлоридном засолении (см. рис. 2).

Адаптивные реакции сортов пшеницы при совместном действии патогена и хлоридного засоления. Совместный стресс, вызванный одновременным действием *B. sorokiniana* и хлоридного засоления, достоверно по сравнению с контролем ингибировал рост проростков у всех сортов, в наибольшей степени рост корней в диапазоне от 34,9 (Сибирская 21) до 55,8% (Новосибирская 18). Ингибирование сырой биомассы корней также было наибольшим и изменилось от 24,2 (Сибирская 21) до 38,9% (Новосибирская 18). Показатели сухой биомассы проростков варьировали от 11,7 (Омская 18) до 29,2% (Новосибирская 18). Установлено увеличение УЭП у всех сортов, наибольшее – у Новосибирской 18 (в 7,3 раза по сравнению с контролем). У сортов Новосибирская 44 и Омская 18 наблюдали сниже-

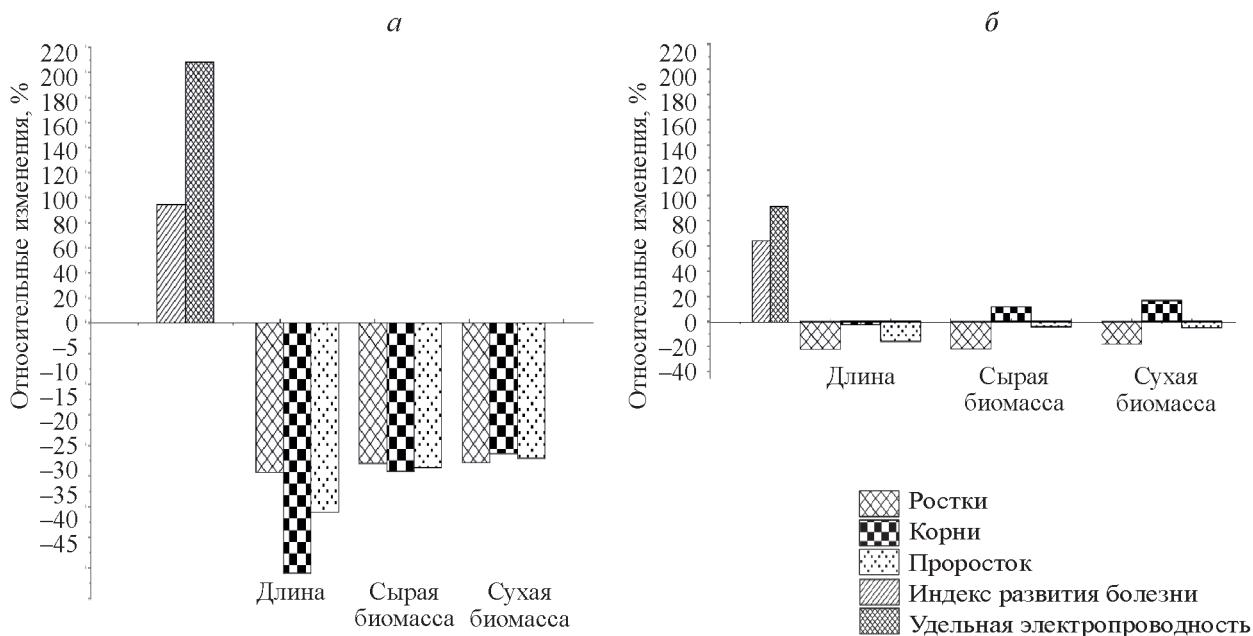


Рис. 2. Изменение параметров проростков сорта Сибирская 21 при хлоридном засолении:

а – без нагрева семян; *б* – нагрев семян до 43 °C

Fig. 2. Changes in the parameters of seedlings of Sibirskaia 21 variety under chloride salinization
а – without seed heating; *б* – seed heated up to 43 °C

ние ИРБ на 43,4 и 56,0% соответственно, повышение этого показателя – у Омской 18 и Новосибирской 18. Устойчивость сортов менялась в ряду по убыванию Сибирская 21 – Омская 18 – Новосибирская 44 – Новосибирская 18. В наших условиях хлоридное засоление – более сильный стрессовый фактор, который вносит основное деструктивное влияние по сравнению с патогеном. Однако при сравнении вариантов засоления и совместного действия стрессоров у сорта Сибирская 21 установлено повышение адаптационной способности при действии этих двух стрессоров, что привело к снижению ингибирования роста, сырой и сухой биомассы корней, ИРБ от 14,5 до 41,1%, т.е. патоген стимулировал формирование адаптивных механизмов. Также при совместном действии хлоридное засоление повышало сопротивляемость к инфицированию *B. sorokiniana* у сортов Новосибирская 44, Омская 18 и Сибирская 21. При этом ИРБ у данных сортов уменьшился до 2 раз. Одной из возможных причин такой комбинированной толерантности является присущая растениям способность адаптировать существующие перекрестные механизмы (реакции) при взаимодействии стрессоров [23, 24].

Предварительная гипертермия семян повышала адаптационную способность сортов при последующем совместном действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления, наиболее выраженную у проростков Новосибирской 44 и Сибирской 21. При этом отмечено снижение ингибирования всех показателей – ростовых параметров от 40,9% до 6,0 раза (Сибирская 21), сырой биомассы от 1,5 (Сибирская 21) до 3,8 раза (Новосибирская 44), сухой биомассы от 2,7 (Сибирская 21) до 6,0 раза (Новосибирская 44), ИРБ в 1,6 раза (Сибирская 21) и УЭП в 2,4 и 3,2 раза (см. рис. 3).

У сортов Новосибирская 18 и Омская 18 проявление закаливающего эффекта (кросс-адаптации) менее выражено: установлено достоверное снижение ингибирования ростовых показателей от 1,3 (Омская 18) до 2,1 раза (Новосибирская 18), сырой биомассы ростков до 1,5 (Омская 18), ИРБ и УЭП до 1,5 раза (Новосибирская 18). Остальные показатели сырой биомассы изменились недостоверно. Кроме того, у данных сортов наблюдали проявление усиления ингибирующего действия комплекса стрессоров на накопление сухой биомассы от 1,5 (Новосибирская 18) до 1,7 раза (Омская 18).

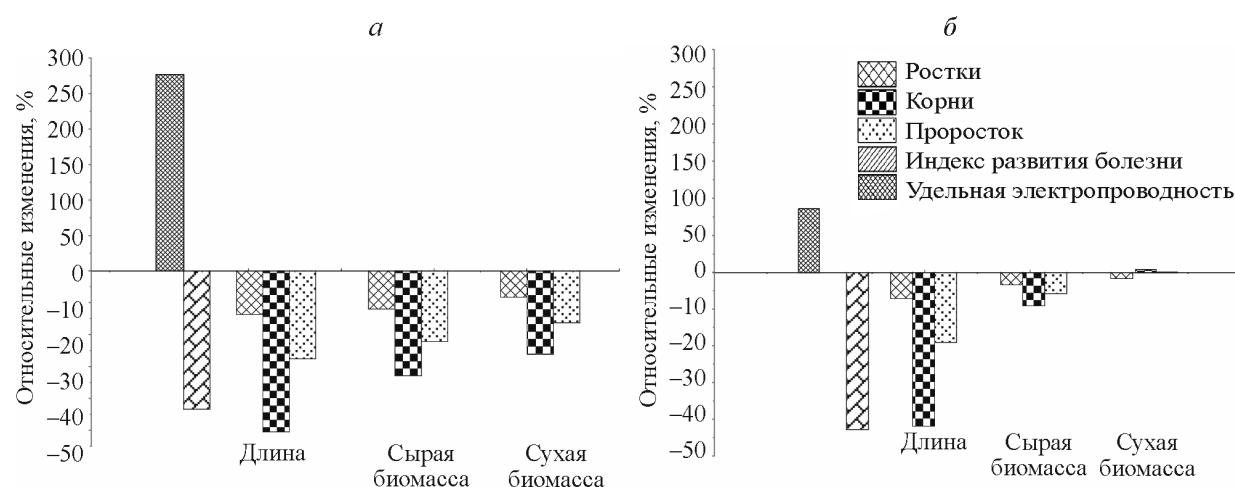


Рис. 3. Изменение параметров проростков сорта Новосибирская 44 при совместном действии *B. sorokiniana* и хлоридного засоления:

a – без нагрева семян; *б* – нагрев семян до 43 °C

Fig. 3. Changes in the parameters of seedlings of Novosibirskaya 44 variety under the combined action of *B. sorokiniana* and chloride salinization

a – without seed heating; *б* – seed heated up to 43 °C

В результате проведенного ранжирования изменения показателей проростков, устойчивость сортов к совместному действию *B. sorokiniana*, хлоридного засоления при предварительной гипертермии семян изменялась в ряду по убыванию: Новосибирская 44 – Сибирская 21 – Омская 18 – Новосибирская 18.

Таким образом, в условиях данного эксперимента адаптивные реакции при действии трех стрессоров формируются по типу кросс-адаптации и имеют сортовую специфику. Предварительное действие гипертермии семян приводит к повышению устойчивости проростков сортов пшеницы при последующем действии хлоридного засоления и возбудителя корневой гнили злаков.

ВЫВОДЫ

1. Раздельное действие *B. sorokiniana* (5000 конидий на одно зерно) и хлоридного засоления (1,3%) на проростки четырех сортов пшеницы вызывало в основном снижение адаптационной способности и потерю устойчивости, выраженных в снижении роста от 33,3 до 57,2%, уменьшении накопления сырой и сухой биомассы до 37,2%, увеличении УЭП от 65,7% до 5,7 раза и ИРБ от 94,4 до 180,7%. Наибольшим деструктивным действием обладало хлоридное засоление. Выделены более устойчивые сорта: к патогену – Сибирская 21, к хлоридному засолению – Омская 18.

2. При одновременном действии *B. sorokiniana* (5000 конидий на одно зерно) и хлоридного засоления (1,3%) формировались два типа адаптивных реакций: усиление негативного действия стрессоров (потеря устойчивости, восприимчивость) и компенсация негативного действия стрессоров (приобретение устойчивости, толерантность). У сорта Сибирская 21 установлено повышение адаптационной способности при действии двух стрессоров, которое привело к снижению ингибирования показателей роста, накопления сырой биомассы, сухой биомассы корней, индекса развития болезни от 14,5 до 41,1%. Наименьшей адаптационной способностью обладал сорт Новосибирская 18.

3. Предварительная гипертермия семян повышала устойчивость проростков (по типу кросс-адаптации) к последующему раздельному и совместному действию хлоридного засоления (1,3%), инфицирования проростков *B. sorokiniana* (5000 конидий на одно зерно). Это выражалось в снижении проницаемости клеточных мембран проростков до 56,2%, индекса развития болезни до 1,6 раза, снижении ингибирования накопления биомассы и ростовых процессов до 5,2 раза.

4. Выявлена сортовая специфика формирования адаптации при совместном действии стрессоров, обусловленная генотипом и различными механизмами формирования защитно-приспособительных реакций. Наиболее выражен стимулирующий эффект гипертермии при последующем действии засоления и патогена у сортов Новосибирская 44 и Сибирская 21 (снижение ингибирования всех показателей: ростовых параметров, сырой и сухой биомассы, проницаемости клеточных мембран проростков до 3,2 раза, индекса развития болезни до 1,6 раза).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парамонов В.В., Земцов В.А., Копысов С.Г. Климат Западной Сибири в fazu замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. 2017. Т. 328. № 1. С. 62–74. URI: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/36657>.
2. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Эпифитотиологические основы систем защиты растений: монография. Новосибирск, 2002. 566 с.
3. Васильева Н.В., Синецков В.Е. Причины усиления распространения корневых гнилей всходов яровой пшеницы в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. 2016. № 4 (41). С. 13–18.
4. Марченкова Л.А., Давыдова Н.В., Чайдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Казаченко А.О., Грачева А.В., Широколава А.В. Оценка адаптивности сортов и линий яровой пшеницы на фоне искусственно моделируемых стрессоров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 9–15.

5. *Houshmand S., Arzani A., Mirmohammadi-Maibody S.A.M.* Effects of salinity and drought stress on grain quality of durum wheat // Communications in soil science and plant analysis. 2014. Vol. 45 (3). P. 297–308. DOI: 10.1080/00103624.2013.861911.
6. *Власенко Н.Г.* Основные методологические принципы формирования современных систем защиты растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 25–29.
7. *Кононенко Н.В., Диловарова Т.А., Канавский Р.В., Лебедев С.В., Баранова Е.Н., Федореева Л.И.* Оценка морфологических и биохимических параметров устойчивости различных генотипов пшеницы к хлоридному засолению // Вестник Российской университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 1. С. 18–39. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-18-39.
8. *Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R.* Abiotic and biotic stress combinations // New Phytologist. 2014. Vol. 203 (1). P. 32–43. DOI: 10.1111/nph.12797
9. *Zandalinasa S.I., Mittlerb R., Balfagóna D., Arbonaa V., Gómez-Cadenasa A.* Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures // Physiologia Plantarum. 2018. Vol. 162. P. 2–12. DOI: 10.1111/ppl.12540.
10. *Kissoudis C., Chowdhury R., Van Heusden S., Van de Wiel C., Finkers R., Visser R. G., Bai Y., Van der Linden G.* Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato // Euphytica. 2015. Vol. 202. N. 2. P. 317–332. DOI: 10.1007/s10681-015-1363-x.
11. *Atkinson N.J., Lilley C.J., Urwin P.E.* Identification of genes involved in the response of *Arabidopsis* to simultaneous biotic and abiotic stresses // Plant Physiology. 2013. Vol. 162. P. 2028–2041. DOI: 10.1104/pp.113.222372.
12. *Кузнецов В.В.* Общие системы устойчивости и трансдукция стрессорного сигнала при адаптации растений к абиотическим факторам // Вестник Нижегородского университета. 2001. Т. 48. № 5. С. 65–69.
13. *Колупаев Ю.Е., Горелова Е.И., Ястреб Т.О.* Механизмы адаптации растений к гипертермии: роль антиоксидантной системы // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Біологія. 2018. Вип. 1. С. 6–33.
14. *Zhong-Guang L., Ming G.* Mechanical stimulation-induced cross-adaptation in plants: An overview // Journal Plant Biology. 2011. Vol. 54. P. 358–364. DOI: 10.1007/s12374-011-9178-3.
15. *Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А.* Адаптивные реакции проростков пшеницы, дифференцирующие сорта при гипертермии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 31–40. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-4.
16. *Гурова Т.А., Осипова Г.М.* Инструментальные методы и программно-аппаратные средства при решении проблемы стрессоустойчивости в растениеводстве // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. Спец. выпуск 1. С. 65–74.
17. *Ramegowda V., Senthil-Kumar M.* The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination // Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 176. P. 47–54. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.11.008.
18. *Абрамчик Л.М., Сердюченко Е.В., Пашкевич Л.В., Макаров В.Н., Зеневич Л.А., Кабашникова Л.Ф.* Стressовые реакции зеленых проростков ячменя в условиях инфицирования патогенным грибом *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. и повышенной температуры // Весці національнай акадэміі навук Беларусі. 2015. № 2. С. 38–43.
19. *Wenji Liang, Xiaoli Ma, Peng Wan, Lianyin Liu.* Plant salt-tolerance mechanism: A review // Biochemical and Biophysical Research Communications. 2018. Vol. 495 (1). P. 286–291. DOI: 10.1016/j.bbrc.2017.11.043.
20. *Guo R., Yang Z., Li F., Yan C., Zhong X., Liu Qi., Xia X., Li H. & Zhao L.* Comparative metabolic responses and adaptive strategies of wheat (*Triticum aestivum*) to salt and alkali stress. // BMC Plant Biology. 2015. Vol. 15 (170). DOI: 10.1186/s12870-015-0546-x.
21. *Jian-Kang Zhu.* Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants // Cell. 2016. Vol. 167 (2). P. 313–324. DOI: 10.1016/j.cell.2016.08.029.
22. *Munns R., Tester M.* Mechanisms of Salinity Tolerance // Annual Review of Plant Biology. 2008. Vol. 59. P. 651–681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
23. *Naghmeh Nejat, Nitin Mantri.* Plant Immune System: Crosstalk Between Responses to Biotic and Abiotic Stresses the Missing Link in Understanding Plant Defence // Current Issues in Molecular Biology. 2017. Vol. 23. P. 1–16. DOI: 10.21775/cimb.023.001.

24. Гурова Т.А., Осипова Г.М. Проблема сопряженной стрессоустойчивости растений при изменении климата в Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 2. С. 81–92.

REFERENCES

1. Paramonov V.V., Zemtsev V.A., Kopysov S.G. Climate of Western Siberia during the slowing phase of warming (1986–2015) and prediction of hydroclimatic resources for 2021–2030. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring resursov = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2017, vol. 328, no. 1, pp. 62–74. (In Russian). URI: <http://earcive.tpu.ru/handle/11683/36657>.
2. Chulkina V.A., Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya. *Epiphytothiological foundations of plant protection systems*. Novosibirsk, 2002, 566 p. (In Russian).
3. Vasil'eva N.V., Sineshchekov V.E. The reasons of widespread spring wheat root rot in Western Siberia. *Vestnik NGAU = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2016, no. 4 (41), pp. 13–18. (In Russian).
4. Marchenkova L.A., Davydova N.V., Chai-dar' R.F., Orlova T.G., Kazachenko A.O., Gracheva A.V., Shirokolava A.V. Adaptability evaluation of spring wheat varieties and breeding lines under the conditions of artificially modelled stress factors. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2017, no. 5 (151), pp. 9–15. (In Russian).
5. Houshmand S., Arzani A., Mirmohamadi-Maibody S.A.M. Effects of salinity and drought stress on grain quality of durum wheat. *Communications in soil science and plant analysis*, 2014, vol. 45 (3), pp. 297–308. DOI: 10.1080/00103624.2013.861911.
6. Vlasenko N.G. Main methodological principles of formation of modern systems of plant protection. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 4, pp. 25–29. (In Russian).
7. Kononenko N.V., Dilovarova T.A., Kanavskii R.V., Lebedev S.V., Baranova E.N., Fedoreeva L.I. Evaluation of morphological and biochemical resistance parameters to chloride salinization in different wheat genotypes.
8. Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R. Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 2014, vol. 203 (1), pp. 32–43. DOI: 10.1111/nph.12797.
9. Zandalinasa S.I., Mittlerb R., Balfagóna D., Arbonaa V., Gómez-Cadenasa A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 2018, vol. 162, pp. 2–12. DOI: 10.1111/pl.12540.
10. Kissoudis C., Chowdhury R., Van Heusden S., Van de Wiel C., Finkers R., Visser R.G., Bai Y., Van der Linden G. Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato. *Euphytica*, 2015, vol. 202, no. 2, pp. 317–332. DOI: 10.1007/s10681-015-1363-x.
11. Atkinson N.J., Lilley C.J., Urwin P.E. Identification of genes involved in the response of *Arabidopsis* to simultaneous biotic and abiotic stresses. *Plant Physiology*, 2013, vol. 162, pp. 2028–2041. DOI: 10.1104/pp.113.222372.
12. Kuznetsov V.V. General resistance systems and stress signal transduction during plant adaptation to abiotic factors. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta = Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 2001, vol. 48, no. 5, pp. 65–69. (In Russian).
13. Kolupaev Yu.E., Gorelova E.I., Yastreb T.O. Mechanisms of plant adaptation to hypothermia: the role of the antioxidant system. *Visnik Kharkiv'skogo natsional'nogo agrarnogo universitetu. Seriya: Biologiya = The Journal of Kharkiv National University. Series Biology*, 2018, issue 1, pp. 6–33. (In Russian).
14. Zhong-Guang L., Ming G. Mechanical stimulation-induced cross-adaptation in plants: An overview. *Journal Plant Biology*, 2011, vol. 54, pp. 358–364. DOI: 10.1007/s12374-011-9178-3.
15. Gurova T.A., Lugovskaya O.S., Svezhinstseva E.A. Adaptive reactions of wheat seedlings differentiating varieties under hyperthermia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 31–40. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-4.
16. Gurova T.A., Osipova G.M. Instrumental methods and hardware and software tools to solve the problems related to the resistance to stress *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 18–39. (In Russian). DOI: 10.22363/2312-797Kh-2019-14-1-18-39.

- in plant growing. *Vychislitel'nye tekhnologii = Computational Technologies*, 2016, vol. 21, release 1, pp. 65–74. (In Russian).
17. Ramegowda V, Senthil-Kumar M. The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination. *Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 176, pp. 47–54. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.11.008.
18. Abramchik L.M., Serdyuchenko E.V., Pashkevich L.V., Makarov V.N., Zenevich L.A., Kabanashnikova L.F. Stress reactions of barley green seedlings under the conditions of infecting by *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. and increased temperature. *Vestsi natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2015, no. 2, pp. 38–43. (In Belarus).
19. Wenji Liang, Xiaoli Ma, Peng Wan, Liyanin Liu. Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2018, vol. 495 (1), pp. 286–291. DOI: 10.1016/j.bbrc.2017.11.043.
20. Guo R., Yang Z., Li F., Yan C., Zhong X., Liu Qi., Xia X., Li H. & Zhao L. Comparative metabolic responses and adaptive strategies of wheat (*Triticum aestivum*) to salt and alkali stress. *BMC Plant Biology*, 2015, vol. 15 (170). DOI: 10.1186/s12870-015-0546-x.
21. Jian-Kang Zhu. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. *Cell*, 2016, vol. 167 (2), pp. 313–324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>.
22. Munns R., Tester M. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 2008, vol. 59, pp. 651–681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
23. Naghmeh Nejat, Nitin Mantri. Plant Immune System: Crosstalk Between Responses to Biotic and Abiotic Stresses the Missing Link in Understanding Plant Defence. *Current Issues in Molecular Biology*, 2017, vol. 23, pp. 1–16. DOI: 10.21775/cimb.023.001.
24. Gurova T.A., Osipova G.M. The problem of combined stress resistance of plants under climate change in Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 81–92. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

 **Гурова Т.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией: **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: guro-tamara@yandex.ru

Свежинцева Е.А., младший научный сотрудник

Чесноченко Н.Е., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

 **Tamara A. Gurova**, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: guro-tamara@yandex.ru

Elena A. Svezhintseva, Junior Researcher

Natalia E. Chesnochenko, Researcher

Дата поступления статьи 18.09.2020
Received by the editors 18.09.2020

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОСТАВОВ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ МИКРОРАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ СОРТА АНТОНИНА

¹Романова М.С., ¹Хаксар Е.В., ¹Новиков О.О., ¹Леонова Н.И., ²Семенов А.Г.

¹Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук Томск, Россия

²Сибирский государственный медицинский университет
Томск, Россия

Приведены результаты изучения влияния питательных сред различного состава на рост и развитие оздоровленных микрорастений картофеля сорта Антонина в лабораторных условиях *in vitro*. Рассмотрено шесть составов питательной среды Мурасиге – Скуга: стандартная по прописи, модифицированная для микрочеренкования (контроль); со сниженным содержанием минеральных компонентов (до 1/2 и 1/3); с повышенным содержанием агар-агара (10 г/л); с пониженным содержанием агар-агара (4 г/л), модифицированная с добавлением 3 мг/л гиберреллиновой кислоты и 1 мг/л индолилуксусной кислоты. Изучены следующие параметры культивируемых растений: длина растения, наличие корня, число междуузлий, общая масса растения, масса листьев, масса корней, площадь поверхности листовой пластины. Использование питательных сред с пониженным содержанием минеральных компонентов привело к увеличению длины изучаемых растений на 8–9%, уменьшению количества междуузлий на 0,49–0,85 шт./растение, увеличению массы корневой системы на 23% и уменьшению массы побега за счет уменьшения массы листьев на 16–31%, а также к уменьшению суммарной площади поверхности листовых пластин на 21–30%. При выращивании растений на питательной среде с повышенным содержанием агар-агара наблюдали уменьшение длины растений на 13%, уменьшение массы корневой системы на 8, массы побега за счет уменьшения массы листьев на 11% и стебля на 17%. Растения, выращиваемые на питательной среде с пониженным содержанием агар-агара, отличались меньшей длиной стебля (на 12%) и количеством междуузлий (на 0,93 шт./растение), имели массу корневой системы и листьев на 31 и 11% ниже соответственно по сравнению с контролем. В данном варианте также была снижена скорость ризогенеза. При добавлении в питательную среду гиберреллиновой и индолилуксусной кислоты отмечено значительное увеличение высоты растений – на 32%, снижение массы корневой системы на 77, уменьшение массы побега за счет уменьшения массы листьев на 58 и массы стебля на 33%. Суммарная площадь поверхности листьев была ниже контрольных значений на 34%. Для целей ускоренного микроразмножения оздоровленных растений картофеля Антонина и подготовки растений для пересаживания на аэрогидропонные установки оптимальным вариантом среди исследованных питательных сред является питательная среда Мурасиге – Скуга, модифицированная для микрочеренкования. Для содержания данного сорта в коллекции *in vitro* рекомендуется использовать питательную среду МС со сниженным содержанием агар-агара.

Ключевые слова: картофель, меристемная технология оздоровления, состав питательной среды, морфометрические параметры растений

THE EFFECT OF DIFFERENT COMPOSITIONS OF GROWTH MEDIA ON THE DEVELOPMENT OF MICROPLANTS OF THE ANTONINA POTATO VARIETY

¹Romanova M.S., ¹Khaksar E.V., ¹Novikov O.O., ¹Leonova N.I., ²Semenov A.G.

¹Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia

²Siberian State Medical University
Tomsk, Russia

The results of studying the influence of growth media of different compositions on the growth and development of healthy microplants of potato variety Antonina in laboratory conditions *in vitro* are presented. Six compositions of Murashige and Skoog culture medium were considered: standard according to the recipe modified for micropropagation (control); with a reduced content of mineral components (up to 1/2 and 1/3); with an increased content of agar-agar (10 g/l); with a reduced content of agar-agar (4 g/l), and modified by the addition of 3 mg/l giberrellic acid and 1 mg/l indoleacetic acid. The following parameters of cultivated plants were studied: plant length, root presence, number of internodes, total plant weight, leaf weight, root weight, leaf surface area. The use of growth media with a reduced content of mineral components led to an increase in the length of the plants under study by 8–9%, a decrease in the number of internodes by 0.49–0.85 pcs/plant, an increase in the mass of the root system by 23% and a decrease in the mass of the shoot due to reduced leaf mass by 16–31%, as well as a decrease in the total leaf surface area by 21–30%. When growing plants on a growth medium with an increased content of agar-agar, the following changes were observed: a decrease in the length of plants by 13%, a decrease in the mass of the root system by 8%, a decrease in the shoot mass due to reduced leaf mass by 11% and stem mass by 17%. Plants grown on a growth medium with a low content of agar-agar had a shorter stem length (by 12%), a lower number of internodes (by 0.93 pcs/plant), a lower mass of root system and leaves by 31% and 11%, respectively, compared to the control. In this variant, the rate of rhizogenesis was also reduced. With the addition of giberrellic and indoleacetic acid to the growth medium, the plants demonstrated a significant increase in length by 32%, a decrease in the root mass by 77%, and a decrease in the shoot mass due to reduced leaf mass by 58% and stem mass by 33%. The total leaf surface area was 34% lower than the control values. In order to accelerate micropropagation of healthy Antonina potato plants and prepare the plants for replanting to an aero-hydroponic system, Murashige and Skoog medium modified for micropropagation proved to be the best option among the tested growth media. In order to keep this variety in the *in-vitro* collection, it is recommended to use the MS growth medium with a low agar-agar content.

Keywords: potato, meristem culture technique, composition of a growth medium, morphometric parameters of plants

Для цитирования: Романова М.С., Хаксар Е.В., Новиков О.О., Леонова Н.И., Семенов А.Г. Влияние различных составов питательной среды на развитие микрорастений картофеля сорта Антонина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 26–36. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-3>

For citation: Romanova M.S., Khaksar E.V., Novikov O.O., Leonova N.I., Semenov A.G. The effect of different compositions of growth media on the development of microplants of the Antonina potato variety. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. C. 26–36. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Получение оздоровленного посадочного материала с помощью биотехнологических методов размножения – важный этап современного семеноводства картофеля¹ [1]. Данные методы позволяют получить генетически однородные растения картофеля,

свободные от вирусной и бактериальной инфекции и ускорить процесс его размножения более чем в 2 раза² [2, 3]. При 100%-й зараженности картофеля вирусами его урожайность падает примерно в 3 раза по сравнению с потенциально возможной для данного сорта³.

¹Чернышева Н.Н., Гусева К.Ю. Модификация компонентного состава питательной среды для индукции морфогенеза растений-регенерантов картофеля (*Solanum Tuberosum L.*) сорта Гала в культуре *in vitro* // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 7–8 февраля 2016 г.). Барнаул, 2017. С. 324–326.

²Трофимец Л.Н., Бойко В.В., Анисимов Б.В. и др. Безвирусное семеноводство картофеля: рекомендации. М.: Агропромиздат, 1990. С. 8–9.

³Лапшинов Н.А., Кулкова В.И., Ходаева В.П., Рябцева Т.В., Аношина Л.С. Эффективность применения биотехнологических методов в оригинальном семеноводстве картофеля в ФГБНУ «Кемеровский НИИСХ» // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Московского междунар. конгр. (Москва, 17–20 марта 2015 г.). М., 2015. С. 72–76.

В культуре *in vitro* одним из важных факторов, влияющих на процесс микроклонального размножения растений, является состав питательной среды. При массовом размножении сразу нескольких сортов картофеля отмечено их различное отношение к компонентам среды [4–7].

Известно, что для нормального роста и развития картофель нуждается в 26 различных химических элементах как неорганической, так и органической природы, поэтому в семеноводстве оздоровленного картофеля выбор состава среды, оптимального для выращивания растений определенного сорта, очень важен⁴.

Существуют разные подходы к оптимизации состава питательной среды. В работе⁵ [8] показано, что уменьшение минеральной части среды Мурасиге – Скуга (МС) оказывает положительное влияние на формирование эксплантов растений. При культивировании растений картофеля на питательной среде МС с полной минеральной частью наблюдали тенденцию к уменьшению роста и развития картофеля, в то время как культивирование на 1/2 минеральной части МС не вызывало данного эффекта. Также на среде с обедненной минеральной частью растения лучше укоренялись⁶.

Из литературных данных известно, что выращивание растений на жидких средах иногда целесообразнее [9], так как они обеспечивают большую подвижность трофических элементов. Кроме того, использование жидких сред экономически выгоднее, поскольку на приготовление 1 л среды уходит меньше агар-агара. В работе⁷ показана возможность выращивания картофеля при концентрации 4,5 г/л агар-агара, в иссле-

довании [10] отмечено увеличение числа междуузлий с концентрацией агар-агара 4 г/л.

Исследователями проводится поиск методов замедления роста растений *in vitro* для снижения затрат на микрочеренкование при поддержании сорта в коллекции [11–13]. Одним из подходов может быть использование питательных сред с повышенным содержанием агар-агара.

Цель исследования – выявить влияние различных составов питательной среды на рост и развитие растений картофеля сорта Антонина *in vitro* в лабораторных условиях.

Задачи исследования – изучить влияние различных составов питательной среды на морфометрические показатели (высота растения, количество междуузлий, ризогенез, масса корневой системы, масса побега, масса листьев, масса стебля и площадь листовой поверхности) оздоровленных микрорастений картофеля сорта Антонина; определить экономическую эффективность использования питательных сред разного состава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проходили в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и торфа – филиале СФНЦА РАН в 2018 г. Проведены серии экспериментов по выявлению влияния различной концентрации минеральной части в питательной среде МС на микрорастения картофеля сорта Антонина, а также по выявлению влияния жидкой (4 г/л) и твердой (10 г/л) питательной среды МС на рост и развитие растений картофеля Антонина.

Объект эксперимента – оздоровленные материнские микроклоны картофеля

⁴Алексин Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений: учеб. для студ. вузов / под ред. И.П. Ермакова. 2-е изд., испр. М.: Академия, 2007. 640 с.

⁵Лебедева Н.В. Влияние состава питательной среды на формирование микрорастений картофеля в условиях *in vitro*: автореф. дис. канд. с.-х. наук. М.: Великолукская ГСХА, 2015.

⁶Широков А.И., Крюков Л.А. Основы биотехнологии растений: электронное учеб.-метод. пособие. Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2012. 49 с.

⁷Рубцов С.Л., Бакунов А.Л., Вовчук О.А., Дмитриева Н.Н. Концентрация агара в питательной среде как фактор роста и развития меристемных растений картофеля // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных, овощных культур и картофеля: сб. науч. тр. Челябинск: Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства, 2017. С. 316–321.

Solanum tuberosum L. сорта Антонина, полученные из апикальных меристем путем культивирования на стандартной питательной среде МС с модификациями. Подготовку и выращивание растений осуществляли по рекомендациям Л.Н. Трофимец [14].

Сорт Антонина раннеспелый с периодом от посадки до начала формирования товарного урожая 60–70 дней. Кожура клубней слегка шероховатая желтая, мякоть светло-желтая. Клубни овальные с глазками средней глубины, масса одного клубня 104–153 г. Содержание крахмала 15,9–19,4%. Данный сорт устойчив к возбудителю рака картофеля, умеренно восприимчив к золотистой картофельной цистообразующей нематоде и возбудителю фитофтороза [15].

После вычленения меристемы и появления из нее полноценного пробирочного растения проводили его микроклональное размножение и закладку опыта. Микроклональное размножение пробирочных растений картофеля осуществляли с помощью микрочеренкования в стерильных ламинар-боксах. Перед закладкой опыта все микрорастения прошли диагностику методом ПЦР в реальном времени в лаборатории по диагностике и контролю качества семенного картофеля.

Для ускорения приготовления питательной среды готовили маточные растворы или концентрированные растворы макро-, микросолей, витаминов и фитогормонов. Брали 10-кратные навески витаминов и растворяли в 10 мл дистиллированной воды, затем доводили до объема 100 мл. Гиббереллиновую кислоту (ГК) и индолилуксусную кислоту (ИУК) растворяли в 70%-м этиловом спирте или в небольшом количестве (несколько капель 0,5 н) HCl или KOH. Все концентрированные растворы необходимых элементов помечали этикеткой и хранили в холодильнике. Изучено шесть вариантов составов питательной среды (см. табл. 1).

Состав питательной среды, используемой в качестве контроля, подобран на основании данных, приведенных в литературных источниках^{8,9}. На протяжении нескольких лет данный состав успешно применялся авторами работы для выращивания оздоровленных микрорастений картофеля при микрочеренковании.

Во время опыта черенки культивировали в пробирках в течение 28 сут при температуре 20–22 °С. Фотопериод (свет/темнота) составил 16/8 ч с использованием люминесцентных ламп OSRAM (холодный дневной свет, мощность 36 W, освещенность секции 5 тыс. лк).

На каждом варианте выращивали по 35 растений каждого сорта. Повторность трехкратная. В течение опыта на 3-и, 7-е, 14-е, 21-е, 28-е сутки измеряли показатели, характеризующие развитие растений: длину растения, наличие корня, число междоузлий на одно растение. На 28-е сутки проводили измерение общей массы растения, массы листьев и корней и площади поверхности листовой пластины.

Появление корней определяли визуально через определенные промежутки времени. Высоту измеряли мерной линейкой от основания растения до верхней точки роста. Число междоузлий определяли путем пересчета их на одном пробирочном растении. Массу растений с листьями, листьев и корней устанавливали путем взвешивания на лабораторных весах. Для определения площади поверхности листьев использовали отсканированные изображения листьев, которые обрабатывали с помощью программы «ImageJ».

Статистическую обработку результатов производили с помощью пакета программ для Windows Statistica 8.0. Для сравнения изучаемых величин использовали критерий Манна – Уитни.

⁸Трофимец Л.Н., Бойко В.В., Анисимов Б.В. и др. Безвирусное семеноводство картофеля: рекомендации. М.: Агропромиздат, 1990.

⁹Лебедева Н.В. Влияние состава питательной среды на формирование микрорастений картофеля в условиях *in vitro*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2015.

Табл. 1. Состав питательной среды для выращивания оздоровленных растений картофеля, мг/л
Table 1. Growth medium composition for growing healthy potato plants, mg/l

Компонент питательной среды	Номер варианта опыта					
	1	2	3	4	5	6
	Среда МС (контроль)	Среда МС с 1/2 содержания минеральных компонентов	Среда МС с 1/3 содержания минеральных компонентов	Среда МС с повышенным содержанием агар-агара (10 г/л)	Среда МС с пониженным содержанием агар-агара (4 г/л)	Среда с содержанием ГК и ИУК
<i>Макросоли</i>						
NH ₄ NO ₃	1650	825	550	1650	1650	1650
KNO ₃	1900	950	633,34	1900	1900	1900
CaCl ₂ 2H ₂ O	440	220	146,67	440	440	440
MgSO ₄ 4H ₂ O	370	185	123,34	370	370	370
KH ₂ PO ₄	170	85	56,67	170	170	170
<i>Микросоли</i>						
H ₃ BO ₃	6,2	3,1	2,07	6,2	6,2	6,2
MnSO ₄ · 4H ₂ O	22,3	11,15	7,44	22,3	22,3	22,3
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0,025	0,0125	0,0084	0,025	0,025	0,025
ZnSO ₄ 7H ₂ O	8,6	4,3	2,87	8,6	8,6	8,6
CuSO ₄ 5H ₂ O	0,025	0,0125	0,0084	0,025	0,025	0,025
Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	0,25	0,125	0,084	0,25	0,25	0,25
KI	0,83	0,415	0,28	0,83	0,83	0,83
<i>Хелат железа</i>						
Fe ₂ SO ₄ 7H ₂ O	27,8	13,9	9,27	27,8	27,8	27,8
Na ₂ -ЭДТА · 2H ₂ O	37,3	18,65	12,44	37,3	37,3	37,3
<i>Витамины</i>						
Тиамин – HCl	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	0,1
Пиридоксин – HCl	5	5	5	5	5	0,5
AC-K	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
<i>Регуляторы роста</i>						
ГК	–	–	–	–	–	3
ИУК	–	–	–	–	–	1
Сахароза	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	10 000
Агар-агар	7000	7000	7000	10000	4000	7000

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения различных составов питательной среды на высоту растений на различных сроках их развития приведены в табл. 2. Изучаемые составы питательной среды пронумерованы в табл. 1.

Растения картофеля Антонина на питательной среде МС с половиной минеральных компонентов с 14-х суток выращивания опережали растения контрольного варианта по высоте (на 0,79 см на 14-е сутки, на

0,94 см на 21-е, на 0,73 см на 28-е). Растения на питательной среде МС с 1/3 минеральных компонентов вначале отставали в росте от контроля (на 0,07 см на 3-и сутки, на 0,28 см на 7-е), но на более поздних сроках выращивания опередили по высоте растения контроля (на 1,22 см на 21-е сутки, на 0,83 см на 28-е). На питательной среде МС с повышенным содержанием агар-агара растения были короче контрольных на всех сроках выращивания начиная с 7-х суток (на 0,21 см на 7-е

Табл. 2. Влияние различных составов питательной среды на высоту оздоровленных микрорастений сорта Антонина, см

Table 2. Effect of different compositions of the growth medium on the height of healthy microplants of Antonina variety, cm

Вариант опыта	Сутки				
	3-и	7-е	14-е	21-е	28-е
1	0,26 ± 0,017	1,12 ± 0,059	4,77 ± 0,188	7,85 ± 0,281	9,22 ± 0,311
2	0,24 ± 0,018	1,10 ± 0,059	5,56 ± 0,184**	8,79 ± 0,251**	9,95 ± 0,265*
3	0,19 ± 0,013**	0,84 ± 0,041***	5,12 ± 0,190	9,07 ± 0,275**	10,05 ± 0,257**
4	0,24 ± 0,015	0,91 ± 0,043*	4,18 ± 0,147*	6,69 ± 0,236**	8,05 ± 0,271*
5	0,16 ± 0,016***	0,95 ± 0,055*	3,95 ± 0,173**	6,77 ± 0,292*	8,19 ± 0,347
6	0,24 ± 0,033**	1,54 ± 0,105**	6,13 ± 0,213***	9,66 ± 0,283***	12,21 ± 0,342***

Здесь и в табл. 3, 4:

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

*** $p < 0,001$.

сутки, на 0,59 см на 14-е, на 1,16 см на 21-е, на 1,17 см на 28-е). Растения на питательной среде с пониженным содержанием агар-агара также отставали в росте от контрольных растений на всех сроках развития, хотя отличия были менее значительными (0,1 см на 3-и сутки, 0,17 см на 7-е, 0,82 см на 14-е, 1,08 см на 21-е, 1,03 см на 28-е). Питательная среда МС с добавлением ГК и ИУК привела к увеличению высоты выращиваемых на ней растений картофеля (высота растений была больше контрольных на 0,42 см на 7-е сутки, на 1,36 см на 14-е, на 1,81 см на 21-е, на 2,99 см на 28-е). Все отличия статистически значимы.

Результаты измерения числа листьев/междоузлий при выращивании микрорастений с использованием питательной среды различного состава представлены в табл. 3.

Ни один из изучаемых вариантов составов питательной среды не привел к увеличению у растений сорта Антонина числа междоузлий. На некоторых вариантах произошло даже снижение данного показателя на 28-е сутки выращивания (время, когда происходит очередное микрочеренкование растений). Использование среды МС с 1/2 минеральных компонентов привело к уменьшению числа междоузлий на 0,49 шт. на 28-е сутки выращивания по сравнению с

Табл. 3. Влияние различных составов питательной среды на число междоузлий оздоровленных микрорастений сорта Антонина, шт.

Table 3. Effect of different compositions of the growth medium on the number of internodes of healthy microplants of Antonina variety, pieces

Вариант опыта	Сутки			
	7-е	14-е	21-е	28-е
1	0,72 ± 0,072	3,06 ± 0,081	4,98 ± 0,079	6,67 ± 0,096
2	0,73 ± 0,069	3,33 ± 0,082*	4,94 ± 0,082	6,18 ± 0,108**
3	0,51 ± 0,062	3,14 ± 0,082	4,82 ± 0,075	5,82 ± 0,085***
4	0,70 ± 0,070	3,14 ± 0,076	4,63 ± 0,078**	6,90 ± 0,491
5	0,69 ± 0,068	3,08 ± 0,104	4,38 ± 0,114***	5,74 ± 0,148***
6	0,93 ± 0,073	3,33 ± 0,083*	5,09 ± 0,087	6,50 ± 0,116

контролем. Еще более выражен негативный эффект в варианте со средой МС с 1/3 минеральных компонентов – 0,85 шт. на 28-е сутки. Среда МС с пониженным содержанием агар-агара также вызвала уменьшение показателя на 0,93 шт. на 28-е сутки выращивания.

Влияние различных составов питательной среды на морфометрические параметры выращиваемых растений отражено в табл. 4.

Использование питательной среды МС с 1/2 минеральных компонентов для выращивания оздоровленных растений картофеля сорта Антонина привело к статистически значимому увеличению массы корневой системы (на 0,03 г, или 23%) и уменьшению массы побега за счет уменьшения массы листьев (на 0,03 г, или 16%). При этом суммарная площадь поверхности листовых пластин была также меньше (в среднем на 2,03 см², или 21%). Использование среды МС с 1/3 минеральных компонентов вызвало увеличение массы корней (на 0,03 г, или 23%) и еще более выраженное снижение массы побега за счет уменьшения массы листьев (на 0,06 г, или 31%) и площади поверхности листьев (на 2,86 см², или 30%). Выращивание растений на среде МС с повышенным содержанием агар-агара привело к слабо выраженному, но статистически значимому уменьшению массы корневой системы (на 0,01 г, или 8%) и уменьшению массы по-

бега за счет уменьшения массы листьев (на 0,02 г, или 11%) и массы стебля (на 0,03 г, или 17%). Корневая система растений, выращенных на среде с пониженным содержанием агар-агара, оказалась менее развитой (масса корневой системы опытных растений была на 0,04 г, или 31%, меньше контрольного варианта). Также отмечено некоторое снижение массы листьев (на 0,02 г, или 11%). Наиболее серьезные различия зафиксированы в варианте с питательной средой с добавлением ГК и ИУК. Корневая система опытных растений имела значительно меньшую массу (на 0,1 г, или 77%). Также произошло значительное уменьшение массы побега за счет уменьшения массы листьев (на 0,11 г, или 58%) и массы стебля (на 0,06 г, или 33%). Суммарная площадь поверхности листьев также ниже в опытном варианте на 3,23 см², или 34%.

Динамика ризогенеза при выращивании растений на питательных средах различного состава отражена в табл. 5.

Наиболее активный ризогенез наблюдали в вариантах с использованием среды МС со сниженным количеством минеральных компонентов. Варианты среды с уменьшенным количеством агар-агара и добавлением ГК и ИУК вызвали замедление ризогенеза.

При расчете экономической эффективности питательных сред различного состава учитывали стоимость отдельных компонен-

Табл. 4. Влияние различных составов питательной среды на морфологические показатели оздоровленных микрорастений сорта Антонина на 28-й день выращивания

Table 4. Effect of different compositions of the growth medium on morphological parameters of healthy microplants of Antonina variety on the 28th day of cultivation

Вариант опыта	Масса, г				Площадь поверхности листовых пластин, см ²
	корней	побега	листьев	стебля	
1	0,13 ± 0,006	0,38 ± 0,013	0,19 ± 0,007	0,18 ± 0,008	9,47 ± 0,247
2	0,16 ± 0,008**	0,34 ± 0,014*	0,16 ± 0,007***	0,18 ± 0,008	7,44 ± 0,281***
3	0,16 ± 0,008*	0,29 ± 0,007***	0,13 ± 0,003***	0,16 ± 0,006	6,61 ± 0,167***
4	0,12 ± 0,006*	0,32 ± 0,012**	0,17 ± 0,005*	0,15 ± 0,007**	8,68 ± 0,252
5	0,09 ± 0,008***	0,33 ± 0,017	0,17 ± 0,008*	0,16 ± 0,009	8,47 ± 0,366
6	0,03 ± 0,002***	0,20 ± 0,011***	0,08 ± 0,005***	0,12 ± 0,007***	6,24 ± 0,301***

Табл. 5. Влияние различных составов питательной среды на число микрорастений картофеля сорта Антонина с появившимися корнями на разных сроках культивирования

Table 5. Effect of different compositions of the growth medium on the number of potato microplants of Antonina variety, with roots formed at different stages of cultivation

Вариант опыта	Сутки				
	3-и	7-е	14-е	21-е	28-е
1	23	82	105	105	105
2	31	97	105	105	105
3	23	96	105	105	105
4	20	79	105	105	105
5	12	74	103	103	105
6	11	75	104	105	105

Табл. 6. Стоимость компонентов питательной среды

Table 6. Cost of components of the growth medium

Компонент питательной среды	Стоимость за 1 кг, р.
NH_4NO_3	280
KNO_3	261
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	300
$\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	160
KH_2PO_4	708
H_3BO_3	396
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	998
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1818
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	250
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	193
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3036
KI	3316
$\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	424
$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	410
Тиамин – HCl	54 000
Пиридоксин – HCl	44 000
ИУК	40 000
ГК	240 000
Сахароза	566
AC-K	900
Агар-агар	5500

тов питательной среды, а также одноразовых расходных материалов, необходимых в процессе приготовления сред. Для приготовления питательной среды МС с добавлением ГК и ИУК для стерилизации этих компонентов дополнительно необходимо использовать фильтры холодной фильтрации, стоимость которых составляет 79 р. 66 коп. за 1 шт. Для приготовления 1 л среды необходимо 2 фильтра. Стоимость отдельных компонентов представлена в табл. 6. Результаты расчета приведены в табл. 7. Для расчетов использовались цены на 1 ноября 2019 г.

Установлено, что три из исследованных вариантов питательных сред являются более дешевыми по сравнению с питательной средой, используемой в качестве контроля.

Табл. 7. Стоимость различных вариантов питательной среды

Table 7. Cost of different compositions of growth media

Вариант состава питательной среды	Цена за 1 л, р.
Контроль	57,08
Среда МС с 1/2 минеральных компонентов	56,42
Среда МС с 1/3 минеральных компонентов	56,20
Среда МС с повышенным количеством агар-агара (10 г/л)	73,58
Среда МС с пониженным количеством агар-агара (4 г/л)	40,58
Среда МС с добавлением 3 мг/л ГК и 1 мг/л ИУК	205,84

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали, что изучаемые составы питательной среды оказывают значимое влияние на показатели роста и развития оздоровленных микрорастений картофеля сорта Антонина.
2. Питательные среды МС с пониженным количеством минеральных компонентов вызвали у растений сорта Антонина увеличение высоты растений и массы корневой системы, а также повысили скорость образования корней. При этом уменьшилась масса листьев, число междуузлий и площадь поверхности листовых пластин.
3. Среда МС с повышенным содержанием агар-агара привела к уменьшению высоты растений картофеля Антонина. Также наблюдали более слабое развитие корневой системы, листьев и стеблей растений.
4. Использование питательной среды МС с пониженным содержанием агар-агара вызвало уменьшение высоты растений картофеля Антонина, а также уменьшение числа междуузлий, снижение массы корневой системы и листьев. Образование корней было замедленным.
5. При выращивании растений картофеля Антонина на питательной среде МС с добавлением ГК и ИУК произошло значительное увеличение высоты растений, а также снижение массы корневой системы, массы листьев, стеблей и площади листовой поверхности. Ризогенез был замедлен.
6. Для целей ускоренного микрочеренкования оздоровленных растений картофеля Антонина и подготовки микрорастений для высаживания на аэрогидропонные установки оптимальным по стоимости из исследованных вариантов питательной среды является питательная среда МС, модифицированная для микрочеренкования. Для замедления процесса выращивания микрорастений картофеля Антонина (в случае, если растения остаются в коллекции, но не требуется их массовое размножение) целесообразно применять питательную среду МС со сниженным содержанием агар-агара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cardoso J.C., Sheng Gerald L.T., da Silva J.A.T. Micropagation in the Twenty-First Century // Plant Cell Culture Protocols, 4th edition: Methods in Molecular Biology. 2018. Vol. 1815. P. 17–46.*
2. *Рябцева Т.В., Куликова В.И., Ходаева В.П. Оценка питательных сред при размножении сортов картофеля в культуре *in vitro* // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12. С. 134–137.*
3. *Loyola-Vargas V.M., Ochoa-Alejo N. An Introduction to Plant Tissue Culture: Advances and Perspectives // Plant Cell Culture Protocols, 4th edition: Methods in Molecular Biology. 2018. Vol. 1815. P. 3–13.*
4. *Барсукова Е.Н., Чубизова А.С. Микроклональное размножение сортов картофеля в оригинальном безвирусном семеноводстве в Приморском крае // Аграрный вестник Приморья. 2017. № 4 (8). С. 13–15.*
5. *Ходаева В.П., Куликова В.И. Размножение сортов картофеля в культуре *in vitro* на различных питательных средах // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 66–68.*
6. *Ohnuma M., Teramura H., Shimada H. A simple method to establish an efficient medium suitable for potato regeneration // Plant Biotechnology. 2020. Vol. 37. P. 25–30.*
7. *Ибрагимова С.М., Романова А.В., Мызгина Г.Х., Кочетов А.В. Морфогенетический потенциал сортов картофеля сибирской селекции в культуре *in vitro* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22 (3). С. 316–320. DOI: 10.18699/VJ18.366.*
8. *Yaser Hassan Dewir, Abdulhakim A. Aldubai, Mafatthal M. Kher, Abdullah A. Alsadon, Salah El-Hendawy, Nasser A. Al-Suhaibani. Optimization of media formulation for axillary shoot multiplication of the red-peeled sweet potato (*Ipomea batatas* [L.] Lam.) «Abees» // Chilean journal of agricultural research. 2020. Vol. 80. Release 1. P. 3–10.*
9. *Кушиаренко С.В., Ромаданова Н.В., Арагбайева М.М., Матакова Г.Н., Бекебаева М.О., Басибекова Д.И. Создание коллекции *in vitro* сортов и гибридов картофеля как исходного материала для криоконсервации // Биотехнология. Теория и практика. 2013. № 1. С. 28–33.*
10. *Мякишева Е.П., Тавартиладзе О.К., Дурнинкин Д.А. Новые особенности клonalного*

- микроразмножения сорта картофеля селекции Западной Сибири // Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого. 2016. Т. 6. № 1. С. 375–389.
11. Munoz M., Diaz O., Reinún W., Winkler A., Quevedo R. Slow growth in vitro culture for conservation of Chilotanum potato germplasm // Chilean journal of agricultural research. 2019. Vol. 79. Release 1. P. 26–35. DOI: 10.4067/S0718-58392019000100026.
12. Vettorazzil R.G., Carvalho V.S., Sudre C.P., Rodrigues R. Developing an *in vitro* optimized protocol to sweet potato landraces conservation // Acta Scientiarum. Agronomy. 2017. Vol. 39. Release 3. P. 359–367. DOI: 10.4025/actasciagron.v39i3.32700.
13. Bello J.J., Garcia G.G., Iglesias – Andrey L. *In vitro* conservation of vanilla (Vanilla planifolia Jacks.) under slow growth conditions // Revista fitotecnica mexicana. 2015. Vol. 38. Release 2. P. 165–171.
14. Трофимец Л.Н., Бойко В.В., Анисимов Б.В. Использование оздоровленного исходного материала в семеноводстве картофеля на безвирусной основе: монография. М.: Агропромиздат, 1985. С. 177–183.
15. Красников С.Н. Сорт картофеля Антонина // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 21–22.
- REFERENCES**
1. Cardoso J.C., Sheng Gerald L.T., da Silva J.A.T. Micropropagation in the Twenty-First Century. *Plant Cell Culture Protocols, 4th edition: Methods in Molecular Biology*, 2018, vol. 1815, pp. 17–46.
 2. Ryabtseva T.V., Kulikova V.I., Khodaeva V.P. Evaluation of nutrient media under reproduction of potato variety in culture in vitro. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2017, no. 12, pp. 134–137. (In Russian).
 3. Loyola-Vargas V.M., Ochoa-Alejo N. An Introduction to Plant Tissue Culture: Advances and Perspectives. *Plant Cell Culture Protocols, 4th edition: Methods in Molecular Biology*, 2018, vol. 1815, pp. 3–13.
 4. Barsukova E.N., Chibizova A.S. Micropropagation of potato varieties in original virus-free seed production in the Primorsky Territory. *Agrarnyi vestnik Primorya = Agrarian Newsletter of Primoriye*, 2017, no. 4 (8), pp. 13–15. (In Russian).
 5. Khodaeva V.P., Kulikova V.I. Reproduction of potato cultivars in vitro on different nutrient media. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 10, pp. 66–68. (In Russian).
 6. Ohnuma M., Teramura H., Shimada H. A simple method to establish an efficient medium suitable for potato regeneration. *Plant Biotechnology*, 2020, vol. 37, pp. 25–30.
 7. Ibragimova S.M., Romanova A.V., Myzgina G.Kh., Kochetov A.V. The morphogenetic potential of Siberian potato cultivars in tissue cultures. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2018, vol 22(3), pp. 316–320. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ18.366.
 8. Yaser Hassan Dewir, Abdulhakim A. Aldubai, Mafatlal M. Kher, Abdullah A. Alsadon, Salah El-Hendawy, Nasser A. Al-Suhaibani. Optimization of media formulation for axillary shoot multiplication of the red-peeled sweet potato (*Ipomea batatas* [L.] Lam.) «Abees». *Chilean journal of agricultural research*, 2020, vol. 80, release 1, pp. 3–10.
 9. Kushnarenko S.V., Romadanova N.V., Aralbaeva M.M., Matakova G.N., Bekebaeva M.O., Basibekova D.I. Creation of an *in vitro* collection of potato varieties and hybrids as a starting material for cryopreservation. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika = Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2013, no. 1, pp. 28–33. (In Russian).
 10. Myakisheva E.P., Tavartkiladze O.K., Durnikin D.A. Clonal micropropagation of potato varieties by Western Siberia selection – the new features. *Biologicheskii vestnik Melitopol'skogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni Bogdana Khmel'nitskogo = Biological Bulletin of Bogdan Chmelnitsky Melitopol State Pedagogical University*, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 375–389. (In Russian).
 11. Munoz M., Diaz O., Reinún W., Winkler A., Quevedo R. Slow growth in vitro culture for conservation of Chilotanum potato germplasm. *Chilean journal of agricultural research*, 2019, vol. 79, release 1, pp. 26–35. DOI: 10.4067/S0718-58392019000100026.
 12. Vettorazzil R.G., Carvalho V.S., Sudre C.P., Rodrigues R. Developing an *in vitro* opti-

- mized protocol to sweet potato landraces conservation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 2017, vol. 39, release 3, pp. 359–367. DOI: 10.4025/actasciagron.v39i3.32700.
13. Bello J.J., García G.G., Iglesias-Andrey L. In vitro conservation of vanilla (Vanilla planifolia Jacks.) under slow growth conditions. *Revista fitotecnia Mexicana*, 2015, vol. 38, release 2, pp. 165–171.
14. Trofimets L.N., Boiko V.V., Anisimov B.V. *Use of healthy source material in virus-free potato seed production*. M.: Agropromizdat Publ., 1985, pp. 177–183. (In Russian).
15. Krasnikov S.N. Sort of the potatoes Antonina. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2010, no. 12, pp. 21–22. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Романова М.С.**, кандидат биологических наук, заместитель директора; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томск, ул. Гагарина, 3; e-mail: Estrel@yandex.ru

Хаксар Е.В., младший научный сотрудник; e-mail: mileno4ka1988@mail.ru

Новиков О.О., младший научный сотрудник; e-mail: novickoww@yandex.ru

Леонова Н.И., научный сотрудник; e-mail: Sibniit@mail.ru

Семенов А.Г., старший преподаватель

AUTHOR INFORMATION

✉ **Margarita S. Romanova**, Candidate of Science in Biology, Deputy Director; **address:** 3, Gagarin St., Tomsk, 634050, Russia; e-mail: Estrel@yandex.ru

Elena V. Khaksar, Junior Researcher; e-mail: mileno4ka1988@mail.ru

Oleg O. Novikov, Junior Researcher; e-mail: novickoww@yandex.ru

Nadezhda I. Leonova, Researcher; e-mail: Sibniit@mail.ru

Albert G. Semenov, Senior Lecturer

Дата поступления статьи 08.09.2020
Received by the editors 08.09.2020

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВЫСОКОВОЛОКНИСТЫЕ ГИБРИДНЫЕ ЛИНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

¹Попова Г.А., ²Полякова О.И., ¹Князева Н.В., ¹Рогальская Н.Б., ¹Трофимова В.М.

¹Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томск, Россия

Представлены результаты создания материала для получения скороспелого сорта льна-долгунца, отличающегося качественным волокном и высокой степенью адаптивности к внешним факторам среды, устойчивостью к полеганию и болезням, для возделывания в Сибири. Изучено 12 перспективных гибридов, материнские линии которых представлены томскими сортами Томский 16, Томский 17, Томский 18 и ТОСТ 5, отцовские линии – сортами бельгийской селекции Мерилин, Сюзанна и Гермес. Полевые исследования проводили в подтаежной зоне Томской области. Предшественник – яровые и озимые зерновые культуры. Природно-климатические условия соответствовали требованиям возделывания ранне- и среднеспелых сортов льна-долгунца. Полученный гибридный материал с 2013 г. высевали в луночном питомнике отбора на специально подготовленном фоне с площадью питания $2,5 \times 2,5$ см. В 2017–2019 гг. гибридные линии находились в питомниках второго и третьего года селекции. Потенциал гибридных линий изучен в различные по метеорологическим условиям годы. По результатам проведенной работы выделены три высокорослых гибрида, имевшие статистически значимые различия со стандартом Томский 16 и превышающие его на 5,8–7,6 см по общей высоте и на 4,4–9,5 см по технической длине стебля. Девять гибридов показали высокое содержание волокна, превысив стандарт на 2,8–4,2%. Данные перспективные гибридные линии льна-долгунца рекомендованы для использования в селекционном процессе по высоким показателям скороспелости, продуктивности, качеству волокна, адаптивности к внешним факторам среды, устойчивости к полеганию и болезням.

Ключевые слова: лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), селекция, гибридные линии, урожайность, волокно, семена

PROMISING HYBRID LINES OF FIBER FLAX WITH HIGH CONTENT OF FIBER

¹Popova G.A., ²Polyakova O.I., ¹Knyazeva N.V., ¹Rogalskaya N.B., ¹Trofimova V.M.

¹Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Scientific Center of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia

²National Research Tomsk State University
Tomsk, Russia

The paper presents the results of creating a material for obtaining an early ripening variety of fiber flax for cultivation in Siberia, characterized by high-quality fiber and a high degree of adaptability to external environmental factors, resistance to lodging and diseases. Twelve promising hybrids were studied, the maternal lines of which were represented by Tomsk varieties Tomskiy 16, Tomskiy 17, Tomskiy 18 and TOST 5, and the paternal lines – by Belgian selection varieties Marilyn, Suzanne and Hermes. Field studies were carried out in the subtaiga zone of Tomsk region and were preceded by spring and winter grain crops. Natural and climatic conditions corresponded to the needs of fiber flax for the cultivation of early and mid-ripening varieties. The resulting hybrid material was sown from 2013 in a selection nursery by pit planting on a specially prepared soil with a feeding area of 2.5×2.5 cm. In 2017–2019 hybrid lines were kept in nurseries of the second and third years of breeding. The hybrid lines' potential was studied during the years which were different by meteorological conditions. Based on the results of this work, three tall hybrids were identified that had statistically

significant differences with Tomskiy 16 standard and exceeded it by 5.8–7.6 cm in total height and 4.4–9.5 cm in the technical length of the stem. Nine hybrids showed high fiber content, exceeding the standard by 2.8–4.2%. These promising hybrid lines of fiber flax are recommended for use in the breeding process for high rates of maturity, productivity, fiber quality, adaptability to external environmental factors and resistance to lodging and diseases.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum* L. f. *elongata*), selection, hybrid lines, productivity, fiber, seeds

Для цитирования: Попова Г.А., Полякова О.И., Князева Н.В., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Перспективные высоковолокнистые гибридные линии льна-долгунца // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 37–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-4>

For citation: Popova G.A., Polyakova O.I., Knyazeva N.V., Rogalskaya N.B., Trofimova V.M. Promising hybrid lines of fiber flax with high content of fiber. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 37–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Основное направление современной селекции льна-долгунца – создание сортов интенсивного типа, обладающих повышенной фотосинтетической активностью и способных наиболее полно использовать почвенное плодородие и создаваемый высокий агротехнический фон¹ [1, 2]. Главной задачей продолжает оставаться выведение высокопродуктивных сортов с повышенной урожайностью семян и высоким содержанием волокна прядильного качества, устойчивых к полеганию и основным патогенам^{2,3} [3–7]. Актуальна проблема повышения качества волокна [8]. В настоящее время проводится активная селекционная работа по льну-долгунцу, в результате которой создан генофонд ценных признаков и многочис-

ленные сорта для возделывания в определенных почвенно-климатических условиях (см. сноску 1)⁴.

В Сибири первые селекционные работы по льну-долгунцу проведены В.Е. Писаревым в 1915 г. (Тулунская сельскохозяйственная опытная станция)⁵. С созданием в 1937 г. Томской зональной льняной опытной станции – филиала Всероссийского научно-исследовательского института льна, начались более широкие исследования по возделыванию льна-долгунца в Западной Сибири. Селекционная работа заключалась в создании новых сортов, сочетающих в себе высокие показатели урожайности соломки, содержания волокна и семенной продуктивности. Селекционерами Н.А. Кондаковым и О.А. Кондаковой созданы среднеспелые сорта Томский 9 и Томский 10, длительное

¹Хамутовский П.Р., Каргопольцев Л.Н., Хамутовская Е.М. и др. Методы создания исходного материала и результаты селекции льна-долгунца // РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларусь» URL: <https://mogilevoshos.by/stati/metodyi-sozdaniya-isходnogo-materiala-i-rezulattyaty-selekcziyi-lna-dolguncza> (дата обращения 12.02.2020).

²Хамутовский П.Р., Каргопольцев Л.Н., Хамутовская Е.М. и др. Методы создания исходного материала и результаты селекции льна-долгунца // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика». 2017. С. 20–28.

³Степин А.Д., Рысева Т.А., Уткина С.В. Результаты работы по селекции льна в Псковском НИИСХ // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика». 2017. С. 38–42.

⁴Брач Н.Б., Кутузова С.Н., Пороховинова Е.А. Коллекция ВИР как источник генетического разнообразия для селекционного улучшения сортов // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию ВНИИЛ льна. Торжок, 2000. С. 26–27.

⁵Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б. и др. Перспективные гибриды льна-долгунца томской селекции // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию томской школы селекции льна-долгунца. ФАНО, СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН. Томск: ООО «Графика», 2017. С. 47–52.

время признавшимися лучшими в Советском Союзе по содержанию волокна.

Последующая работа под руководством А.П. Крепкова была направлена на создание раннеспелых сортов с оптимальным выходом качественного волокна и семян, устойчивых к условиям континентального климата. Сорта Томский 16, Томский 17, Томский 18, ТОСТ, ТОСТ 3 (среднеспелый), ТОСТ 4, ТОСТ 5 отличаются раннеспелостью, хорошим содержанием и качеством волокна, устойчивостью к полеганию и болезням. В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, включены сорта Памяти Крепкова (2012 г.), Томич (2017 г.) и Томич 2 (2019 г.)⁶.

Современные технологии переработки льняного волокна требуют продолжения работы по созданию сибирского генофонда льна, позволяющего увеличить совмещенную продуктивность сортов по семенам и волокну [9, 10]. Включение в селекцию внутривидового разнообразия льна целесообразно и перспективно [11, 12]. Это позволяет выводить сорта, сочетающие повышенное содержание волокна с хорошей семенной продуктивностью, приспособленные к новым технологиям переработки. При выведении мультилинейных сортов комбинируют большое число линий (12–16) с различными генами устойчивости в одну популяцию растений, которая используется как сорт [11]. Новые сорта наряду с высоким генетическим потенциалом продуктивности должны обладать устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, иммунностью и другими качествами [13]. В экстремальных климатических условиях они должны формировать достаточно высокий и стабильный урожай за счет функционирования компенсаторных механизмов [14, 15].

Цель исследования – создать новый гибридный материал льна-долгунца для получения продуктивного раннеспелого сорта,

пригодного для возделывания в Сибири, отличающегося качественным волокном, высокой степенью адаптивности к внешним факторам среды, устойчивостью к полеганию и болезням.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводили на опытном поле Богашевского подразделения Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СиБНИСХИТ – филиал СФНЦА РАН), находящегося в подтаежной зоне Томской области⁷ [16]. Почвы – серые лесные среднеоподзоленные среднемощные среднесуглинистые. Реакция почвенного раствора слабокислая, содержание гумуса в пахотном горизонте достигает 5%. Обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием достаточная для культуры льна-долгунца⁸. Предшественник – яровые и озимые зерновые культуры.

Природно-климатические условия соответствовали потребностям льна-долгунца при возделывании раннеспелых сортов [3, 17]. Сумма среднесуточных температур выше 10 °C равна 1700°, количество осадков за вегетационный период 200–220 мм, гидротермический коэффициент Т.К. Селянинова (ГТК) 1,1–1,6. Температурный режим вегетационного периода определяется континентальностью климата. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 115 дней.

Метеоусловия в годы исследований отличались разнообразием. Вегетационный период 2017 г. можно охарактеризовать как переувлажненный, оценка влагообеспеченности по ГТК составила 1,5. Вегетационный период 2018 г. – умеренно увлажненный с недостатком тепла, ГТК составил 1,33,

⁶Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (сорта растений). URL: http://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/07/REESTR_2019-3.pdf Дата обращения 25.01.2020.

⁷Агроклиматические ресурсы Томской области. Справочник. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 148 с.

⁸Соловьева Т.П., Попова Г.А., Калиниченко В.А. Серые лесные почвы сопряженных ландшафтов // Вопросы географии Сибири. Русское географическое общество. Томский отдел, Томский государственный университет. Томск. 2003. Вып. 25. С. 163–165.

2019 г. – умеренно засушливый, ГТК = 0,87⁹. Метеорологические условия не всегда соответствовали оптимальным, что позволило наиболее полно оценить потенциал гибридных линий.

Основной метод селекции льна-долгунца – гибридизация в сочетании с планомерным целенаправленным индивидуальным отбором. Данная работа проведена по общепринятым методикам¹⁰. Отбор гибридного материала проведен методом «педигри» (родословных), основанном на многократном индивидуальном отборе и постоянной проверке отобранных растений по потомству в расщепляющихся гибридных поколениях. Оценку и отбор осуществляли в системе питомников по пятилетней схеме (см. сноска 10). При оценке гибридного материала за стандарт принят районированный сорт Томский 16.

Полевые исследования проводили в 2017–2019 гг. в питомнике создания гибридного материала. Высевали 12 перспективных гибридов, полученных от скрещивания трех сортов льна-долгунца бельгийской селекции и четырех местных сортов. Бельгийские сорта (Мерилин, Сюзанна, Гермес) отобраны как доноры по волокнистой продуктивности и качеству волокна в исследовании, проведенном в 2012–2013 гг. в коллекционном питомнике [13, 17, 18]. В качестве материнской линии использовали томские сорта Томский 16 (Т-16), Томский 17 (Т-17), Томский 18 (Т-18) и ТОСТ 5. Гибридные линии с 2013 г. высевали в луночном питомнике отбора на специально подготовленном выровненном фоне с площадью питания 2,5 × 2,5 см. В 2017–2019 гг. гибридные линии выращивали в питомниках второго и третьего года селекции, с 2020 г. переведены в контрольный питомник.

Нормальность распределения признаков проверяли с помощью теста Колмогорова–Смирнова. Для сравнения морфологических признаков гибридов применяли однофак-

торный дисперсионный анализ и тест Дункана.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обосновании выбора оптимальной модели сорта льна-долгунца для условий континентального климата А.П. Крепков (2000 г.) выделил определяющие морфологические признаки растения, связанные с содержанием и качеством волокна: высота растения, техническая длина и толщина стебля, размер метелки и другие.

Для всех почвенно-климатических зон в идеале растение льна-долгунца высотой 100 см и выше [9]. В модели сорта для условий Западной Сибири общая высота растений должна достигать 95 см. Изучаемые гибриды в среднем имели данный показатель 72 см (см. табл. 1). По общей высоте статистически значимые различия сорт-стандарт Томский 16 имел с четырьмя гибридами, из них три (Г-4960₁₆, Г-4954₃, Г-4988₁) превышали стандарт на 5,8–7,6 см и один (Г-4934₄) был меньше на 7 см (см. табл. 1).

В переработку на волокно используют техническую часть стебля (от семядольных листочков до первой веточки соцветия). В модели сорта определили техническую длину в 85 см. Средний показатель составил 64,2 см [9]. По технической длине стебля гибриды Г-4960₁₆, Г-4988₁ и Г-4947₁₇ имели статистически значимые различия со стандартом Томский 16 и превышали его на 4,4–9,5 см (см. табл. 1).

При отборе высокопродуктивных по семенам линий увеличивается длина соцветия, снижается длина технической части стебля, утолщается его диаметр, в итоге уменьшается выход высококачественного и наиболее ценного длинного волокна [9]. Установлен оптимальный вариант семенной продуктивности 6 коробочек на одно растение. Среднее значение коробочек 3,1 шт./растение. Гибрид Г-4954₃ статистически значимо превышал стандарт Томский 16 на 2,3 шт./растение (см. табл. 1).

⁹Погода и климат // On-line справочник. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=29430> (дата обращения: 15.10.2019).

¹⁰Павлова Л.Н. Методические указания по селекции льна-долгунца. М.: ВНИИЛ, 2004. 42 с.

Табл. 1. Морфологическая оценка перспективных гибридов луночного питомника второго и третьего года селекции (среднее за 2017–2019 гг.)

Table 1. Morphological assessment of promising hybrids in the nursery with pit planting of the second and third years of selection (average for 2017–2019)

Гибрид	Гибридная комбинация	Общая высота, см	Техническая длина, см	Число коробочек, шт./растение
Томский 16		70,6 <i>bcd</i>	62,5 <i>bc</i>	2,8 <i>ab</i>
Г-4934 ₄	Т-16*Мерилин	63,6 <i>a</i>	56,1 <i>a</i>	2,6 <i>ab</i>
Г-4939 ₈	Т-16*Сюзанна	71,7 <i>cde</i>	65,5 <i>cdef</i>	2,4 <i>a</i>
Г-4941 ₂₇	Т-16*Гермес	73,1 <i>cdef</i>	65,7 <i>cdef</i>	2,6 <i>ab</i>
Г-4945 ₃	Т-17*Сюзанна	66,4 <i>ab</i>	56,5 <i>a</i>	3,1 <i>ab</i>
Г-4947 ₁₇	Т-17*Мерилин	75,4 <i>defg</i>	67,0 <i>ef</i>	2,5 <i>ab</i>
Г-4950 ₁	Т-17*Гермес	68,8 <i>bc</i>	63,2 <i>bcd</i>	3,3 <i>ab</i>
Г-4954 ₃	Т-18*Мерилин	76,7 <i>fg</i>	66,7 <i>def</i>	5,2 <i>c</i>
Г-4960 ₁₆	Т-18*Гермес	78,3 <i>g</i>	72,1 <i>g</i>	2,2 <i>a</i>
Г-5069 ₁	Т-18*Сюзанна	73,6 <i>cdefg</i>	65,2 <i>cdef</i>	4,1 <i>bc</i>
Г-4978 ₂	ТОСТ 5*Мерилин	71,8 <i>cde</i>	64,3 <i>bcde</i>	3,4 <i>ab</i>
Г-4982 ₅	ТОСТ 5*Сюзанна	69,2 <i>bc</i>	61,4 <i>b</i>	2,7 <i>ab</i>
Г-4988 ₁	ТОСТ 5*Гермес	76,5 <i>efg</i>	68,4 <i>f</i>	2,6 <i>ab</i>
	Среднее	72,0	64,2	3,1
	HCP ₀₅	5,77	4,56	1,56

*Здесь и в табл. 2 буквы *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* показывают наличие статистически значимых отличий между гибридами и стандартом по результатам однофакторного дисперсионного анализа, тест Дункана ($p < 0,05$); совпадающие буквы указывают на отсутствие статистически значимых отличий.

Волокнистую продуктивность льна-долгунца определяет процентное содержание волокна в стеблях льна, которое характеризуется массой технической части стеблей одного растения и количеством волокна, содержащегося в нем.

При формулировке модели сорта А.П. Крепков (2000 г.) отмечал, что масса технической части стебля должна составлять 600–700 мг. По данным исследований, средний показатель массы технической части стебля составил 326 мг. По массе технической части одного растения и его волокна гибрид Г-4954₃ статистически значимо превышает стандарт Томский 16 на 173 и 51 мг соответственно и является лидером среди гибридов по данным признакам.

Сорта томской селекции отличаются высоким содержанием волокна (30–35%), в

отдельных гибридных линиях содержание волокна достигает 40–42%. По результатам оценки волокнистой продуктивности изучаемого материала в стеблях девяти гибридных линий (Г-4934₄, Г-4939₈, Г-4941₂₇, Г-4945₃, Г-4947₁₇, Г-4950₁, Г-4960₁₆, Г-4978₂, Г-4988₁) статистически значимо превышенены показатели стандарта Томский 16. Данные линии имели параметры от 36,9 до 38,3% (см. табл. 2).

Селекция зерновых культур сосредоточена на выращивании низкорослых сортов из-за уязвимости к полеганию [19, 20]. Однако селекция льна-долгунца не направлена на уменьшение высоты растения. Напротив, достаточно высокие растения желательны для обеспечения более высокой урожайности, поскольку волокна извлекаются из стебля [21]. По результатам трехлетних на-

Табл. 2. Результаты оценки волокнистой продуктивности перспективных гибридов луночного питомника второго, третьего года селекции (среднее за 2017–2019 гг.)**Table 2.** Assessment results of the fibrous productivity of promising hybrids in the nursery with pit planting in the second and third years of selection (average for 2017–2019)

Гибрид	Гибридная комбинация	Масса технической части стебля, мг	Масса волокна одного растения, мг	Содержание волокна, %
Томский 16		295 <i>a</i>	99 <i>a</i>	34,1 <i>a</i>
Г-4934 ₄	Т-16* Мерилин	256 <i>a</i>	94 <i>a</i>	37,5 <i>cde</i>
Г-4939 ₈	Т-16*Сюзанна	336 <i>a</i>	122 <i>ш</i>	36,9 <i>de</i>
Г-4941 ₂₇	Т-16*Гермес	296 <i>a</i>	110 <i>a</i>	37,9 <i>de</i>
Г-4945 ₃	Т-17*Сюзанна	247 <i>a</i>	92 <i>a</i>	37,5 <i>cde</i>
Г-4947 ₁₇	Т-17*Мерилин	345 <i>a</i>	128 <i>ab</i>	37,2 <i>cde</i>
Г-4950 ₁	Т-17*Гермес	353 <i>a</i>	129 <i>ab</i>	38,1 <i>de</i>
Г-4954 ₃	Т-18*Мерилин	468 <i>b</i>	150 <i>b</i>	34,3 <i>ab</i>
Г-4960 ₁₆	Т-18*Гермес	342 <i>a</i>	128 <i>ab</i>	38,3 <i>e</i>
Г-5069 ₁	Т-18*Сюзанна	353 <i>a</i>	118 <i>ab</i>	34,5 <i>ab</i>
Г-4978 ₂	ТОСТ 5*Мерилин	325 <i>a</i>	115 <i>ab</i>	36,2 <i>bcd</i>
Г-4982 ₅	ТОСТ 5*Сюзанна	274 <i>a</i>	97 <i>a</i>	35,7 <i>abc</i>
Г-4988 ₁	ТОСТ 5*Гермес	347 <i>a</i>	128 <i>ab</i>	37,3 <i>cde</i>
	Среднее	326	116	36,6
	НСР ₀₅	127	40	2,12

блюдений выделились три высокорослых гибрида: Г-4954₃, Г-4960₁₆, Г-4988₁. Гибриды Г-4960₁₆ и Г-4988₁ – комбинация Гермеса и томских сортов Томский 18 и ТОСТ 5. У гибрида Г-4954₃ в качестве материнской линии использован высоковолокнистый раннеспелый сорт Томский 18, отцовской – сорт Мерилин. Гибрид Г-4954₃ по большинству исследуемых морфологических признаков (общая высота, масса соломки и волокна) превосходил стандарт и остальные гибриды, но по процентному содержанию волокна статистически значимо не отличался от стандарта Томский 16.

В 2015 г. исследователями отмечено значение волокон в устойчивости растения [22] и обнаружена корреляция между прочностью стебля и содержанием в нем волокна [23]. Следовательно, в селекционной работе при создании новых сортов, кроме выхода волокна, необходимо учитывать содержание ксилемы. Одновременно с содержанием волокна в стебле его механические свойства могут быть использованы для повышения устойчивости к полеганию [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной работы выделены три высокорослых гибрида, имевшие статистически значимые различия со стандартом Томский 16 и превышающие его на 5,8–7,6 см по общей высоте и на 4,4–9,5 см по технической длине стебля. Девять гибридов показали высокое содержание волокна, превышая стандарт на 2,8–4,2%.

На последующих этапах селекционного процесса перспективные гибриды льна-долгунца будут проходить оценку на скороспелость, продуктивность, качество волокна и высокую степень адаптивности к внешним факторам среды, устойчивость к полеганию и болезням, пригодность для возделывания в Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова Г.А., Крепков А.П. Характеристика продуктивности скороспелых сортов льна-долгунца по их морфофизиологическим параметрам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2005. № 3 (157). С. 31–34.
2. Клячина С.Л. Лен-долгунец: монография. М.: ООО Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2012. 160 с.

3. Мичкина Г.А., Попова Г.А., Рогальская Н.Б., Князева Н.В., Трофимова В.М. Новый сорт льна-долгунца Томич 2 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 1. С. 44–50. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-6.
4. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. 2014. Vol. 68. P. 184–192. DOI: 10.2478/prolas-2014-0022.
5. Spielmeyer W., Lagudah E., Mendham S.N., Green A.G. Inheritance of resistance to flax wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. lini Schlecht) in a doubled haploid population of *Linum usitatissimum* L. // Euphytica. 1998. Vol. 101. P. 287–291. DOI: 10.1023/A:1018353011562.
6. Rashid K., Duguid S. Inheritance of resistance to powdery mildew in flax // Canadian Journal of Plant Pathology. 2005. Vol. 27. P. 404–409. DOI: 10.1080/07060660509507239.
7. Rashid K.Y. Evaluation of components of partial resistance to rust in flax // Canadian Journal of Plant Pathology. 1991. Vol. 13. P. 212–217. DOI: 10.1080/07060669109500932.
8. Павлов А.В., Брач Н.Б., Пороховина Е.А., Кутузова С.Н. Образцы льна-долгунца китайской селекции как источник хозяйственных признаков // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. № 1. С. 68–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
9. Крепков А.П. Селекция льна-долгунца в Сибири: монография. Томск: Томский университет, 2000. 186 с.
10. Foster R., Pooni H.S., Mackay I.J. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose traits // The Journal of Agricultural Science. 1998. Vol. 131. P. 285–292. DOI: 10.1017/S0021859698005917
11. Кутузова С.Н. Генетика льна // Генетика культурных растений: лен, картофель, морковь, зеленые культуры, гладиолус, яблоня, люцерна. СПб.: ВИР, 1998. С. 6–52
12. Кутузова С.Н. Генетические основы селекции льна на устойчивость к ржавчине: монография. СПб., ВИР, 2014. 172 с.
13. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Оценка сортов льна-долгунца белорусской и бельгийской селекции в условиях Томской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 9. С. 20–22.
14. Гончаров П.Л., Гончаров Н.П. Методические основы селекции растений: монография. Новосибирск: Новосибирский университет, 1993. 312 с.
15. Гончаров Н.П., Гончаров П.Л. Методические основы селекции растений: монография. 2-е изд. испр. и доп. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009. 427 с.
16. Азьмука Т.И. Ресурсы климата. Природные ресурсы Томской области. Томск: издательство Томского университета, 1991. С. 83–103.
17. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М. Белорусские и бельгийские сорта льна-долгунца в условиях Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 3. С. 32–37.
18. Попова Г.А., Мичкина Г.А., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М., Брач Н.Б. Использование мировых генетических ресурсов коллекции ВИР в создании сортов томской селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. № 1. С. 76–87. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-76-87.
19. Crook M.J., Ennos A.R. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars // The Journal of Agricultural Science. 1994. Vol. 123. P. 167–174. DOI: 10.1017/S0021859600068428.
20. Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. Nerica 1. // Journal of Experimental Botany. 2006. Vol. 57. P. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.
21. Goudenhooft C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fiber Properties // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. P. 411. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411.
22. Bourmaud A., Gibaud M., Lefevre A., Morvan C., Baley Ch. Influence of the morphology characters of the stem on the lodging resistance of Marylin flax // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 66. P. 27–37. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.047.
23. Gibaud M., Bourmaud A., Baley C. Understanding the lodging stability of green flax stems; The importance of morphology and fiber stiffness // Biosystems Engineering. 2015. Vol. 137. P. 9–21. DOI: 10.1016/j.biosystemeng.2015.06.005.

REFERENCES

- Popova G.A., Krepkov A.P. Productivity characteristics of early ripening varieties of flax by their morphophysiological parameters. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2005, vol. 3 (157), pp. 31–34. (In Russian).
- Klyachina S.L. *Fiber flax*. Moscow, Editorial board Achievements of Science and Technology of AIC, 2012, 160 p. (In Russian).
- Michkina G.A., Popova G.A., Rogal'skaya N.B., Knyazeva N.V., Trofimova V.M. The new variety of fiber flax Tomich 2. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49 (1), pp. 44–50. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-1-6.
- Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 2014, vol. 68, pp. 184–192. DOI: 10.2478/prolas-2014-0022.
- Spielmeyer W., Lagudah E., Mendham S.N., Green A.G. Inheritance of resistance to flax wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lini* Schlecht) in a doubled haploid population of *Linum usitatissimum* L. *Euphytica*. 1998, vol. 101, pp. 287–291. DOI: 10.1023/A:1018353011562.
- Rashid K., Duguid S. Inheritance of resistance to powdery mildew in flax. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2005, vol. 27, pp. 404–409. DOI: 10.1080/07060660509507239.
- Rashid K.Y. Evaluation of components of partial resistance to rust in flax. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 1991, vol. 13, pp. 212–217. DOI: 10.1080/07060669109500932.
- Pavlov A.V., Brach N.B., Porokhovina E.A., Kutuzova S.N. Fiber flax accessions of Chinese breeding as sources of valuable agronomic characters. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2015, vol. 176 (1), pp. 68–75. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-68-75.
- Krepkov A.P. *Breeding of fiber flax in Siberia*. Tomsk, Tomsk university, 2000. 186 p. (In Russian).
- Foster R., Pooni H.S., Mackay I.J. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose traits. *The Journal of Agricultural Science*, 1998, vol. 131, pp. 285–292. DOI: 10.1017/S0021859698005917.
- Kutuzova S.N. Genetics of flax. *Genetics of cultivated plants: flax, potatoes, carrots, green crops, gladiolus, apple trees, alfalfa*. St. Petersburg, VIR, 1998, pp. 6–52. (In Russian).
- Kutuzova S.N. *The genetic bases of flax breeding for rust resistance*. St. Petersburg, VIR, 2014, 172 p. (In Russian).
- Popova G.A., Michkina G.A., Rogal'skaya N.B., Trofimova V.M. Evaluation of flax varieties of Byelorussian and Belgian origin in conditions of Tomsk area. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2014, vol. 9, pp. 20–22. (In Russian).
- Goncharov P.L., Goncharov N.P. *Methodical basis of plant breeding*. Novosibirsk, Novosibirsk University, 1993. 312 p. (In Russian).
- Goncharov N.P., Goncharov P.L. *Methodical basis of plant breeding*. 2nd ed. Novosibirsk, «Geo», 2009, 427 p. (In Russian).
- Azmuka T.I. *Climate resources. Natural resources of the Tomsk region*. Tomsk: Pub. house Tomsk university, 1991. pp. 83–103. (In Russian).
- Popova G.A., Michkina G.A., Rogal'skaya N.B., Trofimova V.M. Byelorussian and Belgian fiber flax varieties in Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2014, vol. 3, pp. 32–37. (In Russian).
- Popova G.A., Michkina G.A., Rogal'skaya N.B., Trofimova V.M., Brach N.B. Involvement of worldwide flax genetic resources from VIR's collection in the development of cultivars in Tomsk. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2015, vol. 176 (1), pp. 76–87. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-76-87.
- Crook M.J., Ennos A.R. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars. *The Journal of Agricultural Science*. 1994, vol. 123, pp. 167–174. DOI: 10.1017/S0021859600068428.
- Oladokun M. Structural development and stability of rice *Oryza sativa* L. var. *Nerica* 1. *J. Exp. Bot.* 2006, vol. 57, pp. 3123–3130. DOI: 10.1093/jxb/erl074.
- Goudenhooft C, Bourmaud A, Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fi

- ber Properties. *Frontiers in Plant Science*. 2019, vol. 10, 411 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00411
22. Bourmaud A., Gibaud M., Lefeuvre A., Morvan C., Baley Ch. Influence of the morphology characters of the stem on the lodging resistance of Marylin flax. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 66, pp. 27–37. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.047.
23. Gibaud M., Bourmaud A., Baley C. Understanding the lodging stability of green flax stems. The importance of morphology and fiber stiffness. *Biosystems Engineering*, 2015, vol. 137, pp. 9–21. DOI: 10.1016/j.biosystemeng.2015.06.005.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Попова Г.А.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 634050, Томская область, Томск, ул. Гагарина, 3, e-mail: popovag@sibmail.com, Sibniit@mail.tomsknet.ru

Полякова О.И., старший преподаватель, e-mail: polyakova_olga93@mail.ru

Князева Н.В., младший научный сотрудник; e-mail: knjaziha@sibmail.com

Рогальская Н.Б., старший научный сотрудник; e-mail: popovag@sibmail.com

Трофимова В.М., научный сотрудник; e-mail: popovag@sibmail.com

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Galina A. Popova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 3, Gagarina St., Tomsk, 634050, Russia; e-mail: popovag@sibmail.com, Sibniit@mail.tomsknet.ru

Olga I. Polyakova, Senior Lecturer, e-mail: polyakova_olga93@mail.ru

Natalia V. Knyazeva, Junior Researcher; e-mail: knjaziha@sibmail.com

Nina B. Rogalskaya, Senior Researcher; e-mail: popovag@sibmail.com

Vera M. Trofimova, Researcher; e-mail: popovag@sibmail.com

Дата поступления статьи 26.10.2020

Received by the editors 26.10.2020

ИНТРОДУЦИРОВАННЫЕ СОРТА МАЛИНЫ (*RUBUS IDAEUS L.*) В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Охлопкова М.И., Габышева Н.С.

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафонова – обособленное подразделение Якутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук

Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Россия

Представлены результаты изучения биологических свойств и продуктивности интродуцированных сортов малины обыкновенной. Объекты исследования – сорта малины обыкновенной (*Rubus idaeus L.*) Арочная, Прелест, Персик, Новость Кузьмина, Мальборо, Вислуха, Калининградская. В качестве контроля использовали адаптированный к местным условиям сорт Новость Кузьмина. Исследования проводили в 2016–2018 гг. в плодово-ягодном саду. Схема посадки ленточная – 3,0 × 0,5 м. Агротехника общепринятая с пригибанием и прикопыванием побегов слоем земли или перегноя поздней осенью. Изучение проводили согласно общепринятой методике. В среднем по годам в период исследований сорта малины вступали в фазу начало вегетации в начале – середине мая (6–16 мая) при сумме положительных температур 79,3–121,3°. Наиболее ранний срок распускания почек наблюдали у сорта Мальборо. Цветение малины наступало в III декаде июня, через 39–44 дня после начала вегетации. Период цветения у изучаемых сортов растянутый. Созревание плодов малины зарегистрировано в конце июля. Окончание роста у всех сортов не отмечено. В результате коллекционного сортоподбора выделен высокурожайный сорт Прелест (3,6 т/га). По крупноплодности отличались сорта Арочная и Персик (105,5–106,8 г/100 ягод). Данные сорта рекомендованы к возделыванию на участках личных подсобных, фермерских и других хозяйств в условиях Центральной Якутии, а также для использования в селекционной работе как источники продуктивности и крупноплодности.

Ключевые слова: малина обыкновенная, интродуцированные сорта, фенологическая фаза, продуктивность, крупноплодность

VARIETIES OF RASPBERRIES (*RUBUS IDAEUS L.*) INTRODUCED IN CENTRAL YAKUTIA

Okhlopkova M.I., Gabyshova N.S.

M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of the Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

The results of studying biological properties and productivity of introduced varieties of common raspberry are presented. Objects of research were varieties of common raspberries (*Rubus idaeus L.*) Arochnaya, Prelest, Persik, Novost Kuzmina, Marlboro, Vislukha, Kaliningradskaya. Variety Novost Kuzmina adapted to local conditions was used as a control. The studies were carried out in 2016–2018 in a fruit and berry garden. Band planting pattern was used 3.0 × 0.5 m. Agrotechnology applied is generally accepted in the area with bending and heeling in shoots with a layer of earth or humus in late autumn. The study was carried out according to the generally accepted method. On average, over the years during the study period, raspberry varieties entered the phase of the beginning of the growing season in early – mid-May (May 6–16) with a sum of positive temperatures of 79.3–121.3°. The earliest budding time was observed for Marlboro variety. Raspberry flowering began in the third part of June, 39–44 days after the start of the growing season. The flowering period of the studied varieties is extended. Raspberries ripened in late July. The end of growth was not observed in any varieties. As a result of the collection varietal study of raspberries, a high-yielding variety Prelest (3.6 t/ha) was identified. Varieties Arochnaya and Persik were distinguished as yielding large-sized fruit (105.5–106.8 g/100 berries). These varieties are recommended for cultivation

on the personal plots of land, farms and other agricultural enterprises in Central Yakutia and for the use in breeding work as sources of high productivity and large-sized fruit.

Keywords: common raspberries, introduced varieties, phenological phase, productivity, large-sized fruit

Для цитирования: Охлопкова М.И., Габышева Н.С. Интродуцированные сорта малины (*Rubus idaeus* L.) в Центральной Якутии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 46–53. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-5>

For citation: Okhlopkova M.I., Gabysheva N.S. Varieties of raspberries (*Rubus idaeus* L.) introduced in Central Yakutia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 46–53. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Малина – одна из самых распространенных ягодных культур в садоводстве, обладающая ценными лечебными и питательными свойствами. Ягоды малины отличаются приятным вкусом и высоким содержанием легкоусвояемых сахаров, кислот и витаминов [1–4]. В плодах малины содержится до 12% сахаров, органических кислот – до 2%, пектина – до 1,2%, клетчатки – 4–6%, а также дубильные вещества. Малина богата биологически активными веществами (антоцианы, флавоноиды, катехины) и витаминами (C, B1, B2, PP, фолиевая кислота, провитамин А). Витамина С в плодах малины содержится до 65 мг%, Р-активных соединений – до 300 мг%, железа больше, чем в других ягодных культурах. В зольном составе плодов малины присутствует также калий, медь, кальций, магний, кобальт и цинк. Свежая малина – поливитаминный продукт, способствующий оздоровлению населения^{1,2} [5–10].

Для получения высоких и стабильных урожаев малины в неустойчивых погодных условиях в большинстве регионов страны необходимо разнообразие новых адаптивных сортов [11–13]. В настоящее время в связи с ростом производства сельскохозяйственной продукции за счет новых техноло-

гий, применения пестицидов и генномодифицированных сортов и пород стоит задача улучшения качества продуктов питания. Особенно актуальна эта проблема в регионах с экстремальными природно-климатическими условиями, где организм человека нуждается в большом количестве биологически активных веществ.

Цель исследований – изучить биологические свойства, продуктивность интродуцированных сортов малины и выделить образцы с высоким уровнем адаптации в условиях Центральной Якутии.

Задачи исследований: изучить сроки наступления фенологических фаз развития культуры, продуктивность интродуцированных сортов малины, выделить сорта малины, приспособленные к резко континентальным климатическим условиям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2016–2018 гг. в плодово-ягодном саду, расположенному в г. Покровск Хангаласского улуса, в 80 км южнее г. Якутск. Природно-климатические условия района являются типичными для Центральной Якутии.

Почва участка мерзлотная дерново-лесная палевая, по механическому составу преимущественно среднесуглинистая, недоста-

¹Казаков И.В., Айтджаanova С.Д., Евдокименко С.Н., Сазонов Ф.Ф., Кулагина В.Л., Андронова Н.В. Ягодные культуры в Центральном регионе России: М.: ФГБНУ Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и пищеводства, 2016. 233 с.

²Жбанова Е.В. Биохимическая характеристика плодов генколлекции сортов малины в условиях ЦЧР (Мичуринск) // Сборник научных трудов ГНБС. Мичуринск, 2017. Т. 144 (1). С. 182–186.

точно обеспеченная подвижными формами элементов питания: подвижного фосфора (по Кирсанову) – 15,2–21,0; обменного калия – 20,6–25,3 мг/100 г почвы. Реакция среды изменяется от слабо- до сильнощелочной (рН 7,4–8,3). Содержание гумуса в слое 0–20 см колеблется от 2,5 до 3,0%.

Особенностью агротехники выращивания сортовой малины в условиях Центральной Якутии является обязательное пригибание побегов к почве и прикрепление слоем земли или перегноя. Данное мероприятие проводят поздней осенью перед сковыванием почвы (начало октября). Изучение проводили согласно общепринятой методике³. Объекты исследования – интродуцированные сорта малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) Арочная, Прелесть, Персик (Новосибирская зональная плодовоягодная опытная станция им. И.В. Мичурина), Новость Кузьмина (Нижегородская область, г. Ветлуга), Мальборо (США), Вислуха (Алтайский край), Калининградская (Германия).

В качестве контроля использовали адаптированный к местным условиям сорт Новость Кузьмина. Схема посадки ленточная 3,0 × 0,5 м. Агротехника общепринятая.

Климатические условия в регионе – резко континентальные, амплитуда колебания температур достигает 90–102 °C. Годовая сумма положительных средних температур воздуха выше 5 °C составляет 1600–1800°, выше 10 °C – 1400–1500°. Среднегодовая температура воздуха – минус 10,8 °C. Среднемесячная температура января в Якутске составляет –39 °C, абсолютный минимум –64,4 °C, в Покровске –63,3 °C. Сумма отрицательных температур 5000–6000°. Снег выпадает в октябре, сходит в середине – конце апреля. Высота снежного покрова 25–38 см⁴.

Лето в Центральной Якутии короткое и засушливое. Средняя температура июля – 18,3 °C, максимальная – 38,3 °C. В летние месяцы возможны заморозки от –3 до –9 °C. Безморозный период в среднем составляет

90–110 дней⁵. В то же время в земледельческих районах соотношение тепла и света, несмотря на короткий безморозный период и летние заморозки, позволяет выращивать некоторые ягодные культуры, в частности малину.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), на основе которой созданы изучаемые сорта, как и другие ягодные культуры, менее требовательна к климату и почве, чем плодовые породы. Благодаря позднему цветению (21–29 июня) ее цветки не повреждаются весенними и позднелетними заморозками.

В годы проведения исследований температурные показатели в целом отмечены выше среднемноголетних значений, осадки выпадали неравномерно (см. рисунок).

В 2016 г. с мая по сентябрь среднемесячная температура зарегистрирована на 4,5–7,9 °C выше по сравнению со средними многолетними значениями.

Май, июнь и сентябрь отмечены сухими, осадков выпало меньше нормы в 3,5; 1,5 и 2,0 раза соответственно. Июль и август – дождливыми, выпало больше нормы в 1,9 и 1,2 раза.

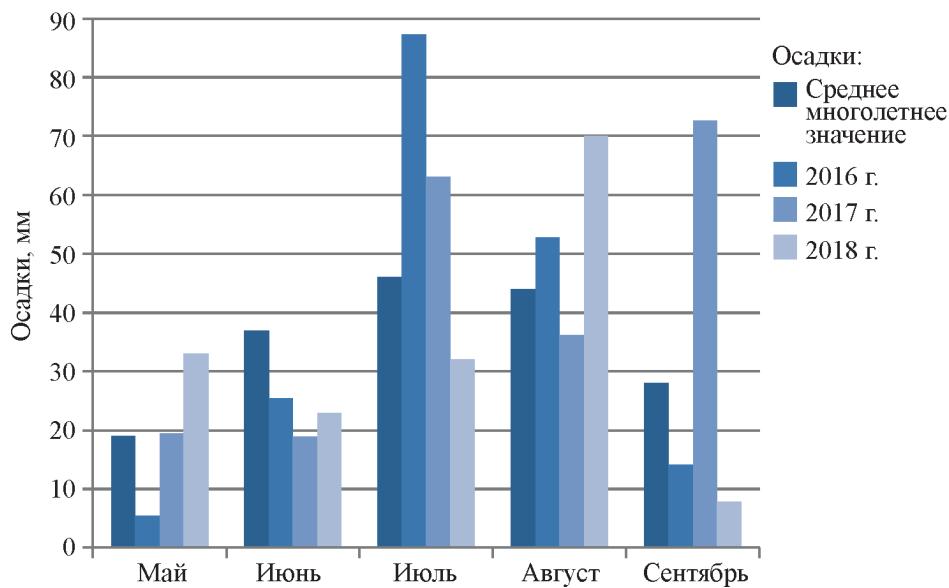
Вегетационный период 2017 г. отличился теплым летом, температура воздуха во все месяцы превышала среднемноголетние значения на 6,1–10,7 °C, особенно теплым был июнь. Сухая погода стояла в июне и августе, осадков зарегистрировано меньше нормы в 2,0 и 1,2 раза соответственно. Июль отличился дождливостью, осадков выпало в 1,4 раза больше по сравнению со среднемноголетними данными.

В 2018 г. особенно тепло было в мае (20,2 °C, при среднемноголетней 5,7 °C), что ускорило начало вегетации растений, и жарко в июле. Среднемесячная температура июля составила 30,1 °C – выше среднемноголетней на 12,1 °C. Август характеризовался теплой и дождливой погодой. Температура воздуха превышала норму на 10,9 °C, а осад-

³Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: издательство ВНИИСПК, 1999. 608 с.

⁴Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. Якутск: Книжное издательство, 1973. 120 с.

⁵Шацко Д.И. Климатические условия земледелия Центральной Якутии. М.: издательство Академии наук СССР, 1961. 261 с.



Осадки за годы исследований (2016–2018 гг.)
Precipitation over the years of research (2016–2018)

ки – в 1,6 раза. Это повлияло на повышение урожайности большинства изучаемых сортов малины. Погода в сентябре стояла теплая и сухая. Среднемесячная температура воздуха составила 17,1 °C, что на 11,4 °C выше среднемноголетнего значения, дождей выпало всего 7,8 мм, меньше нормы в 3,6 раза.

Важный показатель интродукции сортов – прохождение фенологических фаз развития в новых почвенно-климатических условиях⁶.

Изучение сроков наступления фенологических фаз дает возможность оценить адаптационные способности изучаемых сортов

малины к изменению погодных условий региона и распределение их по срокам цветения и созревания плодов [14].

В результате исследований установлено, что в Центральной Якутии в фазу начала вегетации сорта малины в среднем по годам вступали в начале – середине мая (6–16 мая) при сумме положительных температур 79,3–121,3° (см. табл. 1).

Наиболее ранний срок распускания почек наблюдали у сорта Мальборо (9 мая) при средней сумме положительных температур 79,8°. Остальные сорта начинали вегетировать на 2–4 дня позднее при накоплении температуры 86,7–107,0 °C.

Табл. 1. Потребность в тепле интродуцированных сортов малины (2016–2018 гг.), град.
Table 1. Heat demand for introduced raspberry varieties (2016–2018), degrees

Сорт	Сумма температур		
	> 0 °C	> 10 °C	
		начало цветения	начало созревания
Новость Кузьмина – контроль	85,3–111,4	387,0–419,6	1041,4–1123,4
Арочная	86,5–121,3	465,2–556,9	1016,8–1129,1
Персик	80,5–100,3	387,0–468,8	1083,3–1123,4
Прелесть	85,3–105,9	436,8–505,8	1070,9–1123,4
Вислуха	84,7–90,0	413,3–505,8	1055,3–1077,6
Калининградская	86,5–100,7	399,1–521,4	1041,4–1119,2
Мальборо	79,3–80,5	319,3–505,8	991,8–1073,7

⁶Жидехина Т.В. Коллекция малины: сохранение, изучение и использование // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (земляника, малина). Воронеж: Квартга, 2019. С. 226–265.

Рост молодых побегов в течение вегетации протекает умеренно, но наиболее интенсивно они растут в первой половине вегетации и это существенно зависит от фенофазы развития, климатических факторов и условий выращивания [15].

Рост прикорневых побегов в Якутии у интродуцированных сортов малины начинался 23–27 мая при сумме положительных температур 133,0–215,6°. Ранний рост прикорневых побегов наблюдался у сортов Персик и Мальборо (23 мая) при накоплении положительных температур 167,1–202,2°. Окончание роста у всех сортов не наблюдали.

Цветение – одна из важнейших фенологических фаз в жизни растения, сроки наступления и продолжительность которой колеблются по годам и зависят от генетических особенностей сорта и климатических условий [14].

В условиях Центральной Якутии цветение малины проходит поздно, ее цветки не подвергаются весенним заморозкам. Цвести малина начинала через 39–44 дня после начала вегетации. Период цветения у изучаемых сортов растянутый и начинался в III декаду июня, продолжался 28–33 дня до конца июля. Для вступления малины в данную фазу требуется сумма активных температур выше 10 °C 319,3–556,9°, что характерно для сортов раннего срока созревания (585–600°). Раннее начало цветения ежегодно отмечено у контрольного сорта Новость Кузьмина, как наиболее адаптированного в условиях Центральной Якутии (20 июня), при накоплении суммы активных температур 402,0°. Позже всех сортов вступал в фазу цветения сорт Арочная (27 июня). Обильным цветением отличались сорта малины Персик и Прелесть (по 3 балла).

Созревание плодов малины в условиях Центральной Якутии наблюдалось в конце июля при накоплении тепла 991,8–1129,1°. Раннее начало созревания плодов (29 июля) отмечено в 2016 г. у сорта Арочная при сумме активных температур 1016,8°, на 6 дней позднее – у сортов Новость Кузьмина, Персик, Прелесть (4 августа) при накоплении 1123,4°. В 2017 г. плоды малины начали

Табл. 2. Продуктивность сортов малины

Table 2. Productivity of raspberry varieties

Сорт	Урожайность		Вес 100 ягод, г
	Масса, $M \pm m$, ц/га	$V, \%$	
Новость Кузьмина – контроль	21,3 ± 12,5	50,0	89,9
Арочная	8,3 ± 1,7	16,3	106,8
Персик	26,6 ± 10,2	32,8	105,5
Прелесть	36,0 ± 21,2	48,6	97,0
Вислуха	16,9 ± 9,0	44,2	88,5
Калининградская	24,3 ± 14,9	51,7	92,6
Мальборо	16,5 ± 12,2	62,7	86,0
HCP_{05}	22,5		

созревать почти одновременно с разницей 1–3 дня, при этом сумма активных температур составила 1089,4–1119,2°. В 2018 г. в июле было очень жарко, что способствовало ускоренному созреванию ягод. Среднемесячная температура воздуха в июле была 30,1 °C при среднемноголетней 18 °C. Плоды малины сорта Мальборо начали созревать 20 июля при накоплении всего 991,8°.

Учет продуктивности в условиях Центральной Якутии за три года показал, что среди изучаемых сортов высокой урожайностью выделился сорт Прелесть – 36,0 ц/га (см. табл. 2).

Максимальная урожайность у сорта Прелесть достигала 53,2 ц/га в 2018 г. Низкая урожайность характерна сорту Арочная – 8,3 ц/га. По крупноплодности выделились сорта Арочная и Персик (105,5–106,8 г/100 ягод).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате коллекционного сортоизучения интродуцированных сортов малины в условиях Центральной Якутии определен срок начала вегетации в начале – середине мая (6–16 мая) при сумме положительных температур 79,3–121,3°. Цветение начиналось в III декаде июня при сумме активных температур выше 10 °C 319,3–556,9°, созревание плодов малины – при 991,8–1129,1°. Рост прикорневых побегов начинался 23–27 мая при сумме положительных температур 133,0–215,6°. Окончание роста у всех сор-

ртов не отмечено. По урожайности выделен сорт малины Прелесть (36,0 ц/га), по крупноплодности отличились сорта Арочная и Персик (105,5–106,8 г/100 ягод).

Данные сорта рекомендованы к возделыванию на участках личных подсобных, фермерских и других хозяйств в условиях Центральной Якутии, а также для использования в селекционной работе как источники продуктивности и крупноплодности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 56–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214.
2. Анурова И.В., Должикова М.А., Пикунова А.В., Толпекина А.А., Богомолова Н.И. Генетическая паспортизация малины (*Rubus* L.) // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 16–25. DOI: 1024411/2312-6701-2019-10402.
3. Синельникова Н.В., Пахомов М.Н. Особенности сезонного развития и динамика урожайности плодов малины сахалинской (*Rubus matsumuranus* Levl. & Vaniot) в верховьях Колымы (Магаданская область) // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2 (155). С. 53–57.
4. Щербакова Г.В., Кравцова Е.С. Выращивание саженцев малины ремонтантного типа // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(54). С. 16–20. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11016.
5. Жбанова Е.В. Плоды малины *Idaeus* L. как источник функциональных ингредиентов (обзор) // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 1. С. 5–14. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.
6. Матназарова Д.И. Биохимическая оценка ягод малины – начальный этап селекции на улучшение химического состава плодов // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 166–170. DOI: 10.15217/48484.
7. Пущина М.Ю., Раченко М.А. Продуктивность ремонтантных сортов и форм малины Лесостепной зоны Предбайкалья // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 42–44.
8. Акимов М.Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 244–264. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057.
9. Акимов М.Ю., Бессонов В.В., Коденцова В.М., Эллер К.И., Бржесинская О.А., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Богачук М.Н., Малинкин А.Д., Макаренко М.А., Шевякова Л.В., Перова И.Б., Рылина И.В., Макаров В.Н., Жидехина Т.В., Кольцов В.А., Юшков А.Н., Новоторцев А.А., Брыксин Д.М., Хромов Н.В. Биологическая ценность плодов и ягод Российского производства // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 220–232. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.
10. Макаркина М.А., Павел А.Р., Ветрова О.А. Изучение биохимического состава плодов во ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1–2. С. 99–102. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11225.
11. Сокерина Н.Н. Итоги сортонизуления ягодных культур в условиях Республики Коми // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 4 (59). С. 13–18.
12. Лупин М.В., Богомолова Н.И. Актуальные направления селекции малины, российские и мировые достижения // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 102–111. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10410.
13. Чугунова А.В., Заворохина Н.В., Вяткин А.В. Исследование антиоксидантной активности и ее изменения при хранении плодово-ягодного сырья в Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11(190). С. 59–65. DOI: 10.32417/article_5dcd861e8e0053.57240026.
14. Антипенко М.И. Фенологические особенности сортов малины в условиях Самарской области // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. С. 13–18. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11203.
15. Богомолова Н.И., Митина Е.В., Лупин М.В. Основные биометрические параметры растений малины как составляющие высокой продуктивности сорта // Вестник аграрной науки. 2018. № 3 (72). С. 18–23. DOI: 10.15217/48484.

REFERENCES

1. Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhbanova E.V. Role of fruits and berries in providing humans with vital biologically active substances. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 56–60. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214.
2. Anurova I.V., Dolzhikova M.A., Pikunova A.V., Tolpechina A.A., Bogomolova N.I. Genetic certification of raspberries (*Rubus* L.). *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary Horticulture*, 2020, no. 4, pp. 16–25. (In Russian). DOI: 1024411/2312-6701-2019-10402.
3. Sinel'nikova N.V., Pakhomov M.N. The peculiarities of phenology and yield variations of Sakhalin raspberry fruits (*Rubus matsumuranus* Levl. & Vaniot) in the upper Kolyma area (Magadan region). *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KSAU*, 2020, no 2 (155), pp. 53–57. (In Russian).
4. Shcherbakova G.V., Kravtsova E.S. Cultivation of the remontant type raspberry seedlings. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2020, no. 1(54), pp. 16–20. (In Russian). DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11016.
5. Zhbanova E.V. Fruit of raspberry *Rubus idaeus* L. as a source of functional ingredients (review). *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 5–14. (In Russian). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.
6. Matnazarova D.I. Biochemical assessment of raspberry fruit is the first stage of breeding for the improvement of chemical fruit composition. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2019, no. 6 (81), pp. 166–170. (In Russian). DOI: 10.15217/48484.
7. Pushchina M.U., Rachenko M.A. Productivity of remontant varieties and forms of raspberries in the forest-steppe zone of the Cis-Baikal region. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2017, no. 3, pp. 42–44. (In Russian).
8. Akimov M.Yu. New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 244–264. (In Russian). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057.
9. Akimov M.Yu., Bessonov V.V., Kodentsova V.M., Eller K.I., Vrzhesinskaya O.A., Bektevova N.A., Kosheleva O.V., Bogachuk M.N., Malinkin A.D., Makarenko M.A., Shevyakova L.V., Perova I.B., Rylina I.V., Makarov V.N., Zhidkikhina T.V., Kol'tsov V.A., Yushkov A.N., Novotortsev A.A., Bryksin D.M., Khromov N.V. Biological value of fruit and berries of Russian production. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 220–232. (In Russian). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.
10. Makarkina M.A., Pavel A.R., Vetrova O.A. Study of biochemical composition of fruits in VNIISPK. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'ur = Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*, 2020, vol. 7, no. 1–2, pp. 99–102. (In Russian). DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11225.
11. Sokerina N.N. The results of variety test of berry crops in conditions of Republic of Komi. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2017, no. 4 (59), pp. 13–18. (In Russian).
12. Lupin M.V., Bogomolova N.I. Actual directions of raspberry breeding, Russian and world achievements. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary Horticulture*, 2019, no. 4, pp. 102–111. (In Russian). DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10410.
13. Chugunova A.V., Zavorokhina N.V., Vyatkin A.V. The research of antioxidant activity and its changes during storage of fruit and berry raw materials of the Sverdlovsk region. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2019, no. 11 (190), pp. 59–65. (In Russian). DOI: 10.32417/article_5cd861e8e0053.57240026.
14. Antipenko M.I. Phenological features of raspberry varieties in the Samara region. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur = Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*, 2020, pp. 13–18. (In Russian). DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11203.
15. Bogomolova N.I., Mitina E.V., Lupin M.V. Main biometric parameters of raspberry plants as a component of high productivity of the variety. *Vestnik Agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2018, no. 3 (72), pp. 18–23. (In Russian). DOI: 10.15217/48484.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Габышева Н.С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. ведущего научного сотрудника; **адрес для переписки:** Россия, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского; e-mail: nataligabysheva@mail.ru

Охлопкова М.И., и.о. младшего научного сотрудника; e-mail: omariai@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Natalia S. Gabysheva**, Candidate of Science in Agriculture, acting Lead Researcher; **address:** 23/1, Bestuzhev-Marlinskogo St., Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, 677000, Russia; e-mail: nataligabysheva@mail.ru

Maria I. Okhlopkova, acting Junior Researcher; e-mail: omariai@mail.ru

Дата поступления статьи 26.10.2020
Received by the editors 26.10.2020



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-6>

УДК: 636.2.034

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА ПЕРВОГО ОТЕЛА КОРОВ

Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л.

*Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
Иркутская область, с. Пивовариха, Россия*

Представлены материалы изучения влияния возраста и развития ремонтных телок на молочную и дальнейшую пожизненную продуктивность коров. Исследованы экономические показатели молочной и пожизненной продуктивности, длительности племенного использования коров в зависимости от возраста первого отела и живой массы. Исследования проведены в 2009–2019 гг. в племенном репродукторе Иркутской области. Изучены показатели продуктивности коров черно-пестрой породы прибайкальского типа с разным возрастом первого отела (22–28 мес). Материалом работы послужила информационная база данных животных из программы племенного учета «Селэкс». Организационные, технологические, экономические исследования проводили согласно общепринятым методам. Определены способы увеличения молочной и пожизненной продуктивности коров, повышения рентабельности и доходности производства молочной продукции в хозяйствах. На основе анализа установлены оптимальные для получения прибыли сроки отела и ввода в основное стадо первотелок – 22 мес от рождения с живой массой 530–540 кг. У данных коров зарегистрирована наиболее высокая продуктивность за первую лактацию, однако отмечена самая низкая среди изученных коров пожизненная продуктивность. Наибольшая пожизненная продуктивность зарегистрирована у коров с возрастом первого отела 27 мес, хозяйством получена выручка от дополнительной продукции 131 191 р. Установлено, что у коров с возрастом первого отела 28 мес происходит снижение пожизненной продуктивности (25 382 кг/гол.), стоимость дополнительной продукции у данных животных составила 102 577 р./гол.

Ключевые слова: возраст первого отела, продуктивное долголетие, пожизненная продуктивность

EFFICIENCY OF MILK PRODUCTION DEPENDING ON THE AGE OF COWS AT FIRST CALVING

Petrukhina L.L., Belozertseva S.L.

Irkutsk Research Institute of Agriculture - Branch of Irkutsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Pivovarikha village, Irkutsk region, Russia

The article presents the materials of studying the influence of age and development of replacement heifers on milk production and further lifetime productivity of cows. The economic indicators of milk and lifetime productivity, duration of the use of cows for breeding purposes depending on the age of first calving and live weight were analyzed. The studies were carried out in 2009–2019 in the pedigree breeding unit of Irkutsk region. The indicators of productivity of cows of the black-and-white breed of the Pre-Baikal type at different ages of first calving (22–28 months) were studied. The material of the work was the information database of animals from the breeding program Selex.

Organizational, technological and economic research was carried out according to generally accepted methods. The ways of increasing milk and lifetime productivity of cows, increasing the profitability of dairy production on farms were determined. On the basis of the analysis, the optimal timing of calving and introducing first-calf heifers into the main herd in order to obtain profit was established – 22 months from birth with a live weight of 530-540 kg. These cows showed the highest productivity during the first lactation, however, their lifetime productivity proved to be the lowest. The highest lifetime productivity was recorded in cows whose age at the first calving was 27 months; proceeds from sales of additional produce received by the farm amounted to 131191 rubles. It was found that cows whose first calving age was 28 months had a decrease in lifetime productivity (25382 kg/head), the cost of additional produce from these animals was 102577 rubles/head.

Keywords: first calving age, productive longevity, lifetime productivity

Для цитирования: Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л. Эффективность производства молока в зависимости от возраста первого отела коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 54–59. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-6>

For citation: Petrukhina L.L., Belozertseva S.L. Efficiency of milk productivity depending on the age of cows at the first calving. *Sibirskii vestnik sel'skohozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 54–59. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Для роста производства продуктов молочного животноводства большое значение имеет внедрение интенсивных технологий выращивания молодняка при длительном использовании продуктивных животных [1]. Изучению интенсивности, динамики роста и развития молодняка крупного рогатого скота и связи с его продуктивностью посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых [2]. В исследованиях по влиянию живой массы коров на молочную продуктивность установлено, что молочная продуктивность коров в значительной степени зависит от роста и развития животных к первому отелу. Следовательно, изучение влияния роста и развития телок, осемененных в разном возрасте, на их последующую продуктивность имеет научное и практическое значение [3].

Раннее осеменение телок молочных пород вошло в практику молочного скотоводства многих западных стран, так как каждый месяц содержания неоплодотворенных телок после достижения 18-месячного возраста

(отставших в развитии) значительно повышает стоимость их выращивания до перевода в группу коров [4]. В связи с этим определение оптимального возраста и живой массы оплодотворения телок имеет большое значение в селекционной работе со стадом [5, 6]. Многими исследованиями доказано, что недоразвитые, рано оплодотворенные телки после отела дают меньше молока, чем животные, оплодотворенные в более старшем возрасте и нормально развитые. В связи с этим исследователями рекомендован оптимальный возраст первого отела от 23 до 27 мес, возраст первого отела старше 28 мес нежелателен, так как увеличиваются затраты на производство молока [7]. Живая масса коров при первом отеле оказывает существенное влияние на последующую молочную продуктивность и срок хозяйственного использования, так как она выражает способность организма накапливать питательные вещества на последующий лактационный период¹ [8, 9].

Цель исследований – изучить продуктивные особенности коров черно-пестрой породы для определения оптимального типа

¹Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л. Влияние возраста первого отела на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие // III Междунар. науч.-практ. конф. «Научное обеспечение животноводства Сибири» 16–17 мая 2019 г. Красноярск, 2019. С. 201–204.

формирования молочного стада в условиях племенных хозяйств.

Задачи исследований:

- изучить зависимость молочной продуктивности коров-первотелок от возраста первого отела и живой массы;
- рассчитать эффективность пожизненного производства молока в зависимости от возраста первого отела;
- установить способы повышения эффективности производства молока в зависимости от интенсивности развития ремонтных телок.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Молочная продуктивность коров – главный хозяйственний и селекционный признак при разведении крупного рогатого скота. Формирование молочной продуктивности происходит в период роста и развития животного [10, 11]. Поэтому интенсивное выращивание ремонтных телок и нетелей, определение оптимального возраста и живой массы, начала их хозяйственного использования – важнейший элемент современного высокопродуктивного молочного животноводства. Достижение годовой производительности коров 6–10 тыс. кг возможно с

первой лактации и является актуальной задачей управления стадом и повышения экономической эффективности хозяйственной деятельности в молочном скотоводстве [12]. В связи с этим проведена работа по изучению продуктивных особенностей коров черно-пестрой породы в зависимости от интенсивности развития ремонтных телок. Исследования проведены на коровах черно-пестрой породы прибайкальского типа в племпродукторе СПК «Окинский» Иркутской области с разным возрастом первого отела: 22–28 мес.

Материалом работы послужила информационная база данных животных из программы племенного учета «Селэкс». Организационные, технологические исследования проводили согласно общепринятым методам. При выполнении данной работы использованы общепринятые методы исследований: зоотехнические, аналитические, вариационно-статистические и экономические.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований рассчитана экономическая эффективность производства молока от коров по первой лактации в зависимости от возраста первого отела и живой массы (см. табл. 1). В качестве контроля ис-

Табл. 1. Экономические показатели молочной продуктивности коров-первотелок в зависимости от возраста первого отела и живой массы

Table 1. Economic indicators of milk productivity of first-calf heifers depending on the age of first calving and body weight

Показатель	Возраст коровы при первом отеле, мес						
	22	23	24	25	26	27	
Число коров, гол.	43	72	79	77	78	87	193
Живая масса первотелок, кг	530	532	533	536	544	546	564
Удой за 305 дней лактации, кг	5309	5476	5226	5198	5147	5125	5067
Массовая доля жира в молоке, %	3,74	3,74	3,74	3,74	3,74	3,74	3,73
Удой в пересчете на базисную жирность (3,4%), кг	5840	6024	5749	5718	5662	5638	5559
Себестоимость 1 кг молока, р.	16,8	17,8	18,5	19,3	20,1	20,9	21,6
Затраты на производство молока, р.	98 112	107 227	106 357	110 357	113 806	117 834	120 074
Цена реализации 1 кг молока, р.					22,8		
Выручка, р.	133 152	137 347	131 077	130 370	129 094	128 546	126 745
Прибыль, р.	35 040	30 120	24 720	20 013	15 288	10 712	6671
Рентабельность, %	35,7	28,1	23,3	18,1	13,4	9,1	5,6

пользована продуктивность коров, впервые осемененных в 20 мес и старше.

Наибольшую выручку от реализации молока хозяйство получило от коров-первотелок, возраст первого отела которых составил 23 мес при средней живой массе 532 кг (137 347 р./гол.). Наибольшую прибыль получили от коров, возраст первого отела которых составил 22 мес (35 040 р.).

С увеличением возраста в отелях затраты на производство 1 кг молока составили от 16,8 до 21,6 р., повышение производительности 4,8 р. за 1 кг молока, рентабельность уменьшилась на 30,1%. Таким образом, самым выгодным сроком отела первотелки и ввода ее в основное стадо является 22 мес от рождения с живой массой 530–540 кг.

Для анализа данных по эффективности пожизненного производства молока рассчитаны показатели зависимости продолжи-

тельности жизни и пожизненной молочной продуктивности по выбывшим коровам основного стада (см. табл. 2).

Анализ связи пожизненной продуктивности коров и возраста первого отела показал, что наибольшая продолжительность жизни в лактациях (4,50 лактаций) отмечена у коров с возрастом первого отела 27 мес, их пожизненная продуктивность составила 23 708 кг, что является наибольшим показателем в исследовании. Наименьшая продолжительность жизни в лактациях 3,54 лактации (1924 дня) зарегистрирована у коров с возрастом первого отела 22 мес. Молочная продуктивность данных животных составила 18 636 кг (наименьший показатель).

Рассчитана эффективность пожизненного производства молока в зависимости от возраста первого отела (см. табл. 3). В качестве контроля использована наименьшая пожизненная продуктивность коров.

Табл. 2. Пожизненная продуктивность коров в зависимости от возраста первого отела

Table 2. Lifetime productivity of cows depending on the age of first calving

Возраст первого отела, мес	n	Продолжительность жизни		Пожизненная продуктивность			Живая масса при первом отеле
		дней	лактаций	удой, кг	жир, %	белок, %	
22	43	1924 ± 139	3,54 ± 0,37	18636 ± 2090	3,81 ± 0,01	3,12 ± 0,002	528 ± 2,9
23	72	2001 ± 127	3,86 ± 0,33	19424 ± 1972	3,80 ± 0,011	3,12 ± 0,011	530 ± 3,1
24	79	2051 ± 83	3,87 ± 0,22	19550 ± 1249	3,80 ± 0,006	3,12 ± 0,002	533 ± 3,2
25	77	2131 ± 77	4,02 ± 0,20	20016 ± 1186	3,81 ± 0,006	3,12 ± 0,002	544 ± 2,8
26	78	2280 ± 77	4,32 ± 0,20	22294 ± 1197	3,83 ± 0,006	3,12 ± 0,002	543 ± 2,9
27	87	2409 ± 90	4,50 ± 0,24	23708 ± 1395	3,82 ± 0,006	3,12 ± 0,002	542 ± 3,4
28	193	2404 ± 62	4,45 ± 0,16	22532 ± 964	3,83 ± 0,004	3,12 ± 0,002	541 ± 2,3

Табл. 3. Эффективность пожизненного производства молока в зависимости от возраста первого отела

Table 3. Efficiency of lifelong milk production depending on the age of first calving

Показатель	Возраст коровы при первом отеле, мес						
	22	23	24	25	26	27	28
Живая масса при первом отеле, кг	528	530	533	544	543	542	541
Молоко базисной жирности, кг	20 883	21 709	21 850	22 430	25 114	26 637	25 382
Прибавка к основной продукции:							
кг	–	826	967	1547	4231	5754	4499
%	–	3,96	4,6	7,4	20,3	27,5	21,5
Цена реализации 1 кг молока, р.				22,8			
Стоимость дополнительной продукции в расчете на 1 гол., р.	–	18 833	22 048	35 272	96 467	131 191	102 577

Наибольшие показатели пожизненной продуктивности зарегистрированы у коров, возраст первого отела которых составил 27 мес, хозяйством получена выручка от дополнительной продукции 131 191 р. Следует отметить, что при использовании телок в возрасте первого отела 28 мес произошло снижение пожизненной продуктивности (25 382 кг/гол.), стоимость дополнительной продукции составила 102 577 р./гол. Наименьшую прибавку к основной продукции получили от коров, отеленных в 23 мес (18 833 р.). От коров, отелившихся в возрасте 24, 25, 26 мес, получили прибавку 22 048, 35 272, 96 476 р./гол. соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным исследования, наибольшая продуктивность от коров-первотелок получена при ранних отелях (22 мес). Однако отмечено сокращение продолжительности продуктивного использования данных животных в стаде, их пожизненная продуктивность имеет минимальные показатели. У коров, отелившихся в поздние сроки, зарегистрированы более высокие показатели по продолжительности жизни, по срокам продуктивного использования и пожизненной продуктивности. Согласно полученным данным установлен оптимальный возраст первого отела 27 мес. У коров, отелившихся в этом возрасте, наибольший срок продуктивного использования, максимальная пожизненная продуктивность и, следовательно, наибольшая стоимость дополнительной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозерцева С.Л., Петрухина Л.Л. Факторы, влияющие на продуктивное долголетие молочного скота // Вестник ИрГСХА. 2017. № 79. С. 124–130
2. Абылкасымов Д., Сударев Н.П. Повышение эффективности использования породных ресурсов в молочном скотоводстве Тверской области: монография. Тверь, 2013. 296 с.
3. Сергеев И.И. Целесообразность раннего оплодотворения телок // Зоотехния. 2005. № 4. С. 25 – 27.
4. Ревина Г.Б., Асташенкова Л.И. Зависимость плодовитости первотелок от возраста отела и живой массы // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 8–1 (86). С. 93–95.
5. Пеллинен А.В., Голубков А.И., Голубков А.А., Лефлер К.В., Сиротинин Е.Г., Мирвалиев Ф.С. Эффективность разведения крупного рогатого скота енисейского типа красно-пестрой породы в ПЗ АО «Солгон» // Вестник КрасГАУ. 2019. № 6. С. 114–122.
6. Дундукова Е.Н., Коханов М.А., Игнатов А.В. Влияние раздоя и живой массы первотелок на продуктивное долголетие коров // Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 1 (13). С. 62–67.
7. Коханов М.А., Журавлев Н.В., Дундукова Е.Н., Игнатов А.В. Использование генетического потенциала коров-долгожительниц // Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 1 (13). С. 86–93.
8. Коханов М.А., Дундукова Е.Н., Игнатов А.В. Коровы-долгожительницы и их использование в совершенствовании стада // Аграрный вестник Урала. 2009. № 5. С. 80–82.
9. Вильвер Д.С. Влияние живой массы и возраста первого осеменения телок на молочную продуктивность // Ветеринарный врач. 2007. № 3. С. 63–65.
10. Вильвер Д.С. Влияние возраста первого осеменения телок на молочную продуктивность // Вестник Челябинского государственного университета. 2008. № 4. С. 159–160.
11. Косилов В.И., Комарова Н.К., Востриков Н.И. Молочная продуктивность коров разных типов телосложения после лазерного облучения БАТ вымени // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (47). С. 107–110.
12. Романенко Л. В., Павлий В. А. Интенсивная система выращивания племенных телок айрширской породы // Зоотехния. 2008. № 3. С. 7–10.

REFERENCES

1. Belozertseva S.L., Petrukhina L.L. Factors affecting the productive longevity of dairy cattle. *Vestnik of IrGSHA*, 2017, no. 79. pp. 124–130. (In Russian).

2. Abylkasymov D., Sudarev N.P. *Increasing the efficiency of using breed resources in dairy cattle breeding in the Tver region*. Tver, 2013, 296 p. (In Russian).
3. Sergeyev I.I. Expediency of heifer early conception. *Zootechnika*, 2005, no. 4, pp. 25–27. (In Russian).
4. Revina G.B., Astashenkova L.I. Dependence of the fertility of cow heifers on the age of calving and body weight. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2019, no. 8–1 (86), pp. 93–95. (In Russian).
5. Pellinets A.V., Golubkov A.I., Golubkov A.A., Lefler K.V., Sirotinin E.G., Mirvaliev F.S. The efficiency of breeding of cattle of the Yenisey type of red-and-white breed in BF JSC "Sol-gon". *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KSAU*, 2019, no. 6, pp. 114–122. (In Russian).
6. Dundukova E.N., Kokhanov M.A., Ignatov A.V. The impact of milking and body weight of first-calf heifers on productive longevity of cows. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*, 2009, no. 1 (13), pp. 62–67. (In Russian).
7. Kokhanov M.A., Zhuravlev N.V., Dundukova E.N., Ignatov A.V. The use of genetic potential of long-living cows. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*, 2009, no. 1 (13), pp. 86–93. (In Russian).
8. Kokhanov M.A., Dundukova E.N., Ignatov A.V. Long-living cows and their use in herd perfection. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2009, no. 5, pp. 80–82. (In Russian).
9. Vil'ver D.S. Influence of body weight and age of first insemination of heifers on milk production. *Veterinarnyi vrach = Veterinarian*, 2007, no. 3, pp. 63–65. (In Russian).
10. Vil'ver D.S. Effect of the age of first insemination of heifers on milk productivity. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Chelyabinsk State University*, 2008, no. 4, pp. 159–160. (In Russian).
11. Kosilov V.I., Komarova N.K., Vostrikov N.I. Milk yields of cows with different body types after laser irradiation of udder. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya of Orenburg State Agricultural University*, 2014, no. 3 (47), pp. 107–110. (In Russian).
12. Romanenko L.V., Pavliy V.A. Intensive system of growing a herd of heifers of Iryshire breed. *Zootechnika*, 2008, no. 3, pp. 7–10. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петрухина Л.Л., научный сотрудник

✉ Белозерцева С.Л., научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 664511, Иркутская область, Иркутский район, с. Пивовариха, ул. Дачная, 14, e-mail: gnu_inish_risc@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Lidiya L. Petrukhina, Researcher

✉ Svetlana L. Belozertseva, Researcher;
address: 14, Dachnaya St., Pivovarikh village, Irkutsk district, Irkutsk region, 664511, Russia,
e-mail: gnu_inish_risc@mail.ru

Дата поступления статьи 27.10.2020
Received by the editors 27.10.2020

ИММУННЫЙ ОТВЕТ У ЖИВОТНЫХ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ЛЕЙКОЗЕ РАУШЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МОНОНУКЛЕАРНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК И СУБАЛИНА

¹Русакова Я.Л., ^{2,3}Магер С.Н., ²Храмцов В.В., ²Агаркова Т.А.,

²Двоеглазов Н.Г., ²Осипова Н.А.

¹Научно-исследовательский институт патологии кровообращения
им. академика Е.Н. Мешалкина

Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

³Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Представлены результаты воздействия иммуномодулирующих биологически активных препаратов на иммунный ответ у лабораторных животных. Для изучения процессов использована модель экспериментального лейкоза Раушера на мышах чистых линий. Изучены морфологические изменения периферической крови мышей линии Bagg Albino C (BALB/c) при экспериментальном лейкозе Раушера после применения препаратов мононуклеарных стволовых клеток и Субалина. Для эксперимента сформированы группы животных: контрольная и три опытные (инфицированные). Животных опытных групп исследовали одновременно путем внутрибрюшинного введения соответствующего биоматериала. Выявлено, что использование мононуклеарных стволовых клеток и Субалина не продлевает срок жизни зараженных животных. В течение периода наблюдения все инфицированные мыши погибли в течение 11 мес. После заражения лейкозом Раушера происходит количественное и качественное изменение клеток крови. В лейкограмме отмечен сдвиг влево, выявлены эозинофилия и моноцитоз. В процессе экспериментального воспроизведения хронической формы болезни оценивали размеры селезенки мышей. Отмечено увеличение селезенки в экспериментальной группе животных, инфицированных вирусом лейкоза Раушера, на 4-й неделе после заражения. Установлено, что Субалин оказывает выраженное влияние на выравнивание гематологических показателей и лейкопоэз инфицированных мышей. В группе, где применяли стволовые клетки вместе с антигеном, зарегистрировано некоторое снижение количества лимфоцитов и увеличение палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов. В опытных группах с применением мононуклеарных стволовых клеток и Субалина отмечено увеличение юных клеток в лейкограмме.

Ключевые слова: экспериментальный лейкоз Раушера, стволовые клетки, Субалин, гематологические изменения

IMMUNE RESPONSE IN ANIMALS WITH EXPERIMENTAL RAUSCHER LEUKEMIA TO MONONUCLEAR STEM CELLS AND SUBALIN

¹Rusakova Ya.L., ^{2,3}Mager S.N., ²Khramtsov V.V., ²Agarkova T.A.,

²Dvoeglazov N.G., ²Osipova N.A.

¹*E.N. Meshalkin Blood Circulation Pathology Research Institute*
Novosibirsk, Russia

²*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences*
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

³*Novosibirsk State Agrarian University*
Novosibirsk, Russia

The results of the effect of immunomodulating biologically active drugs on the immune response of laboratory animals are presented. To study the processes, a model of experimental Rauscher leukemia was used in mice of pure lines. The morphological changes in the peripheral blood of Bagg

Albino C (BALB / c) mice with experimental Rauscher's leukemia after the use of mononuclear stem cell and Subalin preparations were studied. Groups of animals were formed for the experiment: control and three experimental (infected). The animals of the experimental groups were examined simultaneously by intraperitoneal injection of the appropriate biomaterial. It was found that the use of mononuclear stem cells and Subalin does not prolong the life of infected animals. During the observation period, all infected mice died within 11 months. After infection with Rauscher leukemia, a quantitative and qualitative change in blood cells occurs. A shift to the left was noted in the leukogram, eosinophilia and monocytosis were revealed. In the process of experimental reproduction of the chronic form of the disease, the size of the spleen of mice was estimated. An increase in the spleen was observed in the experimental group of animals infected with the Rauscher leukemia virus on the 4th week after infection. It was found that Subalin has a pronounced effect on the leveling of hematological parameters and leukopoiesis in infected mice. In the group where stem cells were used together with the antigen, a slight decrease in the number of lymphocytes and an increase in stab and segmented neutrophils were recorded. In the experimental groups with the use of mononuclear stem cells and Subalin, an increase in young cells in the leukogram was noted.

Keywords: experimental Rauscher leukemia, stem cells, Subalin, hematological changes

Для цитирования: Русакова Я.Л., Магер С.Н., Храмцов В.В., Агаркова Т.А., Двоеглазов Н.Г., Осипова Н.А. Иммунный ответ у животных при экспериментальном лейкозе Раушера с применением мононуклеарных стволовых клеток и Субалина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 60–67. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-7>

For citation: Rusakova Ya.L., Mager S.N., Khramtsov V.V., Agarkova T.A., Dvoeglazov N.G., Osipova N.A. Immune response in animals with experimental Rauscher leukemia to mononuclear stem cells and Subalin. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 60–67. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из моделей для изучения процессов лейкемий служит экспериментальный лейкоз Раушера на мышах чистых линий. Мыши часто выступают в качестве экспериментальной модели для воспроизведения лейкозного процесса как других животных, так и человека [1, 2]. Инфекция восприимчивых мышей, таких как BALB/c, вызванная вирусом Раушера, приводит к быстрой постоянной виреции, пролиферации эритроидных клеток-предшественников, анемии и спленомегалии [3] и протекает у мышей чаще в виде эритробластоза, реже – лимфолейкоза или миелолейкоза [4]. Вирус вызывает иммунодепрессию в организме восприимчивых мышей, сходную с механизмами вирусов кори, вируса иммунодефицита человека и цитомегаловируса [5].

Экспериментальные данные определенно свидетельствуют о том, что при лейкозе довольно быстро вовлекаются в процесс полипотентные стволовые клетки и клетки-пред-

шественники. Данные по изучению влияния стволовых клеток при лейкозе на механизм развития и тяжесть процесса открывают новые возможности по их использованию для терапии онкологических заболеваний [6–9]. Также существует множество данных о противоопухолевом эффекте от применения препаратов различного происхождения, например, полисахаридов морского генеза [10] или различных иммуномодуляторов [11–14].

В настоящее время недостаточно изучены вопросы специфического и неспецифического воздействия иммуномодулирующих биологически активных препаратов (в том числе пробиотиков и стволовых клеток), а также оценки их профилактической эффективности при экспериментальном лейкозе [15–17].

Цель исследований – изучить особенности иммунного ответа у лабораторных мышей линии BALB/c на введение вируса лейкоза Раушера с последующим применением мононуклеарных стволовых клеток и Субалина.

Объект и предмет исследований – экспериментальная модель вируса лейкоза Раушера, воспроизведенная на мышах линии BALB/c.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе кафедры хирургии и внутренних незаразных болезней Новосибирского государственного аграрного университета, лаборатории лейкозов Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, лаборатории экспериментальной хирургии и морфологии ННИИПК Росмедтехнологий. Оценка функциональной активности лимфоидных клеток *in vitro* при тестировании спонтанной и *T*- и *B*-митоген-индукционной пролиферации клеток селезенки проведена на базе Научно-исследовательского института клинической иммунологии.

Животные были разделены на четыре группы по девять голов в каждой.

1. АГ – антиген (животные, экспериментально зараженные вирусом лейкоза Раушера).
2. АГ + СК (дополнительно введены стволовые клетки).
3. АГ + Субалин (дополнительно введен Субалин).
4. Здоровые животные (контроль).

Животных во всех группах исследовали одновременно путем внутрибрюшинного введения соответствующего биоматериала.

В группе АГ животных заражали вирусом лейкоза Раушера. Титр вируса считали по доле селезенки зараженной мыши. Инфицированные мыши высокораковых линий BALB/c приобретены в Институте фармакологии (г. Томск).

Для экспериментального воспроизведения инфекции вируса Раушера использовали селезенку массой 200 мг. Материал суспензировали с 200 мкл физиологического раствора, центрифугировали при 1000 об. 5 мин, собирали надосадок, доводили до начального объема 200 мкл и разводили в

100 мл физиологического раствора. Для заражения одного животного брали 0,1 мл надосадочной жидкости (1/1000 часть селезенки). В группе АГ + СК каждому животному вводили АГ в той же дозировке и мононуклеарные стволовые клетки, выделенные из костного мозга мышей той же линии в расчете 750 тыс. клеток на животное.

В группе АГ + Субалин кроме АГ в указанной дозировке (1/1000 часть селезенки) каждому животному вводили препарат Субалин в количестве 1,5 дозы (доза отработана в предварительных опытах). Контролем служила группа здоровых животных, которым вводили физиологический раствор в объеме 0,5 мл.

Для изучения особенностей иммунологического реагирования у мышей экспериментальных групп через 2 и 7 мес после заражения произведены лабораторные, гематологические, морфологические и радиометрические исследования. Методом микроскопирования в крови определяли абсолютное количество лейкоцитов и эритроцитов с последующим выведением лейкоцитарной формулы.

Для оценки функциональной активности лимфоидных клеток изучали влияние антигена и антиген + СК на спонтанную и стимулированную митогенами пролиферацию спленоцитов. Пролиферативную активность клеток оценивали по включению H^3 -тимидина в ДНК делящихся клеток.

Результаты оценивали в импульсах в минуту (имп/мин) на 100×10^3 клеток, подсчитывали средние значения по триплету. Оценка данных проведена в абсолютных значениях.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом подсчета средних арифметических (M), стандартных ошибок (m). Уровень значимости различий вариационных рядов оценивали параметрическим *t*-критерием Стьюдента. Полученные первичные данные обработаны статистически с использованием стандартного программного обеспечения Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В лабораторных условиях экспериментально воспроизведена хроническая форма лейкоза Раушера мышей. Наблюдение за мышами проводили в течение 11 мес. Путем пальпаторного метода исследования определяли размеры селезенки (1–2 раза в неделю). В группе АГ увеличение селезенки у животных произошло на 4-й неделе после заражения.

В группе АГ + СК первое животное погибло через 3 мес после заражения, остальные в течение следующих 9 мес.

В группе АГ + Субалин в течение первых 2 мес погибли 55,5% животных. В дальнейшем каждый месяц погибали по одному животному и к 8-му месяцу погибли все животные.

Таким образом, отмечены хроническое развитие лейкоза Раушера у животных, которым вводили вирус, а также ингибиция развития инфекции у мышей, которым вместе с вирусом Раушера вводили стволовые клетки.

Результаты гематологического исследования экспериментальных животных методом

дом световой микроскопии представлены в табл. 1.

Через 7 мес после заражения наблюдали появление базофильных клеток у животных в экспериментальных группах. В контрольной группе здоровых животных наблюдали достоверное увеличение палочкоядерных нейтрофилов и уменьшение моноцитов более, чем в 3 раза. В группе АГ также регистрировали достоверное в 4 раза снижение моноцитов, в группе АГ + Субалин – увеличение юных клеток в 2 раза.

В группе АГ + СК, кроме появления базофильных клеток, через 2 мес отмечалось увеличение эозинофилов и палочкоядерных нейтрофилов. Количество сегментоядерных нейтрофилов достоверно снижено по отношению к контрольной группе. Появление базофилов в крови инфицированных животных может подтверждать развитие миелоидного лейкоза. Относительная монопения и нейтрофиляция с появлением юных клеток в группе АГ также свидетельствует о развитии лейкемии.

Количественные изменения при гематологическом исследовании показали раз-

Табл. 1. Средние показатели лейкоцитарной формулы в мазках крови мышей BALB/c, $n = 9$, % от 100 клеток

Table 1. Average leukocyte counts in blood smears of BALB/c mice, $n = 9$, % of 100 cells

Группа	Базофилы	Эозинофилы	Нейтрофилы			Лимфоциты	Моноциты
			юные	палочкоядерные	сегментоядерные		
<i>Через 2 мес эксперимента</i>							
Здоровые животные	–	0,44 ± 0,1	–	0,34 ± 0,2	35,9 ± 3,2	62,6 ± 3,8	0,67 ± 0,6
АГ	0,1 ± 0,1	0,35 ± 0,15	1,22 ± 0,23*	14,7 ± 0,4	54 ± 2,9*	28,8 ± 2,9	0,9 ± 0,3
АГ + СК	–	1 ± 0,7	0,5 ± 0,33	5,5 ± 0,7	29,0 ± 5,9	53,5 ± 8,7	11,5 ± 1,4**
АГ + Субалин	0,1 ± 0,1	1,0 ± 0,01	1,5 ± 0,14	5,02 ± 1,0	11,03 ± 2,25	76,2 ± 2,5	5,12 ± 0,22*
<i>Через 7 мес эксперимента</i>							
Здоровые животные	–	0,4 ± 0,15	–	0,44 ± 0,2	40,8 ± 2,3	59,1 ± 3,4	1,0 ± 0,2
АГ	0,1 ± 0,1	15,0 ± 0,5**	0,8 ± 0,5*	16,9 ± 1,2	14,1 ± 1,9**	39,8 ± 2,0	13,3 ± 0,7**
АГ + СК	0,6 ± 0,41	1,8 ± 0,7	1,6 ± 1,2	9,2 ± 5,2	40,6 ± 3,3	38,2 ± 4,4	8,0 ± 3,5
АГ + Субалин	0,11 ± 0,1	0,5 ± 0,2**	3,14 ± 0,05**	8,15 ± 2,04*	12,1 ± 2,08	72,5 ± 2,95	2,72 ± 0,43**

* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$ – разница достоверна в сопоставлении с данными одной и той же группы в разные периоды времени (2-й и 7-й мес эксперимента).

вление анемии в группе АГ и увеличение абсолютного числа лейкоцитов в группе АГ + СК, что отражено в табл. 2.

Количество лейкоцитов в группе АГ через 2 мес уменьшилось в 2 раза по сравнению с контролем. Через 7 мес количество лейкоцитов в этих группах достоверно не отличалось.

Изменения количества лейкоцитов в группе АГ + Субалин не имели достоверных различий. Различия в группе АГ + СК были выражены, но из-за небольшого количества оставшихся живых животных в опытной группе анализировать данные не представлялось возможным.

В группе АГ + Субалин достоверно отмечено снижение количества эритроцитов в 1,5 раза по сравнению с контролем. В группе АГ наблюдали снижение в 2 раза в 2 мес и в 3 раза к 7-му месяцу.

Результаты исследования влияния антигена и стволовых клеток на спонтанную и стимулированную пролиферацию спленоцитов представлены в табл. 3.

У инфицированных вирусом Раушера мышей снижается митоген-стимулированная пролиферация (в группах здоровые животные/АГ равно 30667/1998 на 6-й месяц и 53681/21287 на 9-й месяц), что является одним из характерных признаков развития иммunoисупрессии. Введение стволовых клеток с АГ не стимулирует уровень ConA пролиферативной активности на 6-й месяц: здоровые животные/АГ/АГ + СК равно 30667/1998/1209. Однако на 7-й месяц наблюдения спонтанная пролиферация в группе АГ + СК возрастает в 1,3 раза (АГ/АГ + СК равно 3883/5091), при увеличении ConA пролиферации в группе АГ + СК в 3,3 раза (АГ/АГ + СК равно 1016/3347). Эти

Табл. 2. Количество эритроцитов и лейкоцитов у животных опытных и контрольной групп в 1 мкл крови после заражения, $n = 9$

Table 2. The number of erythrocytes and leukocytes in animals of the experimental and control groups in 1 μ l of blood after infection, $n = 9$

Группа	Эритроциты, абсолютное число		Лейкоциты, абсолютное число	
	через 2 мес	через 7 мес	через 2 мес	через 7 мес
Здоровые животные	$10,3 \times 10^6 \pm 0,4$	$9,3 \times 10^6 \pm 0,35$	$8,2 \times 10^6 \pm 1,2$	$7,8 \times 10^6 \pm 0,9$
АГ	$5,4 \times 10^6 \pm 0,4^{**}$	$3,7 \times 10^6 \pm 0,2^*$	$4,2 \times 10^6 \pm 0,7^*$	$5,1 \times 10^6 \pm 0,7$
АГ + СК	$9,1 \times 10^6 \pm 0,29$	$8,5 \times 10^6 \pm 2,3$	$4,7 \times 10^6 \pm 0,3^*$	$16,9 \times 10^6 \pm 9,0^*$
АГ + Субалин	$6,6 \times 10^6 \pm 1,2^*$	$6,1 \times 10^6 \pm 0,8^*$	$5,2 \times 10^6 \pm 0,7^*$	$8,2 \times 10^6 \pm 0,9$

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,005$ – разница между опытной и контрольной группой за один и тот же период времени.

Табл. 3. Уровень спонтанной и стимулированной митогенами пролиферации спленоцитов у мышей экспериментальных и контрольной групп, имп/мин

Table 3. The level of spontaneous and mitogen-stimulated proliferation of splenocytes in mice of the experimental and control groups, imp / min

Группа	Период исследования								
	через 6 мес			через 7 мес			через 9 мес		
	Спон	ConA	PWM	Спон	ConA	PWM	Спон	ConA	PWM
Здоровые животные	8136	30667	2097				1578,5	53681,5	11557
АГ	1131	1998	1242	3883	1016	50	2601	21287	20266,5
АГ + СК	2034	1209	836	5091	3347	39,4			

результаты отражают развитие инфекционного вирусного процесса, предопределяющего в последующем развитие лейкоза, но требуют дополнительных исследований по изучению воздействия стволовых клеток на пролиферацию спленоцитов у мышей.

ВЫВОДЫ

1. Смертность животных, инфицированных вирусом Раушера мышей линии BALB/c, составила 100% в течение 11 мес.
2. Заражение вирусом Раушера мышей вызывало изменения гематологической картины крови, которые выразились в нарастающей эритропении и снижении количества лейкоцитов ко 2-му месяцу наблюдения и нормализации их уровня к 11-му месяцу, перед терминальной стадией, в лейкограмме отмечен сдвиг влево, выявлены эозинофилия и моноцитоз.
3. Одновременное введение животным АГ и Субалина не повлияло на динамику гематологических показателей, но снизило их выраженность по сравнению с группой АГ. Было установлено развитие анемии у мышей в группе АГ и лейкоцитоза в группе АГ + СК.
4. Митоген-стимулированная пролиферация спленоцитов у инфицированных мышей снизилась и введение стволовых клеток не оказывало стимулирующего эффекта на пролиферативную активность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peng C. Chronic Myeloid Leukemia (CML) Mouse Model in Translational Research // Methods in Molecular Biology. 2016. P. 225–243.
2. Попова Н.А. Модели экспериментальной онкологии // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 8. С. 33–38.
3. Forger J.M., Cerny J. Thymic Hormone Modulation of Leukemogenic Virus Replication // Cancer Research. 1976. N 36. P. 2048–2052.
4. Симонян Г.А., Хисамутдинов Ф.Ф. Ветеринарная гематология: монография. М.: Колос, 1995. 223 с.
5. Naniche D., Oldstone M. Generalized immunosuppression: how viruses undermine the immune response // Cellular and molecular life sciences (CMLS). 2000. Vol. 57 (10). P. 1399–1407.
6. Dreger P., Montserrat E. Autologous and allogeneic stem cell transplantation for chronic lymphocytic leukemia // Leukemia. 2002. Vol. 16(6). P. 985–992.
7. Ruble G., Wu C., Squire R.A., Ganswo O.A., Strand M. The use of ²¹²Pb-Labeled monoclonal antibody in the treatment of murine erythroleukemia// International Journal of Radiation Oncology. 1996. Vol. 34. N 3. P. 609–616.
8. Iwai H., Day N.K., Hamada N., Inaba M.M., Ikebara S. Bone marrow transplantation therapy using resistant donors for retrovirus-induced leukemia in mice // Clin Exp Immunol. 1994. Vol. 95 (1). P. 135–140.
9. Zhigang Zhao, Xiaoqiong Tang, Yong You, Weiming Li, Fang Liu, Ping Zou. Assessment of bone marrow mesenchymal stem cell biological characteristics and support hematopoiesis function in patients with chronic myeloid leukemia // Leukemia Research. 2006. N 30. P. 993–1003.
10. Шапошникова Г.М., Бородина Н.П., Снегирева А.Е., Шевлягин В.Я., Лоенко Ю.Н., Попов А.М., Артюков А.А., Еляков Г.Б. Ингибирующее влияние полисахаридов морского генеза на развитие вирусиндцированного лейкоза Раушера // Доклады академии наук. 1992. Т. 324. № 4. С. 881–884.
11. Hook L.M., Jude B.A., Ter-Grigorov V.S., Hartley J.W., Morse III H.C., Trainin Z., Toder V., Chervonsky A.V., Golovkina T.V. Characterization of a Novel Murine Retrovirus Mixture That Facilitates Hematopoiesis // Journal of virology. 2002. Dec. ASM Journals. P. 12112–12122. DOI: 10.1128/jvi.76.23.12112-12122.2002.
12. Kawabata H., Niwa A., Tsuji-Kawahara S., Uenishi H. Peptide-induced immune protection of CD8+ T cell-deficient mice against Friend retrovirus-induced disease // International Immunology. 2006. Vol. 18 (1). P. 183–98.
13. Brundu S., Palma L., Picceri G.G., Ligi D., Orlandi C., Galluzzi L., Chiarantini L., Casabianca A., Schiavano G.F., Santi M., Mannello F., Green K., Smietana M., Magnani M., Fraternali A. Glutathione Depletion Is Linked with Th2 Polarization in Mice with a Retrovirus-Induced Immunodeficiency Syndrome, Murine AIDS: Role of Proglutathione Molecules as Immunotherapeutics // Journal of Virology. 2016. Vol. 90 (16). P. 7118–7130.

14. Калини С.В., Лямина С.В., Раецкая А.А., Буданова О.П., Малышев И.Ю. Программирование противоопухолевого иммунного ответа *in vitro* и его использование для остановки пролиферации опухолевых клеток и увеличения продолжительности жизни мышь с карциномой *in vivo* // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2017. № 4. С. 67–73.
15. Antunes I., Tolaini M., Kisselkell A., Iwashiro M., Kuribayashi K., Malissen B., Hasenkrug K., Kassiotis G. Retrovirus-specificity of regulatory T cells is neither present nor required in preventing retrovirus-induced bone marrow immune pathology // G. Immunity. 2008. Vol. 29 (5). P. 782–794.
16. Бергольц В.М., Кисляк Н.С., Еремеев В.С. Иммунология и иммунотерапия лейкоза: монография. М.: Медицина, 1978. 404 с.
17. Сорокулова И.Б., Белявская В.А., Масычева В.И., Смирнов В.В. Рекомбинантные пробиотики: проблемы и перспективы использования для медицины и ветеринарии // Вестник РАМН. 1997. № 3. С. 46–49.
8. Iwai H., Day N.K., Hamada N., Inaba M.M., Ikebara S. Bone marrow transplantation therapy using resistant donors for retrovirus-induced leukemia in mice *Clin Exp Immunol*, 1994, vol. 95 (1), pp. 135–140.
9. Zhigang Zhao, Xiaoqiong Tang, Yong You, Weiming Li, Fang Liu, Ping Zou. Assessment of bone marrow mesenchymal stem cell biological characteristics and support hematopoiesis function in patients with chronic myeloid leukemia. *Leukemia Research*, 2006, no. 30, pp. 993–1003.
10. Shaposhnikova G.M., Borodina N.P., Snegireva A.E., Shevlyagin V.Ya., Loenko Yu.N., Popov A.M., Artyukov A.A., Elyakov G.B. The inhibitory effect of marine polysaccharides on the development of virus-induced Rauscher leukemia. *Doklady akademii nauk*, 1992, vol. 324, no. 4, pp. 881–884. (In Russian).
11. Hook L.M., Jude B.A., Ter-Grigorov V.S., Hartley J.W., Morse III H.C., Trainin Z., Toder V., Chervonsky A.V., Golovkina T.V. Characterization of a Novel Murine Retrovirus Mixture That Facilitates Hematopoiesis. *Journal of virology*. 2002, Dec, ASM Journals, pp. 12112–12122. DOI: 10.1128/jvi.76.23.12112-12122.2002.
12. Kawabata H., Niwa A., Tsuji-Kawahara S., Uenishi H. Peptide-induced immune protection of CD8+ T cell-deficient mice against Friend retrovirus-induced disease. *International Immunology*, 2006, vol. 18 (1), pp. 183–198.
13. Brundu S., Palma L., Picceri G.G., Ligi D., Orlandi C., Galluzzi L., Chiarantini L., Casabianca A., Schiavano G.F., Santi M., Mannello F., Green K., Smietana M., Magnani M., Fraternali A. Glutathione Depletion Is Linked with Th2 Polarization in Mice with a Retrovirus-Induced Immunodeficiency Syndrome, Murine AIDS: Role of Proglutathione Molecules as Immunotherapeutics. *Journal of Virology*, 2016, vol. 90 (16), pp. 7118–7130.
14. Kalish S.V., Lyamina S.V., Raetskaya A.A., Budanova O.P., Malyshev I.Yu. Programming an anti-tumor immune response *in vitro* and its application to stop the growth of tumor cells and prolonging the lifespan of mice with carcinoma *in vivo*. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya = Pathological Physiology and Experimental Therapy*, 2017, no. 4, pp. 67–73. (In Russian).
15. Antunes I., Tolaini M., Kisselkell A., Iwashiro M., Kuribayashi K., Malissen B.,

REFERENCES

1. Peng C. Chronic Myeloid Leukemia (CML) Mouse Model in Translational Research. *Methods in Molecular Biology*, 2016, pp. 225–243.
2. Popova N.A. Experimental Oncology Models. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal = Soros Science Educational Journal*, 2000, vol. 6, no. 8, pp. 33–38. (In Russian).
3. Forger J.M., Cerny J. Thymic Hormone Modulation of Leukemogenic Virus Replication. *Cancer Research*, 1976, no. 36, pp. 2048–2052.
4. Simonyan G.A., Khisamutdinov F.F. *Veterinary hematology*, Moscow, Kolos, 1995, 223 s. (In Russian).
5. Naniche D., Oldstone M. Generalized immunosuppression: how viruses undermine the immune response. *Cellular and molecular life sciences (CMSL)*, 2000, vol. 57(10), pp. 1399–1407.
6. Dreger P., Montserrat E. Autologous and allogeneic stem cell transplantation for chronic lymphocytic leukemia. *Leukemia*, 2002, no. 16 (6), pp. 985–992.
7. Ruble G., Wu C., Squire R.A., Ganswo O.A., Strand M. The use of ²¹²Pb-Labeled monoclonal antibody in the treatment of murine erythroleukemia. *International Journal of Radiation Oncology*, 1996, vol. 34 no. 3, pp. 609–616.

- Hasenkrug K., Kassiotis G. Retrovirus-specificity of regulatory T cells is neither present nor required in preventing retrovirus-induced bone marrow immune pathology. *G. Immunity*, 2008, vol. 29 (5), pp. 782–794.
16. Bergol'ts V.M., Kislyak N.S., Eremeev V.S. *Immunology and immunotherapy of leukemia*. Moscow, Meditsina, 1978, 404 p. (In Russian).
17. Sorokulova I.B., Belyavskaya V.A., Masycheva V.I., Smirnov V.V. Recombinant probiotics: problems and prospects of use for medicine and veterinary medicine. *Vestnik RAMN = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*, 1997, no. 3, pp. 46–49. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Русакова Я.Л., младший научный сотрудник

Магер С.Н., доктор биологических наук, руководитель

Храмцов В.В., доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник

(✉) **Агаркова Т.А.**, кандидат ветеринарных наук, заведующая лабораторией, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: lableucosis@ngs.ru

Двоеглазов Н.Г., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Осипова Н.А., кандидат биологических наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

Yanina L. Rusakova, Junior Researcher

Sergei N. Mager, Doctor of Science in Biology, Head

Viktor V. Khramtsov, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Head Researcher

(✉) **Tatyana A. Agarkova**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Head of Laboratory, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: lableucosis@ngs.ru

Nikolai G. Dvoeglazov, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Natalya A. Osipova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher, Assistant Professor

Дата поступления статьи 21.10.2020

Received by the editors 21.10.2020

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА СВИНЕЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВЕТОМА 1

Савченко О.Л., Мокринская Е.Е., Барсукова Е.Н., Новик Я.В.

Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

Изучено действие пробиотического препарата Ветом 1 на количественные показатели микрофлоры желудочно-кишечного тракта у свиней большой белой породы при содержании на свинокомплексе. Ветом 1 представляет собой порошок для приема внутрь и ректального применения, содержит сухую бактериальную массу живых спорообразующих бактерий штамма *Bacillus subtilis* DSM 32424. По принципу аналогов сформировали опытную и контрольную группы по 10 гол. в каждой. Свиньям опытной группы задавали Ветом 1 в дозе 75 мг/кг живой массы тела один раз в сутки ежедневно в течение 15 сут. При его применении концентрация бифидобактерий повышалась. Ветом 1 не оказывал влияния на динамику концентрации лактобактерий, энтеробактерий и грибов в желудочно-кишечном тракте у свиней. Под влиянием препарата изменялись корреляционные зависимости между различными популяциями микроорганизмов желудочно-кишечного тракта животных. Без применения пробиотического препарата концентрации лактобактерий и бифидобактерий обратно коррелировали по отношению друг к другу со средней напряженностью. При применении Ветома 1 популяции этих микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте свиней синергидны по отношению друг другу и проявляли положительную корреляционную зависимость средней напряженности. Не выявлено корреляционных зависимостей между концентрациями энтеробактерий и других изучаемых микроорганизмов. Без применения пробиотического препарата концентрации бифидобактерий и грибов обратно коррелировали по отношению друг к другу с сильной напряженностью. При применении Ветома 1 популяции этих микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте свиней не проявляли ни синергидной, ни антагонистической активности между собой, так как доверительный интервал коэффициента корреляции затрагивал нулевое значение.

Ключевые слова: бифидобактерии, Ветом 1, грибы, лактобактерии, пробиотики, свиньи, энтеробактерии

CHANGES IN THE MICROFLORA OF THE INTESTINAL TRACT OF PIGS WHEN USING VETOM 1

Savchenko O.L., Mokrinskaya E.E., Barsukova E.N., Novik Ya.V.

Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

The effect of the probiotic preparation Vetom 1 was studied on the quantitative indicators of microflora of gastrointestinal tract of pigs of the Large White breed kept at a pig farm. Vetom 1 is a powder for oral administration and rectal administration, containing dry bacterial mass of live spore-forming bacteria of *Bacillus subtilis* DSM 32424 strain. Based on the analogue principle, experimental and control groups of 10 animals in each were formed. Pigs of the experimental group were given Vetom 1 at a dose of 75 mg/kg of live body weight once a day every day for 15 days. When applied, the concentration of bifidobacteria increased. Vetom 1 did not affect the dynamics of the concentration of lactobacilli, enterobacteria and fungi in the gastrointestinal tract of pigs. Under the influence of the preparation, the correlation dependences between different populations of microorganisms of the gastrointestinal tract of animals changed. Without the use of the probiotic preparation, the concentrations of lactobacilli and bifidobacteria inversely correlated with each other with an average intensity. When using Vetom 1, the populations of these microorganisms in the gastrointestinal tract of pigs were synergistic in relation to each other and showed a positive correlation dependence of the average intensity. No correlation dependences were found between

concentrations of enterobacteria and other studied microorganisms. Without the use of the probiotic preparation, concentrations of bifidobacteria and fungi inversely correlated with each other with a strong intensity. When Vetom 1 was used, the populations of these microorganisms in the gastrointestinal tract of pigs did not show either synergistic or antagonistic activity among themselves, since the confidence interval of the correlation coefficient equaled zero.

Keywords: bifidobacteria, Vetom 1, fungi, lactobacilli, probiotics, pigs, enterobacteria

Для цитирования: Савченко О.Л., Мокринская Е.Е., Барсукова Е.Н., Новик Я.В. Изменение микрофлоры кишечника свиней при применении Ветома 1 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 68–74. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-8>

For citation: Savchenko O. L., Mokrinskaya E.E., Barsukova E.N., Novik Ya.V. Changes in the microflora of the intestinal tract of pigs when using Vetom 1. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 68–74. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Микрофлора, ассоциированная с эпителием желудочно-кишечного тракта, – неотъемлемая часть пищеварительной системы животных. Она индивидуальна как для каждого вида животных, так и для каждой особи. В составе микрофлоры желудочно-кишечного тракта животных выделяются транзиторные виды, длительно не задерживающиеся в организме, и облигатные представители постоянной популяции [1]. В функции микрофлоры входят участие в пищеварении и усвоении питательных веществ из корма, а также защитно-барьерные свойства, предотвращающие контаминацию патогенными и условно-патогенными микроорганизмами [2]. Нарушение качественного и количественного состава микрофлоры организма – тяжелое заболевание с большим количеством последствий, поэтому профилактике дискомпозиции популяций микроорганизмов, ассоциированных с организмом животного, необходимо уделять должное внимание [3]. Применение в таких условиях антибиотиков и синтетических химиопрепараторов не всегда оправдано, поскольку вещества этого класса очень токсичны и могут негативно влиять на организм животного [4]. Требуется поиск новых безопасных препаратов, которые в условиях применения других средств для лечения не будут иметь дополнительного негативного воздействия на состояние животного [5].

Препаратами такого класса могут быть пробиотики [6]. Они обладают выраженным синергидным действием на полезные для организма лактобациллы и бифидобактерии и антагонистическим действием по отношению к патогенной и условно-патогенной микрофлоре [7]. Также под действием компонентов препаратов этого класса происходит синтез различных биологически активных веществ: витаминов, полипептидов, ферментов и др. [8, 9]. Для некоторых препаратов этого класса характерен синтез эндогенного серотонина, воздействующего на активность центральной нервной системы, в результате снижается общая тревожность животного в стрессовых условиях [10–12].

Однако процесс влияния пробиотических препаратов на отдельные субпопуляции микроорганизмов желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных остается малоизученным [13, 14].

Цель работы – изучить динамику изменений в количественном составе микрофлоры желудочно-кишечного тракта свиней при применении пробиотического препарата Ветом 1.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ветом 1 представляет собой порошок для приема внутрь и ректального применения, содержит сухую бактериальную массу живых спорообразующих бактерий штамма *Bacillus subtilis* DSM 32424, а также вспомогатель-

ные вещества – сахарную пудру и крахмал. В 1 г препарата содержится живых микробных клеток бактерий *Bacillus subtilis* не менее 1×10^6 КОЕ.

По принципу аналогов из свиней большой белой породы сформированы опытная и контрольная группы по 10 гол. в каждой. Свиньям опытной группы задавали пробиотический препарат Ветом 1 в дозе 75 мг/кг живой массы тела один раз в сутки ежедневно в течение 15 сут. До начала эксперимента и по его завершении на 15-е сутки производили забор фекалий для микробиологических исследований. Для определения количества лактобактерий использовали питательную среду для выделения, подсчета и культивирования лактобацилл сухую MRS в модификации по ТУ 9385-235-78095326-2016; бифидобактерий – питательную среду Блаурокка, соответствующую требованиям МЛ 7895326-039-2012, энтеробактерий – питательную среду сухую Гисса-ГРМ с лактозой по ТУ 9398-049-78095326-2008, грибов и плесеней – питательную среду № 2 ГРМ (Сабуро) по ТУ 9398-002-78095326-2006 (см. рис. 1).

Описательная статистика непрерывных величин включала расчет медианы (Me), ее статистической ошибки (me) и интерквантильного размаха (IQR). Достоверность отличий выборочных данных независимых измерений непрерывных величин проверяли по U-критерию Манна – Уитни – Уилкоксона, повторных измерений непрерывных величин – по W-критерию Уилкоксона для множественных измерений. Для визуализации полученных непрерывных данных использовали диаграмму «ящик с усами». Середина «ящика» соответствует медиане, верхняя и нижняя крышка – третьему и первому квантилям соответственно, верхний и нижний концы «усов» – максимальному и минимальному регистрируемым значениям. Корреляцию рассчитывали по Спирмену. Для интенсификации математической обработки данных использовали программу Microsoft Office Excel 2007¹.

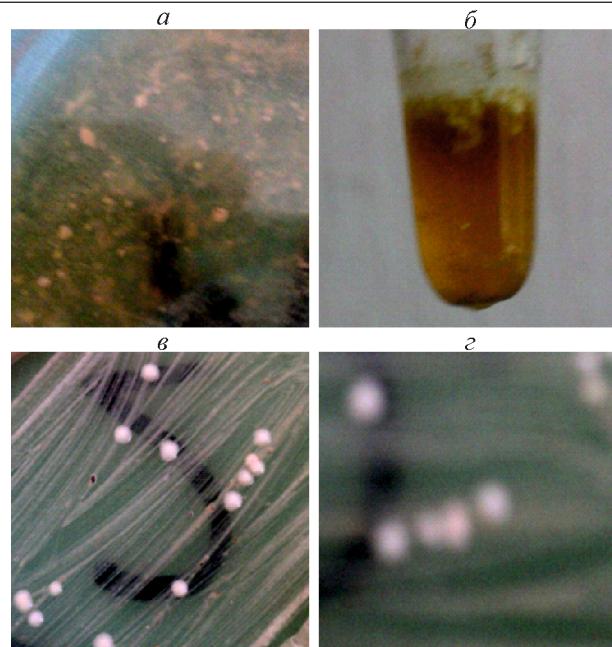


Рис. 1. Характер роста на разных диагностических средах микроорганизмов разных семейств:

а – лактобактерий на агаре MRS; б – бифидобактерий на среде Блаурокка; в – энтеробактерий на среде Гисса-ГРМ; г – грибов на среде Сабуро

Fig. 1. The nature of growth on different diagnostic media by microorganisms of different families:
a – lactobacilli on MRS agar, б – bifidobacteria on Blaurock medium, в – enterobacteria on Hiss-GRM medium, г – fungi on Sabouraud medium

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До начала эксперимента медиана десятичного логарифма колониеобразующих единиц (КОЕ) лактобактерий на 1 г фекалий у свиней опытной группы была выше на 3,57%, чем у аналогов из контрольной, на 15-е сутки после начала эксперимента у опытных и контрольных животных медиана не имела различий (см. табл. 1). За опытный период у свиней контрольной и опытной групп медиана десятичного логарифма колониеобразующих единиц лактобактерий на 1 г фекалий повысилась на 18,58% ($p < 0,01$) и 14,49% ($p < 0,001$) по сравнению с исходными данными.

При применении пробиотического препарата Ветом 1 тенденция по увеличению количества лактобактерий не изменилась (см. рис. 2).

¹Тицков С.Н., Ноздрин Г.А. Основы математической обработки результатов медико-биологических исследований с элементами применения электронно-вычислительных алгоритмов приложения Microsoft Office Excel: учебное пособие. Новосибирск: Золотой колос, 2018. 106 с.

Табл. 1. Динамика концентраций отдельных семейств микроорганизмов, выделенных в фекалиях подопытных свиней, lgKOE/g

Table 1. Dynamics of concentrations of individual families of microorganisms isolated in the feces of experimental pigs, lgCFU/g

Группа	До опыта		На 15-е сутки	
	Me ± me	IQR	Me ± me	IQR
<i>Лактобактерии</i>				
Контрольная	5,90 ± 0,35	0,78	7,00 ± 0,00	0,00
Опытная	6,11 ± 0,09	0,20	7,00 ± 0,00	0,00
<i>Бифидобактерии</i>				
Контрольная	5,70 ± 0,45	1,00	5,70 ± 0,45	1,00
Опытная	4,70 ± 0,45	1,00	5,70 ± 0,45	1,00
<i>Энтеробактерии</i>				
Контрольная	5,30 ± 0,40	0,90	6,00 ± 0,00	0,00
Опытная	5,30 ± 0,62	1,38	6,00 ± 0,00	0,00
<i>Грибы</i>				
Контрольная	4,00 ± 0,00	0,00	4,00 ± 0,00	0,00
Опытная	4,00 ± 0,00	0,00	4,00 ± 0,00	0,00

До начала эксперимента медиана десятичного логарифма колониеобразующих единиц бифидобактерий на 1 г фекалий у свиней опытной группы была ниже на 17,55%, чем у аналогов из контрольной, на 15-е сутки не имела отличий от контрольных животных (см. табл. 1). За опытный период у свиней опытной группы данный показатель повысился на 21,28% ($p < 0,05$), у свиней контрольной – не изменился по сравнению с исходными данными. При применении про-

бииотического препарата Ветом 1 концентрация бифидобактерий желудочно-кишечного тракта у свиней увеличилась (см. рис. 3).

Медиана концентрации колониеобразующих единиц энтеробактерий на протяжении всего эксперимента не изменялась (см. табл. 1), однако вариабельность показателя сократилась (см. рис. 4).

Медиана концентрации колониеобразующих единиц грибов на протяжении всего эксперимента у свиней контрольной и опытной

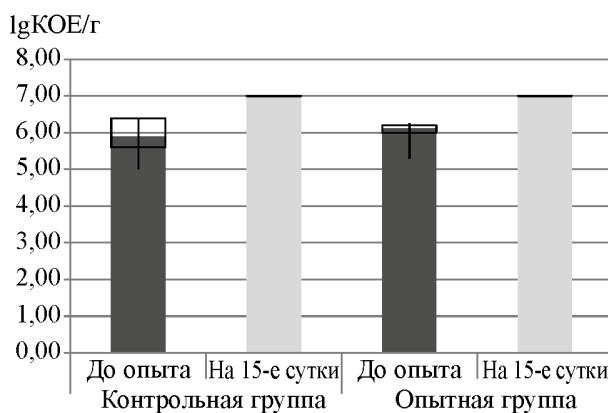


Рис. 2. Динамика концентрации лактобактерий при применении пробиотического препарата Ветом 1

Fig. 2. Dynamics of lactobacilli concentration when using probiotic Vetom 1

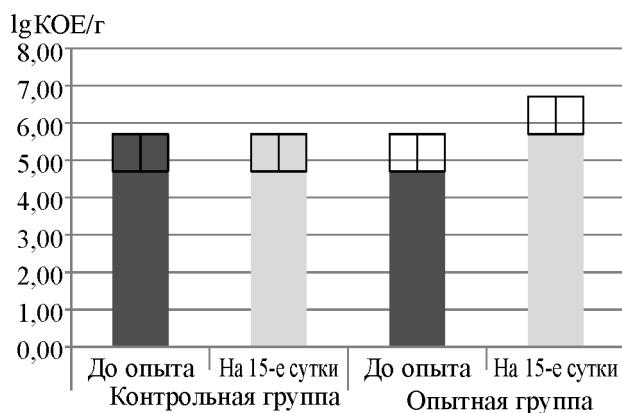


Рис. 3. Динамика концентрации бифидобактерий при применении пробиотического препарата Ветом 1

Fig. 3. Dynamics of bifidobacteria concentration when using probiotic Vetom 1

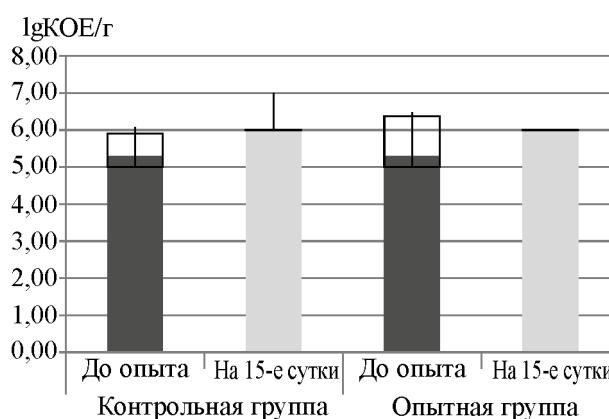


Рис. 4. Динамика концентрации грибов при применении пробиотического препарата Ветом 1

Fig. 4. Dynamics of fungi concentration when using probiotic Vetom 1

групп изменилась с одинаковой закономерностью и повысилась на 13,19% по сравнению с исходными данными, значительно сократилась вариабельность показателя (см. табл. 1, рис. 4).

Под влиянием пробиотического препарата Ветом 1 изменились корреляционные зависимости между различными популяциями микроорганизмов желудочно-кишечного тракта свиней (см. табл. 2). Без применения пробиотического препарата концентрации лактобактерий и бифидобактерий обратно коррелировали по отношению друг к другу со средней напряженностью ($p < 0,05$). При применении Ветома 1 популяции этих микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте свиней синергидны по отношению друг другу и проявля-

ли положительную корреляционную зависимость средней напряженности ($p < 0,05$).

В ходе исследований не выявлено корреляционных зависимостей между концентрациями энтеробактерий и других изучаемых микроорганизмов.

Без применения пробиотического препарата концентрации бифидобактерий и грибов обратно коррелировали по отношению друг к другу с сильной напряженностью ($p < 0,001$). При применении Ветома 1 популяции этих микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте свиней не проявляют ни синергитической, ни антагонистической активности между собой, так как доверительный интервал коэффициента корреляции затрагивал нулевое значение.

ВЫВОДЫ

- При применении пробиотического препарата Ветом 1 на основе *Bacillus subtilis* DSM 32424 повышается концентрация бифидобактерий.
- Применение пробиотического препарата Ветом 1 не оказывает влияния на динамику концентрации лактобактерий, энтеробактерий и грибов.
- При использовании пробиотика Ветом 1 происходит смещение взаимодействия популяции лактобактерий и бифидобактерий с антагонистических к синергидным.
- Применение Ветома 1 позволяет предотвратить гиперантагонизм грибов и бифидобактерий.

Табл. 2. Влияние пробиотического препарата Ветом 1 на синергизм/антагонизм между разными популяциями микроорганизмов желудочно-кишечного тракта свиней, $r_{xy} \pm m_{pxy}$ Спирмена

Table 2. Influence of probiotic drug Vetom 1 on synergism/antagonism between different populations of microorganisms of the gastrointestinal tract of pigs, Spearman $r_{xy} \pm m_{pxy}$

Коррелирующий показатель концентрации	Бифидобактерии		Энтеробактерии		Грибы	
	Группа					
	контрольная	опытная	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Лактобактерии	$-0,45 \pm 0,32^*$	$0,37 \pm 0,33^*$	$0,01 \pm 0,99$	$0,01 \pm 0,99$	$0,01 \pm 0,99$	$0,01 \pm 0,99$
Бифидобактерии			$0,01 \pm 0,99$	$0,01 \pm 0,99$	$-0,96 \pm 0,10^{***}$	$0,07 \pm 0,35$
Энтеробактерии					$0,01 \pm 0,99$	$0,01 \pm 0,99$

* $p < 0,05$.

*** $p > 0,001$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исханова А.Р. Эффективность использования пробиотиков при выращивании гусят-бройлеров // Российский электронный научный журнал. 2016. № 1 (19). С. 230–238.
2. Зинченко Е.В., Панин А.Н., Панин В.А. Практические аспекты применения пробиотиков // Ветеринарный консультант. 2003. № 3. С. 12–14.
3. Иванова А.Б. Использование Ветома 3 для повышения продуктивности птицы // Пробиотики, пребиотики, синбиотики и функциональные продукты питания. Фундаментальные и клинические аспекты. 2007. № 1-2. С. 43–51.
4. Nozdrin G.A., Novik Y.V., Utkina R.G., Lelyak A.A. Determining The Acute Toxicity Of New Preparation Vetom 20.76 On Geese And Ducks // Sarhad Journal of Agriculture. 2020. T. 10. № 2. С. 470–477. DOI: 10.17582/journal.sja/2020/36.2.470.477
5. Яковлева М.С., Яковлева Н.С., Готовчиков Н.А., Тицков С.Н., Ермакова Л.П. Дозодифференцированные корреляционные взаимодействия между показателями обмена гемоглобина у индеек под воздействием пробиотического препарата Ветом 1.2 // Вестник НГАУ. 2020. № 1 (54). С. 82–91. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-82-91.
6. Ноздрин Г.А., Ермакова Л.П., Тицков С.Н., Ноздрин А.Г., Новик Я.В. Дозозависимый эффект воздействия пробиотического препарата Ветом 1 на кумулятивные показатели яичной продуктивности японского перепела // Вестник НГАУ. 2019. № 4 (53). С. 65–72.
7. Яковлева Н.С., Ноздрин Г.А., Яковлева М.С., Тицков С.Н., Шевченко А.И. Влияние препарата Ветом 20.76 на основе хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* на уровень лейкоцитов в крови гусей // Вестник НГАУ. 2019. № 4 (53). С. 103–108. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-103-108.
8. Тицков С.Н. Хронофармакологические показатели влияния пробиотического препарата Ветом 1.23 на работоспособность животных // Вестник НГАУ. 2016. № 3 (40). С. 144–151.
9. Ноздрин Г.А., Федоров Ю.Н., Шевченко С.А., Иванова А.Б., Шевченко А.И. Продуктивность птицы и качество продукции птицеводства при применении пробиотиков пlassa Ветом и Селена. Новосибирск: Издательство НГАУ, 2013. 258 с.
10. Nozdrin G.A., Lagoda O.V., Tishkov S.N., Nozdrin A.G., Novik Y.V. Studying the Influence of Microbial Preparations of the Vetom Series on the Productivity and Quality of Cow-Derived Product // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. Vol. 10. N 10. C. 2572–2577.
11. Nozdrin G.A., Moruzi V.I., Pishchenko Ye.V., Ivanova A.B., Nurutdinova S.I., Startseva Ye.A. Exterior Features of Siberian Sturgeon Under-yearlings when Applying Bs 225 Microbiological Preparation // Indian Journal of Science and Technology. 2015. Vol. 8 (34). P. 1–6.
12. Nozdrin G.A., Didenko E.A., Lelyak A.I., Lelyak A.A., Andreeva Z.V. Hematological Blood Indexes of Various Age Sport Horses at Use of Pro-Biotic Medicine Vetom 3.22 // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2015. Vol. 14 (13–24). P. 339–406.
13. Nozdrin G.A., Gromova A.V., Lelyak A.I., Lelyak A.I. Probiotics Based On *L. plantarum* VKPM B-2347, and *Pr. freudenreichii* VKPM B-6561 Strains, and The Prospects For Their Preventive Use In Farming // Research Journal of Pharmaceutical, Biological, and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7 (2). P. 1983.
14. Nozdrin G.A., Rafikova E.R., Yakovleva M.S. Hematological and Serum Biochemical Profile of Broilers During Treatment with Vetom 21.77 // Research Journal of Pharmacy and Technology. 2019. Vol. 12. N 8. P. 3739–3744. DOI: 10.5958/0974-360X.2019.00640.1.
15. Ноздрин Г.А., Лагода О.В., Суродина К.Е., Ноздрин А.Г., Горшкова О.М. Динамика показателей белкового обмена у коров при применении пробиотического препарата Ветом 1 на основе апатогенных бацилл // Вестник НГАУ. 2019. № 4 (53). С. 73–78. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-73-78.

REFERENCES

1. Iskhanova A.R. Efficient use of probiotics in gosling broiler breeding. *Rossiiskii elektronnyi nauchnyi zhurnal = Russian Electronic Scientific Journal*, 2016, no. 1 (19), pp. 230–238. (In Russian).
2. Zinchenko E.B., Panin A.N., Panin V.A. Practical aspects of using probiotics. *Veterinarnyi konsul'tant = Veterinary Consultant*, 2003, no. 3, pp. 12–14. (In Russian).
3. Ivanova A.B. Using Vetom 3 to improve poultry performance. *Probiotiki, prebiotiki, sinbiotiki i funktsional'nye produkty pitaniya. Fundamental'nye i klinicheskie aspekty = Probiotics, prebiotics, symbiotics and functional foods. Fundamental and clinical aspects*, 2007, no. 1-2, pp. 43–51. (In Russian).

4. Nozdrin G.A., Novik Y.V., Utkina R.G., Lelyak A.A. Determining The Acute Toxicity of New Preparation Vetom 20.76 On Geese And Ducks. *Sarhad Journal of Agriculture*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 470–477. DOI: 10.17582/journal.sja/2020/36.2.470.477.
5. Yakovleva M.S., Yakovleva N.S., Gotovchikov N.A., Tishkov S.N., Ermakova L.P. Dose-differentiated correlation interactions between indices of hemoglobin exchange in turkeys under the influence of probiotic formulation Vetom 1.2. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2020, no. 1 (54), pp. 82–91. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-82-91.
6. Nozdrin G.A., Ermakova L.P., Tishkov S.N., Nozdrin A.G., Novik Ya.V. Dose-dependent relationship effect of probiotic Vetom 1 on cumulative parameters of Japanese quail egg production. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2019, no. 4 (53), pp. 65–72. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-82-91.
7. Yakovleva N.S., Nozdrin G.A., Yakovleva M.S., Tishkov S.N., Shevchenko A.I. The impact of Vetom 20.76 based on the predatory fungus Arthrobotrys oligospora on the leukocytes in the geese blood. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2019, no. 4 (53), pp. 103–108. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-103-108.
8. Tishkov S.N. Chronopharmacological parameters of Vetom 1.23 impact on animal performance ability. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2016, no. 3 (40), pp. 144–151. (In Russian).
9. Nozdrin G.A., Fedorov Yu.N., Shevchenko S.A., Ivanova A.B., Shevchenko A.I. *Poultry productivity and quality of poultry products when using probiotics Vetom and Selenium*. Novosibirsk: NGAU Publ., 2013, 258 p. (In Russian).
10. Nozdrin G.A., Lagoda O.V., Tishkov S.N., Nozdrin A.G., Novik Y.V. Studying the Influence of Microbial Preparations of the Vetom Series on the Productivity and Quality of Cow-Derived Product. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018, vol. 10, no. 10, pp. 2572–2577.
11. Nozdrin G.A., Moruzi V.I., Pishchenko Ye.V., Ivanova A.B., Nurutdinova S.I., Startseva Ye.A. Exterior Features of Siberian Sturgeon Under-yearlings when Applying Bs 225 Microbiological Preparation. *Indian Journal of Science and Technology*, 2015, vol. 8 (34), pp. 1–6.
12. Nozdrin G.A., Didenko E.A., Lelyak A.I., Andreeva Z.V. Hematological Blood Indexes of Various Age Sport Horses at Use of Pro-Biotic Medicine Vetom 3.22. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2015, vol. 14 (13–24), pp. 339–406.
13. Nozdrin G.A., Gromova A.V., Lelyak A.I., Lelyak A.I. Probiotics Based On *L. plantarum* VKPM B-2347, and *Pr. freudenreichii* VKPM B-6561 Strains, and The Prospects For Their Preventive Use In Farming. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological, and Chemical Sciences*, 2016, vol. 7 (2), pp. 1983.
14. Nozdrin G.A., Rafikova E.R., Yakovleva M.S. Hematological and Serum Biochemical Profile of Broilers During Treatment with Vetom 21.77. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 2019, vol. 12, no. 8, pp. 3739–3744. DOI: 10.5958/0974-360X.2019.00640.1.
15. Nozdrin G.A., Lagoda O.V., Surodina K.E., Nozdrin A.G., Gorshkova O.M. Dynamics of protein metabolism in cows with probiotic Vetom 1 based on apathogenic bacilli. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2019, no. 4 (53), pp. 73–78. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-73-78.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Савченко О.Л., кандидат ветеринарных наук, доцент; e-mail: savczenko56@mail.ru

Мокринская Е.Е., студентка

 **Барсукова Е.Н.**, кандидат биологических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

Новик Я.В., ведущий специалист, руководитель бизнес-инкубатора

AUTHOR INFORMATION

Olga L. Savchenko, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor; e-mail: savczenko56@mail.ru

Elena E. Mokrinskaya, student

 **Ekaterina N. Barsukova**, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; **address:** 160, Dobrolyubov St., Novosibirsk, 630039, Russia

Yana V. Novik, Lead Researcher, Head of the business incubator

Дата поступления статьи 10.09.2020

Received by the editors 10.09.2020

ГЕЛЬМИНТОЗЫ ДИКИХ И ДОМАШНИХ СВИНЕЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Черных В.Г., Кирильцов Е.В., Кирильцова В.А.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири - филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук Забайкальский край, г. Чита, Россия

Представлены результаты копрологических исследований и полных гельминтологических вскрытий (2015–2019 гг.) по выявлению источников заражения свиней – паразитов класса Nematoda: *Ascaris suum*, *Oesophagostomum dentatum*, *Trichocephalus suis*, *Strongyloides ransomi*. Разработан комплексный препарат на основе химиотерапевтического средства (фенбендазола) и растительных лекарственных трав (полыни горькой и зверобоя), который обладает выраженным антigelминтным свойством против нематод, оказывает симптоматическое действие на сопутствующие заболевания органов дыхания и желудочно-кишечного тракта. Изучение эффективности разработанного средства на первом этапе проведено на домашних свиньях. Применение разработанного средства у поросят в 2-месячном возрасте позволяет полностью освободить организм от гельминтов. У поросят в 4-месячном возрасте губительно влияет со 100%-й эффективностью на стронгилоид, эзофагостом и трихоцефал, 80%-й – на аскарид. Отмечено, что при аскаридозе интенсивность разработанного средства выше действия препарата Ивермек на 16%. Интенсивность при стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе отмечена одинаковой после применения обоих препаратов (100%). Экстенсивность применения обоих препаратов при аскаридозе составляла 80%, стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе – 100%. Терапевтическая эффективность разработанного лечебно-профилактического средства против гельминтозов диких свиней изучена на территории охотниччьего хозяйства Забайкальского края. Зарегистрировано снижение зараженности диких свиней вследствие применения препарата: при аскаридозе интенсивность составила 50–66%, при стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе – 100%. Экстенсивность составила 80%, что указывало на снижение заболеваемости диких свиней на 20%. Средство для профилактики и терапии гельминтозов свиней позволяет снизить заболеваемость животных и обеспечить получение безопасной в ветеринарно-санитарном отношении продукции.

Ключевые слова: химиотерапевтические средства, растительные препараты, дикие свиньи, гельминты, дегельминтизация

HELMINTIASES OF WILD AND DOMESTIC PIGS OF THE TRANS-BAIKAL TERRITORY AND MEASURES TO CONTROL THEM

Chernykh V.G., Kiriltsov E.V., Kiriltsova V.A.

Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia - Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of ArgoBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

The paper presents the results of coprological studies and complete helminthological autopsies (2015–2019) to identify sources of infection in pigs, parasites of the Nematoda class, *Ascaris suum*, *Oesophagostomum dentatum*, *Trichocephalus suis*, *Strongyloides ransomi*. A complex drug based on a chemotherapeutic agent (fenbendazole) and medicinal herbs (common wormwood and St. John's wort) was developed, which has a pronounced anthelmintic effect against nematodes and a symptomatic effect on concomitant diseases of the respiratory and gastrointestinal tract. At the first stage, the study of the effectiveness of the developed preparation was carried out on domestic pigs. The use of the developed agent on two-month-old piglets allows to free the body from worms completely. In four-month-old piglets, it has a 100% detrimental effect on strongyloid, esophagostoma and trichocephalus, 80% – on ascarids. It was noted that with ascariasis, the intensity of the

developed agent is 16% higher than that of Ivermectin. Both drugs had the same 100% internal efficacy against strongyloidosis, esophagostomosis and trichocephalosis in terms of the percentage of isolated helminths, eggs or larvae in relation to their number before the application of the anthelmintic. The external efficacy of both drugs in terms of the percentage of animals completely freed from helminths after treatment was 80% against ascariasis, and 100% against strongyloidosis, esophagostomosis and trichocephalosis. The therapeutic efficacy of the developed medical and prophylactic agent against helminthiasis of wild pigs was studied on the territory of the hunting farm of the Trans-Baikal Territory. A decrease in the infection of wild pigs due to the use of the drug was recorded: internal efficacy against ascariasis was 50–66%, against strongyloidosis, esophagostomosis and trichocephalosis – 100%. External efficacy was 80%, indicating a 20% reduction of disease rate in wild pigs. The agent for the prevention and treatment of pig helminthiases allows to reduce the morbidity of animals and ensure the production of products that are safe in veterinary and sanitary terms.

Keywords: chemotherapeutic agents, herbal preparations, wild pigs, helminths, anthelmintic treatment

Для цитирования: Черных В.Г., Кирильцов Е.В., Кирильцова В.А. Гельминтозы диких и домашних свиней забайкальского края и меры борьбы с ними // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 75–82. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-9>

For citation: Chernykh V.G., Kiriltsov E.V., Kiriltsova V.A. Helminthiases of wild and domestic pigs of the Trans-Baikal Territory and measures to control them. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 75–82. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Дикие животные, зараженные отдельными гельминтами, распространяют их среди сельскохозяйственных животных и людей, вызывая тяжелые паразитарные заболевания. Данные отечественных и зарубежных ученых свидетельствуют о распространении гельминтозов у диких свиней во многих природно-климатических зонах [1–6].

Проблема терапии и профилактики наиболее распространенных гельминтозов дикой свиньи, таких как трихинеллез, аскаридоз и другие, имеет большое как теоретическое, так и практическое значение [7–11].

В настоящее время продолжаются интенсивные поиски высокоэффективных и наиболее доступных химиотерапевтических препаратов при многих гельминтозах. Важной проблемой является изыскание эффективных средств терапии и профилактики основных гельминтозов в современных условиях охотхозяйств, заповедников, национальных парках [12, 13]. Эффективность лечения в значительной мере зависит от наличия достаточного количества, ассортимента и качества

антгельминтиков, дозы и методов их применения в условиях природы.

В связи с приведенными выше данными актуальна разработка лечебно-профилактических средств для борьбы с гельминтозами диких животных.

Цель работы – изучить гельминтофауну диких и домашних свиней на территории Забайкальского края и разработать меры борьбы с ними.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для выполнения исследований организованы экспедиции для сбора необходимого материала в районы Забайкальского края и на территорию охотхозяйства Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий (НИИВ Восточной Сибири – филиала СФНЦА РАН), расположенного в Акшинском районе.

Объектами для исследований служили спонтанно инвазированные дикие и домашние свиньи. Изучен патологический материал от них (добытые дикие животные, трупы,

их части, желудочно-кишечный тракт, каловые массы), собранный сотрудниками НИИВ Восточной Сибири – филиала СФНЦА РАН. В 2019 г. проведено 14 полных и неполных гельминтологических вскрытий (ПГВ и НГВ) диких свиней, 87 проб кала от диких свиней, 92 – от домашних поросят.

Клинические опытные испытания разработанного средства для профилактики и терапии гельминтозов свиней проводили на свиноферме ГАУСО «ЧПНДИ» во второй половине мая 2019 г. В ходе исследований выявлены животные, зараженные аскаридами, эзофагостомами, стронгилоидами и власоглавами. Для проведения экспериментов сформированы контрольная и две опытные группы по пять животных разных возрастов. Свиньям 1-й опытной группы задавали разработанное средство в разных концентрациях по действующему веществу. Испытание терапевтической эффективности препарата проводили в сравнении со 2-й опытной группой свиней, в которой применяли инъекционный препарат Ивермек, и с контрольной группой (пять животных), в которой подкормку не проводили.

На втором этапе исследований во второй половине июня 2019 г. проводили изучение терапевтической эффективности разработанного средства у диких свиней в условиях охотничьих угодий в Акшинском районе Забайкальского края.

Методы исследований: ПГВ и НГВ проводили по К.И. Скрябину в модификации Н.С. Назаровой [14]. Гельминтоовоскопические исследования проб кала проводили методами Фюллеборна, Дарлинга и Бермана. Трихинеллоскопию проводили компрессорным методом (Методические указания по лабораторной диагностике трихинеллеза животных, утвержденные Минсельхозпродом РФ 28.10.1998 N 13-7-2/1428).

Эффективность препаратов учитывали по результатам количественных копроовоскопических исследований методом флотации, проведенных до и через 10 дней после дегельминтизации животных.

При испытании антигельминтиков использовали метод «контрольный тест». Ис-

пользовали показатели интенсивность (ИЭ) и экстенсивности (ЭЭ). При сравнении экономической эффективности разработанного средства учитывали стоимость дозы средства исходя из расчета на 1 кг массы. При расчете использованы закупочные цены на ветеринарные препараты г. Чита Забайкальского края.

Микроскопирование и фотографирование микропрепараторов проводили с использованием микроскопа Carl ZEISS AXIO Imager. M2.

Лабораторные исследования проводили на базе лабораторно-аналитической лаборатории НИИВ Восточной Сибири – филиала СФНЦА РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение диких свиней проводили в 2015–2019 гг. На основании результатов копрологических исследований, ПГВ и НГВ выявлены паразиты из класса Nematoda: *Ascaris suum*, *Oesophagostomum dentatum*, *Trichocephalus suis*, *Strongyloides ransomi* [15, 16].

На основании выявленных видов паразитов разработана рецептура и форма комплексного растительно-химиотерапевтического лечебно-профилактического противопаразитарного средства для диких свиней. В своем составе средство содержит фебтал (фенбензодазол), траву полыни и зверобоя.

Эффективность разработанного средства для борьбы с зоонтропонозными гельминтозами диких свиней первоначально изучали на домашних поросятах. В опытах проводили сравнение терапевтической и экономической эффективности разработанного противопаразитарного средства и Ивермека на поросятах разных возрастных групп.

При проведении копрологических исследований у поросят (группа отъемыши, 2 мес, 10 кг) обнаружены яйца нематод *Ascaris suum* и *Strongyloides ransomi* (см. табл. 1).

Результаты проведенных исследований через 10 дней после применения препаратов указывали на то, что в контрольной группе зараженность животных аскаридозом и

Табл. 1. Сравнение терапевтической эффективности разработанного противопаразитарного средства и Ивермека на поросятах (группа отъемыши, 2 мес, 10 кг, $n = 5$)

Table 1. Comparison of therapeutic efficacy of the developed antiparasitic agent and Ivermec on piglets (weaned, 2 months, 10 kg, $n = 5$)

Исследуемая группа животных	До обработки, вид паразита, число яиц в 1 г фекалий, шт.	Через 10 дней после обработки, вид паразита, число яиц в 1 г фекалий, шт.	ИЭ, %	ЭЭ, %
Контрольная	<i>Ascaris suum</i> – $7,2 \pm 4,41$	<i>Ascaris suum</i> – $8,4 \pm 5,23$	0	0
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $21,6 \pm 5,23$	<i>Strongyloides ransomi</i> – $28,8 \pm 5,49$	0	0
1-я опытная	<i>Ascaris suum</i> – $10,8 \pm 4,41$	<i>Ascaris suum</i> – 0*	100	100
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $19,2 \pm 6,68$	<i>Strongyloides ransomi</i> – 0*	100	100
2-я опытная	<i>Ascaris suum</i> – $10,8 \pm 4,41$	<i>Ascaris suum</i> – 0*	100	100
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $21,6 \pm 5,23$	<i>Strongyloides ransomi</i> – 0**	100	100

Здесь и в табл. 2. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

стронгилоидозом увеличилась, ИЭ составила 0% (см. табл. 1).

Терапевтическая эффективность в опытных группах, где применяли разработанное средство и Ивермек, отмечена одинаковой, ИЭ и ЭЭ составила 100%.

При проведении копрологических исследований поросят (группа откорма, 4 мес, 30 кг) обнаружены яйца нематод *Ascaris suum*, *Strongyloides ransomi*, *Oesophagostomum dentatum* и *Trichocephalus suis* (см. табл. 2).

Результаты проведенных исследований указывали на то, что в контрольной группе зараженность животных за 10 дней

не изменилась. В 1-й опытной группе эффективность применения разработанного средства при аскаридозе по ИЭ составила 85%, по трем остальным инвазиям – 100% (см. табл. 3). При этом ЭЭ применения разработанного средства составила 80% при аскаридозе, яйца обнаружены у одного животного, причем их количество снизилось на 80%. При стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе ЭЭ составила 100%.

Во 2-й опытной группе, где применяли Ивермек при аскаридозе, ИЭ составила 71%, по трем остальным инвазиям – 100%. При этом ЭЭ применения разработанного

Табл. 2. Сравнение терапевтической эффективности разработанного противопаразитарного средства и Ивермека на поросятах (группа откорма, 4 мес, 30 кг, $n = 5$)

Table 2. Comparison of therapeutic efficacy of the developed antiparasitic agent and Ivermec on piglets (feeding group, 4 months, 30 kg, $n = 5$)

Исследуемая группа животных	До обработки, вид паразита, число яиц в 1 г фекалий, шт.	Через 10 дней после обработки, вид паразита, число яиц в 1 г фекалий, шт.	ИЭ, %	ЭЭ, %
Контрольная	<i>Ascaris suum</i> – $16,8 \pm 10,28$	<i>Ascaris suum</i> – $16,8 \pm 10,28$	0	0
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $70,8 \pm 9,17$	<i>Strongyloides ransomi</i> – $70,8 \pm 9,17$	0	0
	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – $7,2 \pm 4,4$	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – $7,2 \pm 4,4$	0	0
1-я опытная	<i>Trichocephalus suis</i> – $12,0 \pm 8,2$	<i>Trichocephalus suis</i> – $12,0 \pm 8,2$	0	0
	<i>Ascaris suum</i> – $24,0 \pm 11,84$	<i>Ascaris suum</i> – $3,6 \pm 3,6$	85	80
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $78,0 \pm 7,34$	<i>Strongyloides ransomi</i> – 0***	100	100
	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – $7,2 \pm 4,40$	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – 0	100	100
	<i>Trichocephalus suis</i> – $7,2 \pm 4,40$	<i>Trichocephalus suis</i> – 0	100	100
2-я опытная	<i>Ascaris suum</i> – $25,2 \pm 10,28$	<i>Ascaris suum</i> – $7,2 \pm 7,2$	71	80
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $78,0 \pm$	<i>Strongyloides ransomi</i> – 0***	100	100
	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – $12,0 \pm 8,27$	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – 0	100	100
	<i>Trichocephalus suis</i> – $8,4 \pm 8,4$	<i>Trichocephalus suis</i> – 0	100	100

Табл. 3. Изучение терапевтической эффективности разработанного лечебно-профилактического средства против гельминтозов диких свиней ($n = 5$)

Table 3. Study of therapeutic efficacy of the developed therapeutic and prophylactic drug against helminthiases of wild pigs ($n = 5$)

Исследуемая группа животных	До обработки, вид паразита, число яиц в 1 г фекалий, шт.	Через 10 дней после обработки, вид паразита, число яиц в 1 г фекалий, шт.	ИЭ, %	ЭЭ, %
Подкормочная площадка 1	<i>Ascaris suum</i> – $3,6 \pm 2,40$	<i>Ascaris suum</i> – $1,2 \pm 1,20$	66	80
	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – $3,6 \pm 2,40$	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – 0	100	100
	<i>Trichocephalus suis</i> – $1,2 \pm 1,20$	<i>Trichocephalus suis</i> – 0	100	100
Подкормочная площадка 2	<i>Ascaris suum</i> – $2,4 \pm 2,40$	<i>Ascaris suum</i> – $1,2 \pm 1,20$	50	80
	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – $1,2 \pm 1,20$	<i>Oesophagostomum dentatum</i> – 0	100	100
	<i>Strongyloides ransomi</i> – $2,4 \pm 2,40$	<i>Strongyloides ransomi</i> – 0	100	100
	<i>Trichocephalus suis</i> – $2,4 \pm 2,40$	<i>Trichocephalus suis</i> – 0	100	100

средства составила 80% при аскаридозе, яйца обнаружены у одного животного, их количество снизилось на 71%. При стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе ЭЭ составила 100%.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что применение разработанного средства у поросят в 2-месячном возрасте позволяет полностью освободить организм от гельминтов. У поросят в 4-месячном возрасте препарат губительно влияет со 100%-й эффективностью на стронгилоид, эзофагостом и трихоцефал и с 80%-й эффективностью на аскарид.

Сравнивая терапевтическую эффективность разработанного лечебно-профилактического средства и Ивермека, можно сделать вывод, что при аскаридозе ИЭ разработанного средства выше на 16% этого же показателя при применении Ивермека. При стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе ИЭ отмечена одинаковой после применения обоих препаратов и составляла 100%. Экстенсивность применения обоих препаратов зарегистрирована одинаковой, при аскаридозе составила 80%, стронгилоидозе, эзофагостомозе и трихоцефалезе – 100%.

Стоимость разработанного препарата по рыночным ценам 2019 г. составляла 3,61 р. (одна доза на 44 кг массы животного). Стоимость дозы разработанного средства на 1 кг массы животного составляла 0,08 р. Стоимость 1 мл Ивермека на 33 кг массы животного (300 мкг препарата на 1 кг массы) рав-

на 4,0 р. Стоимость Ивермека на 1 кг массы животного составляла 0,12 р. Стоимость дозы разработанного средства на 1 кг массы животного ниже стоимости соответствующей дозы Ивермека на 0,04 р. (33%).

Разработанное лечебно-профилактическое средство, состоящее из фебтала, полыни горькой измельченной, травы зверобоя измельченной, обладает более высокой терапевтической эффективностью, чем Ивермек при аскаридозе у 4-месячных поросят на 16%. У поросят в 2-месячном возрасте позволяет полностью освободить организм от гельминтов. Терапевтическая эффективность против стронгилоидоза, эзофагостомоза и трихоцефалеза составляет 100% независимо от возраста животных.

Терапевтическая эффективность разработанного лечебно-профилактического средства против гельминтозов диких свиней изучена в условиях охотничьего хозяйства после успешного испытания на домашних свиньях. Средство задавали в кормушки диким свиньям на подкормочных площадках, значительно удаленных друг от друга. Поедаемость и терапевтическую эффективность препарата определяли по результатам копрологических исследований. За животными вели визуальное наблюдение, также использовали автоматические камеры фотографии. В ходе эксперимента отмечена хорошая поедаемость подкормки, содержащей разработанное лечебно-профилактическое средство.

Результаты проведенных копрологических исследований диких свиней свидетельствуют о низкой степени их зараженности аскаридозом, стронгилоидозом, эзофагостомозом и трихоцефалезом по сравнению с домашними свиньями (см. табл. 3).

Результаты исследований свидетельствуют о снижении зараженности диких свиней аскаридозом: на первой подкормочной площадке ИЭ составила 66%, на второй – 50%. По остальным выявленным гельминтозам ИЭ применения средства составила 100%. Экстенсивность применения разработанного лечебно-профилактического средства на обоих подкормочных площадках составила 80%, что указывает на снижение заболеваемости диких свиней на 20%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Забайкальского края у диких и домашних свиней выявлено паразитирование следующих четырех видов гельминтов: *Ascaris suum*, *Strongyloides ransomi*, *Oesophagostomum dentatum*, *Trichocephalus suis*. Отмечена низкая степень зараженности диких свиней по сравнению с домашними свиньями.

Комплексное средство на основе химиотерапевтического средства (фенбендазола) и растительных лекарственных трав (полыни горькой и зверобоя) обладает выраженным антигельминтным свойством против нематод. Также за счет растительных компонентов может оказывать патогенетическое действие на сопутствующие гельминтозным заболеваниям патологии органов дыхания и желудочно-кишечного тракта.

Терапевтическая эффективность против стронгилоидоза, эзофагостомоза и трихоцефалеза составляет 100% независимо от возраста животных. При аскаридозе у поросят 2-месячного возраста эффективность составляет 100%, у 4-месячного – 80%.

Применение разработанного средства позволяет снизить заболеваемость диких свиней нематодозами на 20%. Стоимость дозы разработанного средства на 1 кг массы животного составляла 0,08 р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горохов В.В., Самойловская Н.А., Скира В.Н. Прогноз эпизоотической ситуации в Российской Федерации по основным гельминтозам животных // Российский паразитологический журнал. 2013. Вып. 4. С. 57–59.
2. Горохов В.В. Современная эпизоотическая ситуация и прогноз по основным гельминтозам животных в России на 2015 год // Российский паразитологический журнал. 2015. Вып. 1. С. 41–45. DOI: 10.12737/10225.
3. Кирильцов Е.В. Распространение зооантропонозных гельминтозов диких животных на территории Забайкальского края // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. Ч. 2. № 1 (67). С. 9–12. DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.011.
4. Кирильцов Е.В., Черных В.Г. Паразитарные зооантропонозы диких животных в приграничных с Монголией и Китаем районах Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 5. С. 86–93.
5. Луцицын В.Г., Михайлов В.И., Тицков М.Ю., Шмакова О.Н. Анализ эпизоотической ситуации по инвазионным болезням копытных охотничьего хозяйства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 55–59.
6. Бондаренко Г.А., Трухина Т.И., Соловьева И.А., Иванов Д.А. Распространение трихинеллеза в природных условиях юга Дальнего Востока // Ветеринария. 2020. № 8. С. 33–35. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.8.33–35.
7. Уджмаджуридзе Л.М., Понхверия Ш.О., Митиашвили Р.С., Килиптари Ц.В. Об эпизоотической ситуации по основным гельминтозам свиней разных пород в Грузии // Российский паразитологический журнал. 2018. № 4. С. 77–83. DOI: 10.31016/1998-8435-2018-12-4-77–83.
8. Соловьева И.А., Бондаренко Г.А., Трухина Т.И., Иванов Д.А. Зараженность трихинеллезом диких животных на территории Амурской области // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2017. № 3 (193). С. 68–70.
9. Соловьева И.А., Бондаренко Г.А., Трухина Т.И., Иванов Д.А. Особенности формирования природных очагов трихинеллеза на территории Дальнего Востока // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. № 4 (40). С. 126–130.

10. Земенков В.А., Сивкова Т.Н., Доронин-Доргелинский Е.А. Распространение трихинеллеза диких животных в Российской Федерации // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4 (16). С. 98–103.
11. Самойловская Н.А. Паразитофауна кабанов в национальном парке "Лосинный остров" (Москва) // Российский паразитологический журнал. 2011. № 3. С. 17–19.
12. Орлова И.И., Белоусова И.Н., Буренок А.С., Глазкова Е.В. Результаты мониторинга паразитарной ситуации на особо охраняемых природных территориях центрального региона России (2014–2016 гг.) // Российский паразитологический журнал. 2017. № 2. С. 139–145.
13. Архипов И.А., Емельянова Н.Б. Производственные испытания вигисола при нематодозах кабанов // Российский паразитологический журнал. 2009. № 2. С. 97–100.
14. Назарова Н.С. Методика гельминтологического вскрытия копытных животных // Бюллетень Всесоюзного института гельминтологии. 1977. Вып. 19. С. 34–36.
15. Котельников Г.А. Гельминтологические исследования животных и окружающей среды: монография. М.: Колос, 1983. 208 с.
16. Рыжиков К.М., Ошмарин П.Г., Хрусталиев А.В. Определитель гельминтов домашних и диких свиней: монография. М.: Наука, 1983. 168 с.
4. Kiril'tsov E.V., Chernykh V.G. Parasitic anthroponoses of wild animals in the border areas of Trans-Baikal Territory with Mongolia and China. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 5, pp. 86–93. (In Russian).
5. Lunitsyn V.G., Mikhailov V.I., Tishkov M.Yu., Shmakova O.N. Analysis of the epizootic situation for invasive diseases of ungulates at a hunting farm. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 3, pp. 55–59. (In Russian).
6. Bondarenko G.A., Trukhina T.I., Solov'eva I.A., Ivanov D.A. Distribution of trichinosis in natural conditions of the south of the Far East. *Veterinariya* = *Veterinary*, 2020, no. 8, pp. 33–35. (In Russian). DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.8.33–35.
7. Udzhamadzhuridze L.M., Potskhveriya Sh.O., Mitichashvili R.S., Kiliptari Ts.V. About epizootic situation on major helminthosis of different breeds of pigs in Georgia. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal* = *Russian Journal of Parasitology*, 2018, no. 4, pp. 77–83. (In Russian). DOI: 10.31016/1998-8435-2018-12-4-77–83.
8. Solov'eva I.A., Bondarenko G.A., Trukhina T.I., Ivanov D.A. Infection with trichinosis of wild animals in the Amur Region. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk* = *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2017. no. 3 (193), pp. 68–70. (In Russian).
9. Solov'eva I.A., Bondarenko G.A., Trukhina T.I., Ivanov D.A. Specifics of formation of natural pestholes of trichinosis in the Far East. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik* = *Far East Agrarian Bulletin*, 2016, no. 4 (40), pp. 126–130. (In Russian).
10. Zemenkov V.A., Sivkova T.N., Doronin-Dorzhinskii E.A. Expansion of trichinosis in wild game animals in Russian Federation. *Permskii agrarnyi vestnik* = *Perm Agrarian Journal*, 2016, no. 4 (16), pp. 98–103. (In Russian).
11. Samoilovskaya N.A. Fauna of parasites of wild boars in National Park Losinyj Island (Moscow). *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal* = *Russian Journal of Parasitology*, 2011, no. 3, pp. 17–19. (In Russian).
12. Orlova I.I., Belousova I.N., Burenok A.S., Glazkova E.V. The results of monitoring of parasitic situation in the specially protected natural territories of the central region of Russia (2014–

REFERENCES

1. Gorokhov V.V., Samoilovskaya N.A., Skira V.N. The forecast of epizootic situation on the main helminthosis of animals in the Russian Federation. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal* = *Russian Journal of Parasitology*, 2013, no. 4, pp. 57–59. (In Russian)
2. Gorokhov V.V. Current epizootic situation and forecast for 2015 about main helminthosis of animals on the territory of Russia. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal* = *Russian Journal of Parasitology*, 2015, no. 1. pp. 41–45. (In Russian). DOI: 10.12737/10225.
3. Kiril'tsov E.V. Spreading of zooanthroponose helminthiases of wild animals on Trans-Baikal Territory. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* = *International Research Journal*, 2018, no. 1 (67), part 2, pp. 9–12. (In Russian). DOI:10.23670/IRJ.2018.67.011.

- 2016). *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2017, no. 2, pp. 139–145. (In Russian).
13. Arkhipov I.A., Emel'yanova N.B. Testing of vigisol at nematodosis of wild boars in field trial. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2009, no. 2, pp. 97–100. (In Russian).
14. Nazarova N.S. Technique of helminthological dissection of ungulates. *Byulleten' Vsesoyuzno-*
- go instituta gel'mintologii = Bulletin of the All-Union Institute of Helminthology*, Moscow, 1977, Rel. 19. pp. 34–36. (In Russian).
15. Kotel'nikov G.A. *Helminthological studies of animals and the environment*, Moscow, Kolos, 1983, 208 p. (In Russian).
16. Ryzhikov K.M., Oshmarin P.G., Khrustalev A.V. *Guide to helminths of domestic and wild pigs*, Moscow, Nauka, 1983, 168 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

 **Черных В.Г.**, доктор ветеринарных наук, директор, **адрес для переписки**: Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита, ул. Кирова 49, а/я 470; e-mail: vetinst@mail.ru

Кирильцов Е.В., кандидат ветеринарных наук, зам. директора по науке; e-mail: Kiriltsov.e.v@mail.ru

Кирильцова В.А., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

 **Valery G. Chernykh**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Director, **address**: 49 Kirova St, Chita, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: vetinst@mail.ru

Evgeny V. Kiril'tsov, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Deputy Director for Science; e-mail: Kiriltsov.e.v@mail.ru

Victoria A. Kiril'tsova, Junior Researcher

Дата поступления статьи 28.08.2020

Received by the editors 28.08.2020

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАРАЗИТАРНОЙ СИСТЕМЫ ОПИСТОРХИД В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Бонина О.М., ¹Стеблева Г.М., ²Ефремова Е.А.

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

²Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Представлены результаты изучения факторов, способствующих распространению описторхоза в Новосибирской области (1990–2019 гг.). Анализ заболеваемости населения проведен на основе статистического материала Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. В исследуемый период отмечено ежегодное проявление описторхоза от 85,7 до 176,5 заболевших на 100 тыс. населения, средний показатель при этом составил 125,6. Выявлено неравномерное распределение заболеваемости по административным районам области. Исследования рыб на зараженность метацеркариями описторхид проведены в Новосибирском водохранилище и его притоках, Бердском заливе, р. Обь с притоками. Изучено 2665 экз. рыб семейства Cyprinidae. Наиболее высокая степень инвазированности отмечена для язя (более 40%). У исследованных рыб обнаружены метацеркарии описторхид четырех видов: *Opisthorchis felineus*, *Metorchis bilis*, *M. xantosomus* и *M. spp*. К эпидемически значимым относятся *O. felineus* и *M. bilis*. На инвазированность личинками описторхид исследовано 280 экз. моллюсков-битиниид в р. Тулке и 497 экз. – в Бердском заливе, экстенсивность инвазии составила 0,4%. Обнаружены битинииды видов *Bithynia troscheli* и *Bithynia tentaculata* (0,01–3,5 экз./м²). Лимитирующим экологическим фактором наличия локальных очагов описторхоза в Новосибирском водохранилище служит жесткий гидрологический режим. Он позволяет в зимнее время выживать моллюскам-битиниидам только в заливах мелких рек, впадающих в водохранилище, в устье которых имеются песчаные бары, препятствующие выходу воды из русла речки во время зимних сбросов воды.

Ключевые слова: описторхиды, битинииды, зараженность карповых рыб, эпидемическая ситуация

FEATURES OF THE OPISTHORCHID PARASITIC SYSTEM EXISTING IN NOVOSIBIRSK REGION

¹Bonina O.M., ¹Stebleva G.M., ²Efremova E.A.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

The results of studying the factors contributing to the spread of opisthorchiasis in Novosibirsk region (1990–2019) are presented. The analysis of the disease incidence among population was carried out on the basis of statistical material from the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing. During the study period, the annual manifestation of opisthorchiasis was noted from 85.7 to 176.5 cases per 100 thousand of population, the average indicator being 125.6. The uneven distribution of morbidity in the administrative districts of the region was revealed. Studies of fish for infestation with opisthorchid metacercariae were carried out in the Novosibirsk reservoir and its tributaries, Berdsky Bay, the river Ob with tributaries. There were 2665 fish specimens of the family Cyprinidae examined. The highest degree of infestation was noted for ide (more than 40%). Metacercariae of opisthorchids of four species were found in the studied fish: *Opisthorchis felineus*, *Metorchis bilis*, *M. xantosomus* and *M. spp*. The epidemically significant ones are *O. felineus* and *M. bilis*. There were 280 specimens of bithyniidae mollusks examined for infestation by opisthorchid larvae in the river Tulka and 497 specimens in the Berdsky Bay (the extensiveness of the invasion was 0.4%). Bithyniidae of the species *Bithynia troscheli* and *Bithynia*

tentaculata (0.01–3.5 pcs/m²) were found. The limiting ecological factor of the presence of local foci of opisthorchiasis in the Novosibirsk reservoir is a strict hydrological regime. It allows bithyniidae mollusks to survive in winter only in certain places, which are bays of small rivers flowing into the reservoir, at the mouth of which there are sand bars that prevent water from leaving the riverbed during winter discharges of water.

Keywords: opisthorchids, bithyniidae, infestation of Cyprinidae fish, epidemic situation

Для цитирования: Бонина О.М., Стеблева Г.М., Ефремова Е.А. Особенности функционирования паразитарной системы описторхид в Новосибирской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 83–92. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-10>

For citation: Bonina O.M., Stebleva G.M., Efremova E.A. Features of the opisthorchid parasitic system existing in Novosibirsk region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 83–92. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире сложилась угрожающая обстановка по пищевым trematodозам, к которым относится описторхоз. Известна так называемая тройка возбудителей пищевых trematodозов: *Opisthorchis felineus* Rivolta, 1894 – кошачья или сибирская двуустка, *O. viverrini* (Poizier, 1886) – виверровая двуустка и *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) – китайский сосальщик. Суммарно более 45 млн человек инвазировано этими видами гельминтов [1]. Каждый из этих видов паразитов имеет свой ареал существования. *O. viverrini* обитает в странах Юго-Восточной Азии (Вьетнам, Таиланд, Камбоджа, Лаос), *Clonorchis sinensis* – в странах Дальнего Востока (Китай, Корея, дальневосточная часть России), *Opisthorchis felineus* – в странах Евразии (Россия, Украина, Польша, Германия, Италия и др.) [2]. Мировой очаг описторхоза расположен в Обь-Иртышском бассейне Западной Сибири.

Описторхоз – природно-очаговое заболевание. Для непрерывного функционирования паразитарной системы в границах очага необходимо наличие всех участников жизненного цикла: возбудителя заболевания,

первого и второго промежуточных, окончательного хозяев, а также благоприятных условий их существования. В Новосибирской области представлены следующие составляющие паразитарной системы описторхид: люди и рыбоядные млекопитающие, рыбы семейства карповых Cyprinidae, моллюски семейства Bithyniidae.

Новосибирская область расположена в южной части Обь-Иртышского очага, где описторхоз – самый распространенный гельминтоз, передающийся человеку через зараженную рыбу. Территория региона отнесена к гиперэндемичным по этому заболеванию. В структуре заболеваемости населения биогельминтозами удельный вес этого гельминтоза составляет 99%. Однако по проблеме описторхоза в Новосибирской области в большинстве случаев работы посвящены отдельным вопросам: видового разнообразия возбудителя [3], генетической идентификации вида *Opisthorchis felineus* [4, 5]. Часть исследований направлена на выявление локальных очагов описторхоза в бассейне Новосибирского водохранилища и в меньшей мере по городу Новосибирску^{1–3}[6]. Есть работы, касающиеся диф-

¹Федоров К.П., Бонина О.М., Ростовцев А.А., Селиверстова Н.А. Особенности пространственного распределения локальных очагов описторхидозов в акватории Новосибирского водохранилища // Материалы II межрегиональной научной конференции, посвященной 80-летию проф. К.П. Федорова «Паразитологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке». Новосибирск, 2009. С. 292–294.

²Бонина О.М., Удальцов Е.А., Алексеенко А.О., Ефремова Е.А. Аспекты природной очаговости описторхоза в Новосибирской области / Материалы международной научной конференции «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». М.: ФГБНУ «ВНИИП им. К.И. Скрябина», 2017. Вып. 17. С. 176–179.

³Бонина О.М., Сербина Е.А. Локальные очаги описторхоза в окрестностях Новосибирска // Актуальные вопросы ветеринарной медицины: материалы XIV Сибирской ветеринарной конференции. Новосибирский государственный аграрный университет. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2015. С. 17–20.

ференциальной диагностики личиночных форм описторхоза [7].

Актуальность исследований обусловлена наличием региональной медицинской проблемы в отношении описторхоза населения Новосибирской области, отсутствием комплексных многограновых исследований современной ситуации по приоритетному для региона троматодозу, высоким уровнем заражения населения и животных описторхидами.

Цель исследований – выявить особенности функционирования паразитарной системы описторхид на территории Новосибирской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Анализ эпидемической ситуации осуществляли с учетом статистического материала по заболеваемости населения, предоставленного Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Новосибирской области (Роспотребнадзор). Для оценки эпидемической обстановки по описторхозу использовали следующие показатели – показатель заболеваемости (ПЗ) – количество заболевших на 100 тыс. населения и средний многолетний показатель заболеваемости (СМПЗ).

Рыбы для исследования отловлены в 2002–2019 гг. в следующих водоемах: Новосибирское водохранилище и его притоки, Бердский залив, река Обь (в черте города Новосибирска), притоки реки Обь ниже плотины (Ельцовка, Иня), река Обь выше водохранилища (Сузунский район). Всего отловлено и исследовано 2665 экз. рыб сем. Cyprinidae девяти видов: язь *Leuciscus idus*, лещ *Aramis brama*, плотва *Rutilus rutilus*, елец *Leuciscus leuciscus*, верховка *Leucaspis delineatus*, ка-

рась *Carassius carassius*, пескарь *Gobio gobio*, гольян *Phoxinus phoxinus*, щиповка *Cobitis taenia*. Определение рыб до вида проводили по атласу⁴ и по справочнику-определителю⁵. Зараженность рыб метацеркариями описторхид исследовали общепринятым компрессионным методом⁶ с последующим подсчетом эктенсивности инвазии⁷.

Поиск и сбор моллюсков проведены на правом берегу Новосибирского водохранилища в нижнем течении р. Тулка и в районе Бердского залива. Пробы бентоса для учета моллюсков отбирали драгой. Всего на инвазированность личинками описторхид исследовано 280 экз. моллюсков-битинид в р. Тулке и 497 экз. – в Бердском заливе. Систематическое положение собранных моллюсков определено по общепринятым справочнику⁸. Зараженность моллюсков партенитами описторхид проведена компрессионным методом (см. сноска 6).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Паразитарные системы, образуемые описторхидами, относятся по классификации В.Н. Беклемишева [8] к сложным многочленным. В жизненную схему паразита входит попеременное паразитирование в трех группах хозяев (первый и второй промежуточные, окончательный), причем каждая из групп представлена несколькими видами.

Описторхиды характеризуются широкой специфичностью к окончательным хозяевам. Однако лишь человек как облигатный дефинитивный хозяин имеет реальное значение в циркуляции возбудителя в экосистеме, поэтому именно данные по заболеваемости людей учтены в приведенном анализе.

По данным Государственных докладов⁹ Новосибирская область за последние годы

⁴Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / Под ред. Ю.С. Решетникова. М.:Наука, 2002. Т. 1. 379 с.

⁵Рыбы СССР / под ред. Г.В. Никольского и В.А. Григораш. М.: Мысль, 1969. 447 с.

⁶Беэр С.А., Белякова Ю.В., Сидоров Е.Г. Методы изучения промежуточных хозяев возбудителей описторхоза. Алматы, 1987. 86 с.

⁷Федоров К.П., Ласкин Б.Ф. Автоматизированные методы обработки гельминтологических материалов. Новосибирск, 1980. 75 с.

⁸Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Л.: Гидрометеоиздат. 1977. 511 с.

⁹«О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2009–2017 гг.»: Государственный доклад М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2010–2017. 456 с.

входит в десятку наиболее зараженных территорий РФ, наряду с Ханты-Мансийским и Ямало-Ненецким национальными округами, Томской и Тюменской областями. На протяжении многих лет заболеваемость населения области составляет более 100 заболевших на 100 тыс. населения, что вынуждает отнести ее к гиперэндемичным территориям [9].

Ретроспективный анализ заболеваемости населения описторхозом за исследуемый период показал, что это заболевание регистрировали ежегодно.

В многолетней динамике функционирования паразитарной системы описторхоза в звене дефинитивного хозяина выявлены периоды нарастания и спада напряженности эпидемического процесса (см. рис.1).

Повышение значений ПЗ описторхозом в Российской Федерации установлено в 1994–2000 гг., затем отмечено снижение и с 2004 г. ежегодные значения этого показателя варьируют от 110,8 до 148,8 заболевших на

100 тыс. населения и существенных отличий от областного СМПЗ (125,6) не имеют.

Анализ тенденций эпидемической ситуации по описторхозу в Новосибирской области свидетельствует о динамической стабильности ее развития в настоящее время. Картограмма, построенная на основе дифференцированного подхода к заболеваемости населения описторхозом в разрезе административных районов, достаточно наглядно визуализирует специфику пространственного расположения неблагополучных территорий. В Новосибирской области распространение описторхозной инвазии неоднородно и характеризуется выраженной мозаичностью (см. рис. 2).

В отдельных районах заболеваемость на протяжении многих лет держится на очень высоком уровне. Например, в Венгеровском районе на протяжении 25 лет ПЗ колебался от 353 заболевших на 100 тыс. населения в 1992 г. до 2824 в 2009 г., в среднем за 25 лет составил 857, что в 6,9 раза превышает ана-

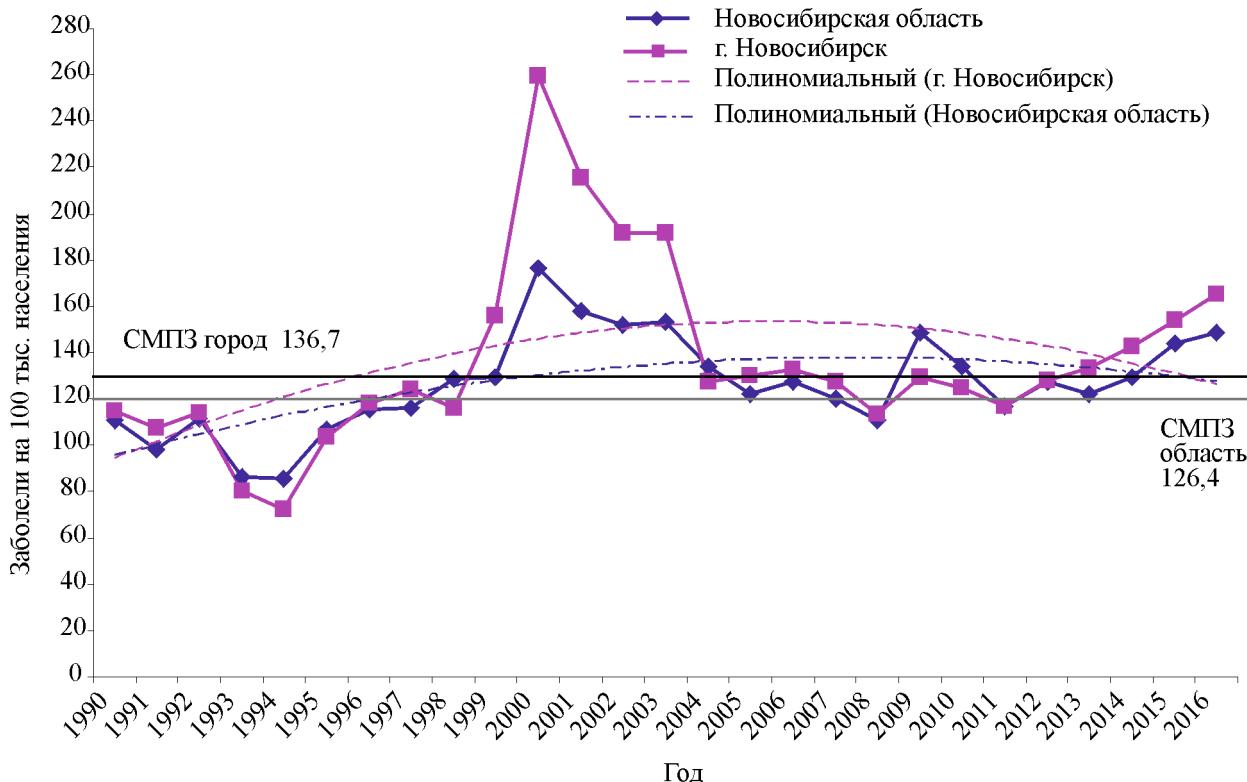


Рис. 1. График показателя заболеваемости населения Новосибирской области и г. Новосибирска описторхозом (1990–2016 гг.)

Fig. 1. The graph of the incidence rate of opisthorchiasis among population of Novosibirsk region and city of Novosibirsk (1990–2016)

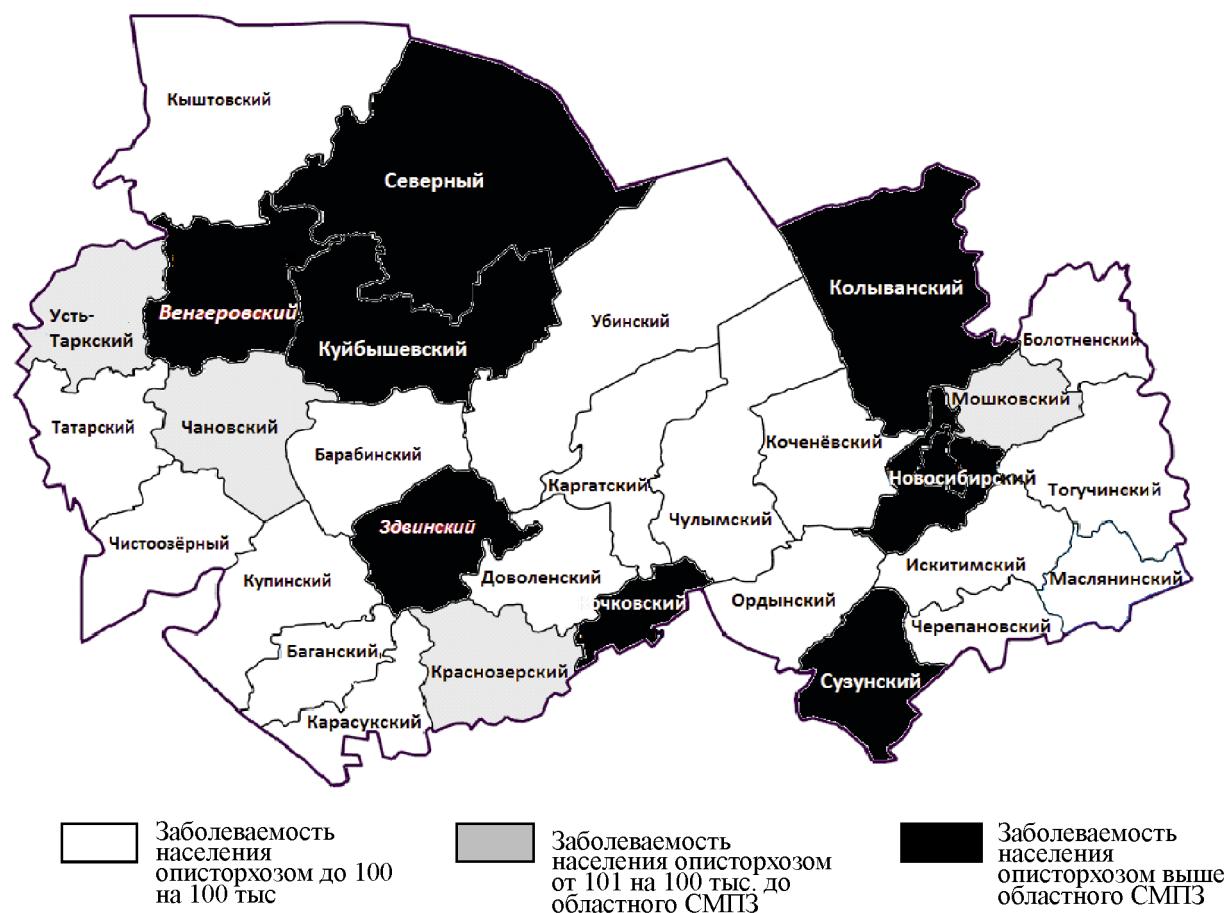


Рис. 2. Ранжирование административных районов Новосибирской области по заболеваемости населения описторхозом (1990–2016 гг.)

Fig. 2. Ranking of administrative districts of Novosibirsk region by the incidence of opisthorchiasis among population (1990–2016)

логичный среднеобластной показатель (125 заболевших на 100 тыс. населения). Есть районы, где заболеваемость в эти годы отмечена невысокой и стабильно ниже общеобластной. К этой группе относятся такие районы, как Каргатский (СМПЗ 43 заболевших на 100 тыс. населения), Купинский (28), Чистоозерный (37) и Чулымский (49) и другие. В то же время есть районы, где эпидемическая ситуация по описторхозу неоднозначна. Так, Здвинский район до 2010 г. относился к районам со стабильно низкими значениями ПЗ населения (35,4 на 100 тыс. населения), однако с 2010 г. этот показатель превышает значения среднеобластных и держится на высоком уровне по настоящее время. С 2010 по 2015 г. СМПЗ населения района составляет 535,7 заболевших на 100 тыс. на-

селения, т.е. в 4 раза превышает СМПЗ по области за этот период.

В географическом отношении четко выраженная направленность распределения по показателю заболеваемости дефинитивного хозяина описторхозом в области не определена.

Один из компонентов, формирующих паразитарную систему описторхид, – рыбы семейства Cyprinidae (карповые). Исследовано 2665 экз. (484 промысловых и 2181 туводных) рыб следующих видов: язь, лещ, плотва, елец, верховка, карась, пескарь, голльян и щиповка. Рыбы двух последних видов оказались незараженными. В целом наиболее высокая инвазированность отмечена для язя (см. таблицу). Средняя ЭИ (экстенсивность инвазии) всех язей (промышленных и тувод-

Инвазированность рыб метацеркариями описторхид в водоемах Новосибирской области (2002–2019 гг.)
Fish infestation by opisthorchid metacercariae in water reservoirs of Novosibirsk region (2002–2019)

Вид рыб	Промысловые			Туводные		
	Исследовано, экз.	Заражено, экз	ЭИ, %	Исследовано, экз.	Заражено, экз	ЭИ, %
<i>Инвазированность метацеркариями Opisthorchis felineus</i>						
Язь	276	105	38	178	32	18,0
Лещ	187	8	4,3	437	9	2,1
Плотва	21	0	—	878	80	9,1
Елец	—	—	—	415	105	25,3
Верховка	—	—	—	133	4	3,0
<i>Инвазированность метацеркариями Metorchis bilis</i>						
Язь	276	10	3,6	178	39	21,9
Лещ	187	13	7,1	437	3	0,7
Плотва	21	—	—	878	19	2,2
Елец	—	—	—	415	17	4,1
Верховка	—	—	—	133	17	12,8
<i>Инвазированность метацеркариями M. xantosomus</i>						
Язь	276	19	6,9	178	10	5,8
Лещ	187	0	—	437	5	1,1
Плотва	21	1	4,8	878	16	1,8
Елец	—	—	—	415	9	2,2
Пескарь	—	—	—	30	1	3,3
<i>Инвазированность метацеркариями M. spp.</i>						
Язь	276	0	—	178	2	1,1
Лещ	187	2	1,1	437	2	0,5
Плотва	—	—	—	878	6	0,7
Елец	—	—	—	415	2	0,5
Карась	—	—	—	49	1	2,0
<i>Инвазированность метацеркариями всех видов описторхид</i>						
Язь	276	113	40	178	74	41,6
Лещ	187	23	12,5	437	18	4,1
Плотва	21	1	4,8	878	114	13,0
Елец	—	—	—	415	116	28,0
Верховка	—	—	—	133	19	16,8
Карась	—	—	—	49	1	2,0
Гольян	—	—	—	58	—	—
Пескарь	—	—	—	30	1	3,3
Щиповка	—	—	—	3	—	—

ных) составляет 41,2%, елец (28), верховка (16,8), плотва (12,8) и затем лещи (6,6%). Полученные результаты не противоречат данным литературы. Известно, что в Западной Сибири язь является наиболее распространенным источником возбудителя описторхоза [10, 11].

У исследованных рыб обнаружены метацеркарии описторхид четырех видов: *Opisthorchis felineus*, *Metorchis bilis* Braun, 1890, *M. xantosomus* и *M. spp.* К эпидемически значимым относятся два первых вида. Ранее *Metorchis bilis* не считали опасным для

человека. Но исследования при патолого-анатомических вскрытиях выявили наличие взрослых особей *Metorchis bilis* в печени человека [12]. В настоящее время установлено, что *O. felineus* и *M. bilis* – основной источник инфекции, вызванной печеночными сосальщиками, человека в России [13], есть аналогичные данные по Беларуси [14]. *M. xantosomus* у человека не отмечен, но часто паразитирует у водных и околоводных рыбоядных птиц и имеет выраженное эпизоотическое значение.

В ходе исследований рыбу подразделяли

на две группы – промысловых размеров и непромысловых (или туводных). Зараженность рыб крупных промысловых размеров, к которым на территории Новосибирской области из карповых относятся язь, лещ и редко плотва, имеет важное эпидемиологическое значение. Такая рыба чаще всего используется в пищу человеком и является для него источником заражения паразитом. Туводные елец и верховка имеют максимальную инвазированность метацеркариями *O. felineus* и *M. bilis* соответственно 25,3 и 12,8%, что определяет их важное значение как индикаторов наличия локальных очагов описторхоза на территории Новосибирской области.

Локальность очагов описторхидозов, приуроченность их к конкретному месту связаны, как правило, местами обитания их первых промежуточных хозяев – моллюсков-битиниид, представляющих собой важнейшую часть паразитарной системы. Они являются наиболее уязвимым звеном в цикле развития описторхид. Моллюски требовательны к определенным условиям существования в местах обитания, им необходимы небольшая глубина и прогреваемость водоемов, их проточность, освещенность, наличие околоводной и погруженной растительности. В связи с важным значением битиниид в формировании локальных очагов описторхидозов проведено их исследование на отдельных участках литорали Новосибирского водохранилища. В Новосибирском водохранилище семейство *Bithyniidae* представлено двумя видами: *Bithynia tentaculata* (Linne, 1758) и *B. troscheli* (Paasch, 1842).

При исследовании образцов бентоса, собранного в районе Тулкинского залива, найдено 13 экземпляров *B. troscheli* (0,06 экз./м²) и три экземпляра *B. tentaculata* (0,01 экз./м²). На литорали южного берега Бердского залива в пробах бентоса обнаружено 497 экз. *B. tentaculata* (3,5 экз./м²). На инвазированность личиночными формами описторхид исследовано 280 экземпляров моллюсков-битиниид. У одного моллюска *B. tentaculata* обнаружены личиночные формы описторхиса – спороцисты, редии и под-

вигные церкарии. Экстенсивность инвазии составила 0,4%. Полученные данные свидетельствуют о довольно низкой численности битиниид и уровне их зараженности партенитами описторхид. Однако заражение даже очень небольшой части популяции достаточно для поддержания локальных очагов описторхоза, так как в теле промежуточного хозяина личинки описторхид размножаются партеногенетически в течение длительного времени (до 3–4 лет и более), что приводит к многократному увеличению численности их расселительных форм, церкарий. Кроме того, срок жизни битиниид достигает 4–6 лет, что дополнительно увеличивает устойчивость локальных очагов.

На функционирование паразитарных систем, в которых одним из хозяев является человек, во многом накладывает отпечаток его деятельность. Роль своеобразного экологического лимитирующего фактора в жизненном цикле описторхид играет жесткий и нестабильный гидрологический режим в водохранилище. Из-за большого объема зимних сбросов воды в гидроузле в феврале – марте осушаются большие участки ложа водоема: в верхней зоне – 83% от летней акватории, в средней – 28, в нижней – 22%, и лед ложится на обнажившееся дно. Грунт в этих местах промерзает и моллюски-битинииды (первые промежуточные хозяева описторхид), находящиеся в состоянии зимней диапаузы в слоях грунта, часто погибают. Условия для их выживания сохраняются в определенных местах, обычно это заливы мелких рек, впадающих в водохранилище, в устье которых имеются песчаные бары, препятствующие выходу воды из русла речки во время зимних сбросов. Таких мест в Новосибирском водохранилище немного и только в них и могут функционировать локальные очаги описторхидозов (устье Алеуса, Кирзы, Орды, Тулки, Бердский и Шарапский заливы). Именно в этих местах выявлено наличие туводных рыб, зараженных личинками описторхид.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Новосибирской области основной компонент паразитарной системы описторхид – возбудитель болезни, представленный трематодами *Opisthorchis felineus*, *Metorchis bilis*, *M. xantosomus*. Первые два вида имеют эпидемическое значение, последний – эпизоотическое.

Эпидемическое состояние по описторхозу в Новосибирской области в течение многих лет стабильно неблагополучное. Территория области гиперэндемична по описторхозу и в настоящее время эпидемическая ситуация имеет характер относительной динамической стабильности. Описторхоз регистрируют во всех административных районах, однако территориальное распределение неравномерное. Показатель заболеваемости варьирует от 28,5 до 857 человек на 100 тыс. населения.

Из девяти видов исследованных рыб заражены описторхидами семь. Максимальная инвазированность отмечена у язя (экстенсивность инвазии – более 40%). Первым промежуточным хозяином описторхид в Новосибирской области служат переднежаберные моллюски сем. *Bithyniidae* – *Bithynia tentaculata* (Linne, 1758) и *B. troscheli* (Paasch, 1842) с уровнем зараженности в условиях водохранилища 0,4%.

Лимитирующим экологическим фактором наличия локальных очагов описторхоза в Новосибирском водохранилище, в данном случае имеющим антропологический характер, служит жесткий гидрологический режим. Он позволяет выживать моллюскам-битиниидам только в определенных местах, которые и являются ядром локального очага описторхоза. Этот фактор оказывает влияние на численность и плотность их популяций.

Результаты исследований подтверждают необходимость осуществления постоянного эпизоотологического мониторинга за функционированием паразитарной системы описторхоза на всех стадиях развития паразита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Petney T.N., Andrews R.H., Saijuntha W., Wenz-Mücke A., Sithithaworn P. The zoonotic, fish-borne liver flukes *Clonorchis sinensis*, *Opisthorchis felineus* and *Opisthorchis viverrini* // Journal of Parasitology. 2013. Vol. 43 (12–13). P. 1031–1046.
2. Pozio E., Armignacco O., Ferri F., Gomez Morales M.A. *Opisthorchis felineus*, an emerging infection in Italy and its implication for the European Union // ActaTropica. 2013. Vol. 126(1). P. 54–62. DOI: 10.1016/j.actatropica.2013.01.005.
3. Соусь С.М., Ростовцев А.А. Паразиты рыб Новосибирской области. Описторхоз, меторхоз, дифиллоботриоз. Профилактика: монография. Тюмень: Госрыбцентр, 2006. Ч. 2. 166 с.
4. Брусенцов И.И., Катохин А.В., Сахаровская З.В., Сазонов А.Э., Огородова Л.М., Федорова О.С., Колчанов Н.А., Мордвинов В.А. ДНК-диагностика микст-инвазий *Opisthorchis felineus* и *Metorchis bilis* с помощью метода ПЦР // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2010. № 2. С. 10–13.
5. Polyakov A.V., Katokhin A.V., Bocharova T.A., Romanov K.V., L'vova M.N., Bonina O.M., Jurlova N.I., Mordvinov V.A. Comparative analysis of karyotypes of *Opisthorchis felineus* from West Siberia // Contemporary Problems of Ecology. 2010. Vol. 3 (1). P. 1–3.
6. Бонина О.М., Сербина Е.А. Выявление локальных очагов описторхидозов в пойме реки Обь и в Новосибирском водохранилище. Сообщение 1. Зараженность карповых рыб метацеркариями описторхид // Российский паразитологический журнал. 2011. № 2. С. 24–30.
7. Бонина О.М., Сербина Е.А. Морфобиологические характеристики церкарий трематод семейств *Opisthorchidae* и *Notocotylidae* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 71–78. DOI 26898/0370-8799-2019-6-8.
8. Беклемищев В.Н. Возбудители болезней как члены биоценозов // Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука, 1970. 504 с.
9. Федорова О.С., Ковширина Ю.В., Ковширина А.Е., Федотова М.М., Деев И.А., Петровский Ф.И., Филимонов А.В., Дмитриева А.И., Кудяков Л.А., Салтыкова И.В., Михалев Е.В.,

- Odermatt P., Ogorodova L.M.* Анализ заболеваемости инвазией *Opisthorchis felineus* и злокачественными новообразованиями гепатобилиарной системы в Российской Федерации // Бюллетень сибирской медицины. 2016, Т. 15 (5). С. 147–158.
10. *Маюрова А.С., Кустикова М.А.* Оценка зараженности метацеркариями описторхид рыб семейства карповых в Ханты-Мансийском национальном округе – Югре // Российский паразитологический журнал. 2019. Т. 13. № 4. С. 56–66. DOI: 10.31016/1998-8435-2019-13-4-56-66.
11. *Фаттахов Р.Г.* Зараженность рыб личинками возбудителя описторхоза на территории России и некоторых сопредельных стран (по материалам «Кадастра очагов описторхоза России, 1994») // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2002. № 1. С. 25–27.
12. *Ильинских Е.Н., Новицкий В.В., Ильинских Н.Н., Лепехин А.В.* Инвазии *Opisthorchis felineus* (Rivolta, 1884) и *Metorchis bilis* (Braun, 1890) у человека в различных регионах Обь-Иртышского речного бассейна // Паразитология. 2007. Т. 41. № 1. С. 55–64.
13. *Mordvinov V.A., Yurlova N.I., Ogorodova L.M., Katokhin A.V.* *Opisthorchis felineus* and *Metorchis bilis* are the main agents of liver fluke infection of humans in Russia // Parasitology International. Vol. 61. Is. 1. 2012, P. 25–31. DOI: 10.1016/j.parint.2011.07.021.
14. *Шималов В.В.* Описторхоз, меторхоз и псевдамфистомоз в Беларуси: медицинский аспект // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2018. № 2. С. 48–53.
- REFERENCES**
1. Petney T.N., Andrews R.H., Saijuntha W., Wenz-Mücke A., Sithithaworn P. The zoonotic, fish-borne liver flukes *Clonorchis sinensis*, *Opisthorchis felineus* and *Opisthorchis viverrini*. *Journal of Parasitology*, 2013, vol. 43(12–13), pp. 1031–1046.
 2. Pozio E., Armignacco O., Ferri F., Gomez Morales M.A. *Opisthorchis felineus*, an emerging infection in Italy and its implication for the European Union. *ActaTropica*, 2013, vol. 126 (1), pp. 54–62. DOI: 10.1016/j.actatropica.2013.01.005.
 3. Sous' S.M., Rostovtsev A.A. *Fish parasites of the Novosibirsk region. Opistorhoz, metorhoz, diphyllobothriasis. Prevention*. Tyumen': Gosrybtsentr Publ., 2006, part 2, 166 p. (In Russian).
 4. Brusentsov I.I., Katokhin A.V., Sakharovskaya Z.V., Sazonov A.E., Ogorodova L.M., Fedorova O.S., Kolchanov N.A., Mordvinov V.A. DNA diagnostics of mixed invasions of *Opisthorchis felineus* and *Metorchis bilis* using the PCR method. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*, 2010, no. 2, pp. 10–13. (In Russian).
 5. Polyakov A.V., Katokhin A.V., Bocharova T.A., Romanov K.V., L'vova M.N., Bonina O.M., Jurlova N.I., Mordvinov V.A. Comparative analysis of karyotypes of *Opisthorchis felineus* from West Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*, 2010, vol. 3 (1), pp. 1–3.
 6. Bonina O.M., Serbina Ye.A. Revealing of the local centres of opisthorchidosis in flood-lands of River Ob and in Novosibirsk man-made lake. Message 1. Infection cyprinid fishes by opisthorchid's metacercaria. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2011, no. 2, pp. 24–30. (In Russian).
 7. Bonina O.M., Serbina Ye.A. Morphobiological characteristics of trematode cercariae of the families Opisthorchiidae and Notocotylidae. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 6, pp. 71–78. (In Russian). DOI: 26898/0370-8799-2019-6-8.
 8. Beklemishev V.N. Pathogens as members of biocoenoses. *Biocenological foundations of comparative parasitology*, Moscow, Nauka Publ., 1970, 504 p. (In Russian).
 9. Fedorova O.S., Kovshirina Yu.V., Kovshirina A.E., Fedotova M.M., Deev I.A., Petrovskii F.I., Filimonov A.V., Dmitrieva A.I., Kudyakov L.A., Saltykova I.V., Mikhalev E.V., Odermatt P., Ogorodova L.M. Analysis of *Opisthorchis felineus* infection and liver and intrahepatic bile ducts cancer incidence rate in Russian Federation. *Byulleten' sibirskoi meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine*, 2016, vol. 15 (5), pp. 147–158. (In Russian).
 10. Mayurova A.S., Kustikova M.A. Estimation of infection with metacercariae of opisthorchid fishes of the cyprinidae family in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2019, vol. 13, no. 4, pp. 56–66. (In Russian). DOI: 10.31016/1998-8435-2019-13-4-56-66.

11. Fattakhov R.G. Infection of fish with larvae of the causative agent of opisthorchiasis on the territory of Russia and some neighboring countries (according to the materials of the Cadastre of foci of opisthorchiasis in Russia, 1994). *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*, 2002, no. 1, pp. 25–27. (In Russian).
12. Il'inskikh Ye.N., Novitskiy V.V., Il'inskikh N.N., Lepekhin A.V. *Opisthorchis felineus* (Rivolta, 1884) and *Metorchis bilis* (Braun, 1890) infections in population of some regions of the Ob river basin. *Parazitologiya = Parasitology*, 2007, vol. 41, no. 1, pp. 55–64. (In Russian).
13. Mordvinov V.A., Yurlova N.I., Ogorodova L.M., Katokhin A.V. *Opisthorchis felineus* and *Metorchis bilis* are the main agents of liver fluke infection of humans in Russia. *Parasitology International*, vol. 61, is. 1, 2012, pp. 25–31. DOI: 10.1016/j.parint.2011.07.021.
14. Shimalov V.V. Opisthorchiasis, methorchiasis, and pseudamphistomosis in Belarus: a medical aspect. *Meditinskaya parazitologiya i parazitarnyye bolezni = Medical Parasitology and Parasitic Diseases*. 2018, no. 2. pp. 48–53. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Бонина О.М.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: olga-bonina@mail.ru

Стеблева Г.М., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; e-mail: 348-59-89@mail.ru

Ефремова Е.А., кандидат ветеринарных наук, доцент; e-mail: alfa_parazit@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga M. Bonina**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: olga-bonina@mail.ru

Galina M. Stebleva, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; e-mail: 348-59-89@mail.ru

Elena A. Efremova, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor; e-mail: alfa_parazit@mail.ru

Дата поступления статьи 21.10.2020

Received by the editors 21.10.2020



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-11>

УДК: 631.3:004.04

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Каличкин В.К., Логачёва О.М., Сигитов А.А., Гарафутдинова Л.В.

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

Обоснована целесообразность совместного применения методов многокритериального анализа решений (МКАР) и геоинформационных систем (ГИС) с целью оценки пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур. Реализация этого подхода дает возможность частично автоматизировать процесс оценки земель. Исследования проведены на территории ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области ($54^{\circ}56'24''$ с.ш., $82^{\circ}06'12''$ в.д.), расположенного в лесостепной зоне. С учетом особенностей рассматриваемой территории отобраны критерии для оценки пригодности земель: дренированность, гранулометрический состав почв, контрастность почвенного покрова, контурность рабочих участков, мощность гумусового слоя, распаханность, угол уклона рельефа, экспозиция склонов, эродированность. Источником пространственной информации послужили карты землеустройства хозяйства, почвенные и топографическая карты, цифровая модель рельефа (ЦМР), SRTM, космические снимки сверхвысокого разрешения. Сбор и обработка пространственной информации осуществляются в ГИС QuantumGIS (QGIS), имеющей открытую модульную архитектуру. Для аналитической оценки информации из ряда МКАР отобраны ELECTRE TRI и метод анализа иерархий. Для обоих методов известны процедуры, интегрированные с QGIS. С помощью инструментов ГИС QGIS землепользование конкретного сельскохозяйственного предприятия было разделено на рабочие участки, определены их границы и площади. По каждому критерию описана методика получения атрибутивной базы данных. Проведен обзор методов ELECTRE TRI и метода анализа иерархий, а также описаны их процедуры запуска в QGIS. С помощью метода анализа иерархий (процедура Easy AHP в QuantumGIS) получены веса критериев, главный результат – карта пригодности земель (по классификации FAO) – получена с помощью метода ELECTRE TRI (процедура ELECTRE TRI для QuantumGIS). Так как результатом процедуры ELECTRE TRI являются две карты решений: по пессимистическому и оптимистическому сценарию, были проведены дополнительные исследования, на основании которых удалось установить, что карта, полученная по оптимистическому сценарию, имеет большую согласованность с природными условиями хозяйства.

Ключевые слова: геоинформационные системы, многокритериальный анализ решений, сельскохозяйственные земли

GEOINFORMATION SYSTEM INTEGRATION AND METHODS OF MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS FOR ASSESSMENT OF LAND SUITABILITY FOR AGRICULTURAL USE

Kalichkin V.K., Logacheva O.M., Sigitov A.A., Garafutdinova L.V.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation

The expediency of joint application of methods of multi-criteria decision analysis of (MCDA) and geoinformation systems (GIS) in order to assess the suitability of lands for cultivation of agricultural crops is substantiated. The implementation of this approach will make it possible to partially automate the process of assessing land. The studies were carried out on the territory of ZAO Mirny, Kochnevsky District, Novosibirsk Region ($54^{\circ}56'24''$ N, $82^{\circ}06'12''$ E), located in the forest-steppe zone. Taking into account the peculiarities of the territory under consideration, the following criteria were selected for assessing suitability of lands: drainage condition, soils granulometric composition, contrast of soil cover, working areas elevation pattern, humus layer thickness, ploughness, terrain slope angle, exposure of slopes, erosion degree. The sources of spatial information were land management maps, soil and topographic maps, digital elevation model (DEM), SRTM, ultra-high resolution satellite images. The collection and processing of spatial information was carried out in QuantumGIS (QGIS), which has an open modular architecture. ELECTRE TRI and the hierarchy analysis method were selected for the analytical assessment of information within MCDA. For both methods, there are procedures that are integrated with QGIS. With the help of QGIS GIS tools, the land use of a particular agricultural enterprise was divided into working areas, their boundaries and areas were determined. A method for obtaining an attribute database is described for each criterion. An overview of the ELECTRE TRI methods and the hierarchy analysis method is given, and their launch procedures in QGIS are described. The criteria weights were obtained using the hierarchy analysis method (Easy AHP procedure in QuantumGIS), and the main result – the land suitability map (according to the FAO classification) – was obtained using the ELECTRE TRI method (ELECTRE TRI procedure for QuantumGIS). Since the result of the ELECTRE TRI procedure are two decision maps: according to the pessimistic and optimistic scenarios, additional studies were carried out, on the basis of which it was possible to establish that the map obtained according to the optimistic scenario has a greater consistency with the natural conditions of the agricultural enterprise.

Keywords: geoinformation systems, multi-criteria decision analysis, agricultural land

Для цитирования: Каличkin В.К., Логачёва О.М., Сигитов А.А., Гарифутдинова Л.В. Интеграция геоинформационной системы и методов многокритериального анализа решений для оценки пригодности земель сельскохозяйственного использования// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 93–105. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-11>

For citation: Kalichkin V.K., Logacheva O.M., Sigitov A.A., Garafutdinova L.V. Geoinformation system integration and methods of multi-criteria decision analysis for assessment of land suitability for agricultural use. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 93–105. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Многокритериальный анализ решений (МКАР) объединяет несколько методов (например, метод простого аддитивного взвешивания (SAW) [1], метод TOPSIS [2], семейство методов ELECTRE [3], метод анализа иерархий (МАИ) [4]), с помощью которых представляется возможным с некоторой

долей вероятности оценить множество критериев для принятия решений. МКАР применяется в качестве инструмента в сложных ситуациях, возникающих при наличии большого количества критериев, взаимодействующих между собой, в том числе в нечетких областях [5, 6]. Для подобных проблем чаще всего не существует единственно верного решения, поэтому необходимо использова-

ние предпочтений лица, его принимающего. В настоящее время разработано большое количество автоматизированных подходов поддержки принятия решений, применяемых во многих дисциплинах, в том числе и в сельском хозяйстве¹ [7–10]. Некоторые из них реализованы как самостоятельное специализированное программное обеспечение, другие интегрированы с геоинформационными системами (ГИС) [8, 11–15].

Необходимость разработки автоматизированной системы оценки пригодности сельскохозяйственных земель для возделывания различных культур обосновывается тем, что в настоящее время для производителей все сложнее выбрать соответствующую информацию, необходимую для решения их повседневных проблем, и адаптировать ее для более эффективного управления своими хозяйствами. В связи с этим в мировой практике все большее внимание уделяется цифровым технологиям с использованием различных методов интеллектуального анализа для поддержки принятия решений. В то же время производители должны систематически переосмысливать свои информационные требования и взвешивать затраты, ценности и альтернативные источники информации.

Цель исследования – обосновать целесообразность применения методов многокритериального анализа решений, интегрированных с ГИС, для автоматизации процесса оценки пригодности земель.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на территории ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области ($54^{\circ}56'24''$ с.ш., $82^{\circ}06'12''$ в.д.), расположенного в лесостепной зоне. Для создания геоинформационной модели землепользования хозяйства, включающего 27 рабочих (земельных) участков общей площадью 3131 га, использовали картографические материалы ранних лет

издания, включающие почвенную (1984 г., М 1 : 25 000) и топографическую (2001 г., М 1 : 50 000) карты, цифровые модели рельефа (SRTM), космические снимки сверхвысокого разрешения (Google карты).

Пространственные данные включали информацию о почвах и рельефе местности. Основным источником информации о почвенном покрове являлись почвенные карты хозяйства, имеющиеся на бумажном носителе. Поскольку при изготовлении крупномасштабные почвенные карты часто не имели точной геодезической привязки, в процессе привязки растрового изображения к системе координат в QGIS возникли несоответствия размещения объектов на почвенной карте и реальной местности (ошибки достигали 300 м и более). Данная проблема решена посредством уточнения почвенной карты методом сравнения характерных объектов на карте (дороги, лесополосы, контуры солиди) и космических снимков. С помощью инструментов векторизации на основе карт землепользования хозяйства в геоинформационную базу (карта QGIS, включающая атрибутивную базу) нанесены границы рабочих участков и определена их площадь. На основе используемых почвенных карт определены границы элементарных почвенных ареалов (ЭПА) рабочих участков. В атрибутивную базу данных ГИС по каждому ЭПА занесены их площади, типы почв, мощность гумусового слоя, гранулометрический состав, степень эродированности. Единый коэффициент, характеризующий каждый рабочий участок по перечисленным выше параметрам, вычислен как среднее значение по участку исходя из отношения площади ЭПА к общей площади рабочего участка.

Балл контурности рабочих участков оценен по методике, предложенной в работе [16], степень контрастности почв – по Ю.К. Юодису [17]. Распаханность рассчитывали как процентное отношение площади необрабатываемых земель (колки, солонцы

¹Ткаченко В.В. Предпосылки создания системы моделей и методики многокритериальной оценки и выбора технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: Кубанский ГАУ. 2015. № 9 (113). С. 1680–1693. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/119.pdf>

и др.) внутри рабочего участка к его общей площади. Степень дренированности определяли исходя из условий залегания почв в рельефе: рабочие участки, имеющие наклон рельефа около 1 град. и меньше, отнесены к слабодренированным территориям, участки с уклоном 1–3 град. – к дренированным.

Для вычисления морфометрических показателей рельефа использованы данные SRTM, распространяемые Геологической службой США на свободной основе. Два снимка SRTM были загружены в Quantum-GIS (QGIS) в виде растровых слоев и обрезаны по границам рабочих участков. При помощи инструмента анализа QGIS «Морфометрический анализ» → «Крутизна» вычислен уклон рельефа в виде растрового изображения. Для дальнейшего использования полученный растровый слой преобразован в векторный с помощью инструмента «Vector-raster» → «Rastervaluesstopoints (randomly)». Экспозиция склонов определена с помощью инструмента анализа QGIS «Экспозиция».

В качестве инструмента оценки пригодности земель использовали метод ELECTRE TRI

(ELimitation Et Choix Traduisant la REalité), входящий в состав группы МКАР ELECTRE, предложенный в середине 1960-х годов Б. Руа. Суть метода состоит в использовании при расчетах более чувствительных показателей сравнимости – индексов согласия и несогласия. В настоящее время используется целое семейство этого метода [3, 18–20]. Для определения весов критериев использовали плагин Easy AHP (Analytic Hierarchy Process), для получения карты пригодности земель – плагин ELECTRE TRI для QGIS [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Процесс получения карты пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур можно представить в виде схемы (см. рис. 1).

Оценку пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур проводили по следующим природным критериям: дренированности, гранулометрическому составу почв, контрастности почвенного покрова, контурности рабочих участков, мощ-

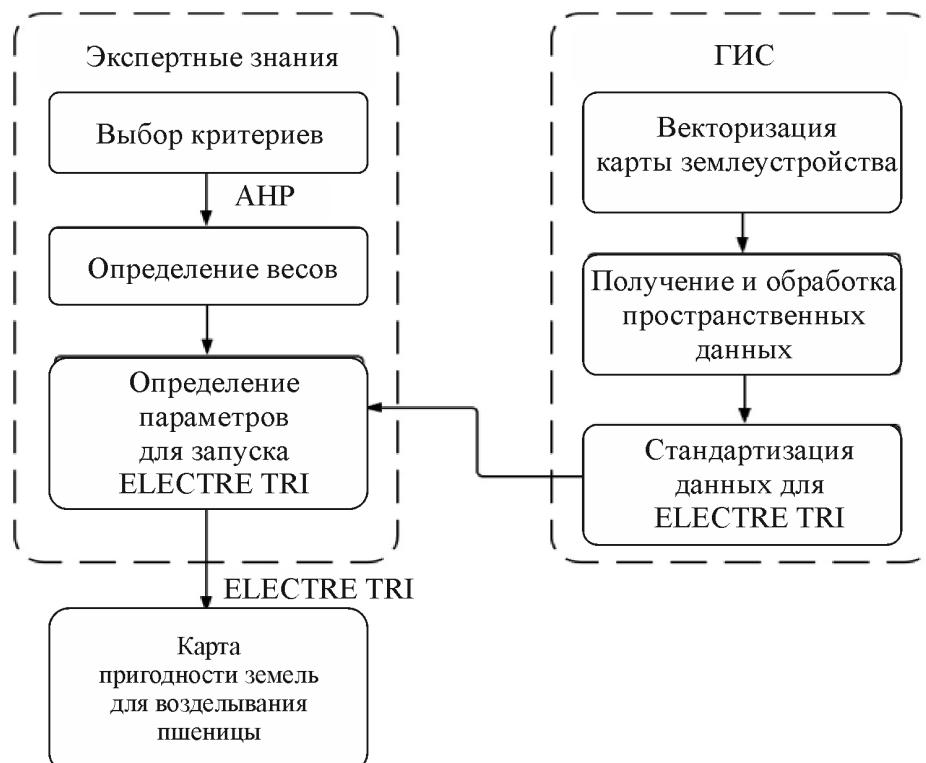


Рис. 1. Схема процесса получения карт пригодности земель

Fig. 1. Scheme of the process of obtaining land suitability maps

ности гумусового слоя, распаханности, углу уклона рельефа, экспозиции склонов, эродированности. Критерии выбраны экспертным путем, набор критериев не является исчерпывающим и может меняться в соответствии с решаемой задачей. Выделенным критериям экспертно (участвовали 6 экспертов) придавали определенные веса, так как каждый критерий имеет различную степень важности применительно к данной предметной области.

Классическим методом для определения весов критериев является МАИ (разработан Т. Саати [4]). Суть метода состоит в следующем. Пусть имеем n критериев, для каждого из которых требуется определить вес. Сначала строится матрица парных сравнений вида

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12}, & \dots, & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1, & \dots, & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots, & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n}, & \dots, & 1 \end{pmatrix},$$

где элементы над главной диагональю a_{ij} определяют путем сравнения критериев, а именно: насколько критерий i важнее критерия j . Степень важности оценивают числом из диапазона [1, 9], 1 ставят, если критерии равноВажные, 9 – если критерий i абсолютно превосходит критерий j . Чтобы веса критериев, найденные по МАИ, были корректными, построенная матрица парных сравнений должна быть согласована [4]. Для проверки согласованности достаточно вычислить отношение согласованности (ОС, англ. CR), которое находится по формуле

$$ОС = ИС/СИ,$$

где ИС = $\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ – индекс согласован-

ности (англ. CI), n – размерность матрицы, λ_{\max} – наибольшее собственное значение матрицы, СИ – случайный индекс [4], значения которого вычислены для матриц разных размерностей (см. табл. 1).

Матрицу можно считать согласованной, если значение ОС меньше или равно 0,10. Веса критериев находятся как координаты орта произвольного собственного вектора матрицы A , соответствующего собственному числу λ_{\max} . Для выделенных критериев построена матрица парных сравнений, что позволило запустить процедуру Easy AHP (см. рис. 2) и вычислить веса критериев (см. рис. 3).

Обычно выделяют следующие задачи МКАР: выбор, сортировку и ранжирование. МАИ можно отнести к задаче ранжирования, ELECTRE TRI – к задаче сортировки в следующей постановке: отнести альтернативы (в нашем случае – рабочие участки) к определенной категории (некоторый класс земель). Согласно методике классификации земель FAO², рабочие участки могут быть отнесены к следующим классам земель: S1 – наиболее пригодные, S2 – среднепригодные, S3 – малопригодные, N – непригодные. Альтернативы относятся к определенной категории с помощью сравнения значений критериев рассматриваемой альтернативы с профилями, которые определяют границы категорий. Строится отношение превосходства, которое характеризует, как альтернатива сравнивается с границами категорий. Это отношение строится на основе индексов частичной согласованности, глобальных индексов согласованности, индексов частичной несогласованности, нечетких отношений согласованности, связанных с индексами на-

Табл. 1. Значения индексов СИ

Table 1. Random indices (RI) values

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СИ	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

²FAO. A framework for land evaluation. Publication Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1976. URL: <http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e00.htm>

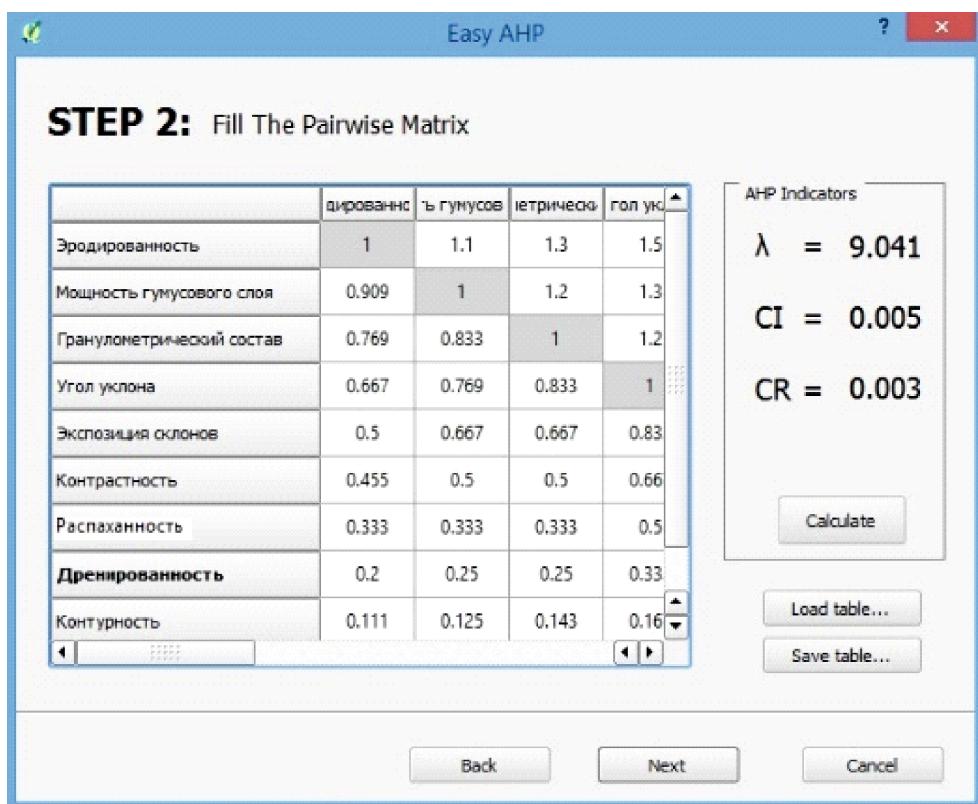


Рис. 2. Матрица парных сравнений

Fig. 2. The pairwise comparison matrix

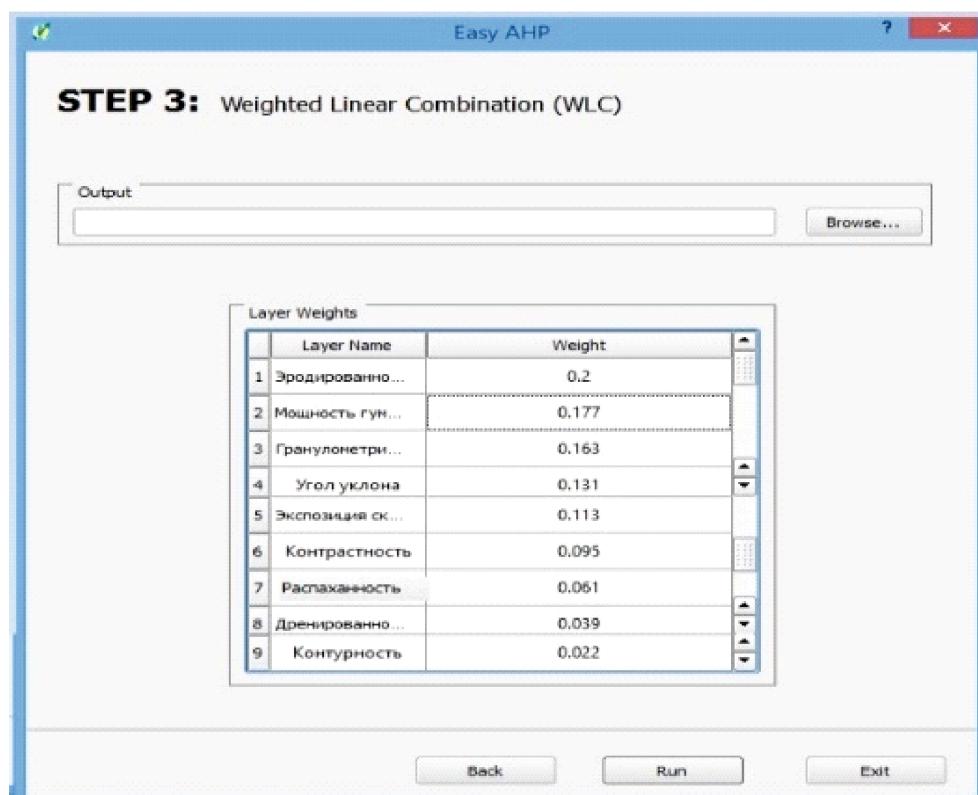


Рис. 3. Веса критериев

Fig. 3. Criteria weights

дежности и уровнем срезки λ (λ -cutting level) [21]. «Нечеткость» здесь возникает в связи с вводом порогов предпочтения и безразличия, которые мы определим ниже.

Пусть g_1, \dots, g_m – набор критериев, C_1, \dots, C_{p+1} – категории, b_0, \dots, b_{p+1} – профили (границы категорий), т.е. b_h – верхняя граница категории C_h и нижняя граница категории C_{h+1} (см. рис. 4).

Введем выражение $a \succ b_h$, которое обозначает отношение превосходства, т.е. альтернатива a , по крайней мере, так же хороша, как b_h . Для j -го критерия пороги предпочтения, безразличия и вето определяют следующим образом для каждого критерия:

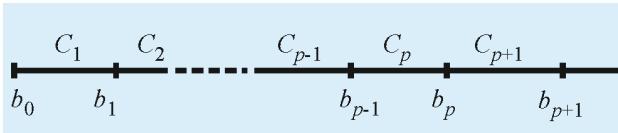


Рис. 4. Схематическое изображение категорий и их профилей

Fig. 4. Schematic illustration of categories and their profiles

– порог безразличия – наибольшая разница между значениями альтернативы a и ближайшей левой границей профиля b_h , при которой сохраняется безразличие между альтернативой a и b_h , т.е. эту разницу можно считать незначительной;

– порог предпочтения – наименьшая разница между значениями альтернативы a и ближайшей левой границей профиля b_h , при которой $a \succ b_h$;

– порог вето – наименьшая разница между b_h и a , несовместимая с утверждением $a \succ b_h$.

Уровень срезки λ : выбирается из диапазона (0,5; 1,0), указывает долю критериев, для которой выполнены необходимые условия для того, чтобы назначить альтернативу определенной категории. Например, если $\lambda = 0,75$, то 3/4 альтернатив должны соответствовать правилам, определяющим категорию. Как показывает опыт, наилучшие результаты получаются при значении $\lambda = 0,7$.

		area	humus	mechanical	erosion	slope	exposition	soil struc	contouring	contrast	drainage	plowing
	id											
1	1	156,33231	1,000	3,000	0,000	2,000	1,000	0,003	94,000	0,165	2,000	4,600
2	2	122,48100	1,000	3,000	0,000	3,000	1,000	0,000	87,000	0,000	2,000	19,000
3	3	235,80878	1,380	2,580	0,000	2,000	2,000	0,011	91,000	2,320	2,000	8,000
4	4	60,68150	1,030	3,000	0,000	1,000	3,000	0,070	95,000	1,260	1,000	0,000
5	5	109,84252	1,430	3,000	0,000	1,000	3,000	0,011	95,000	1,860	1,000	0,000
6	6	61,13786	1,680	2,680	0,000	1,000	2,000	0,029	96,000	0,340	1,000	0,000
7	7	305,51932	1,770	2,960	0,030	2,000	3,000	0,028	94,000	0,830	2,000	6,400
8	8	410,98341	1,640	2,980	0,000	2,000	2,000	0,024	98,000	5,350	2,000	2,700
9	9	116,29625	2,000	3,000	0,000	1,000	3,000	0,007	96,000	1,520	1,000	0,000
10	10	82,52932	1,620	2,550	0,000	2,000	3,000	0,042	96,000	1,360	2,000	0,000
11	11	101,55491	1,950	2,900	0,000	2,000	3,000	0,017	97,000	1,700	2,000	0,000
12	12	289,45642	1,760	2,910	0,000	1,000	2,000	0,016	98,000	1,090	2,000	0,200
13	13	47,28170	1,320	2,830	0,100	1,000	2,000	0,400	93,000	2,630	1,000	0,000
14	14	29,16201	1,510	3,000	0,000	2,000	2,000	0,083	87,000	1,180	2,000	0,000
15	15	101,18546	1,620	2,460	0,000	2,000	2,000	0,047	95,000	1,800	2,000	5,500
16	16	53,02088	1,200	3,000	0,200	1,000	4,000	0,026	94,000	1,020	2,000	0,000
17	17	18,68099	1,630	3,000	0,020	1,000	4,000	0,033	89,000	2,110	1,000	0,000
18	18	63,94585	2,000	3,000	0,000	1,000	4,000	0,000	95,000	0,000	2,000	0,000
19	19	42,54308	1,930	3,000	0,020	1,000	4,000	0,062	93,000	0,340	2,000	0,000
20	20	11,98816	1,700	3,000	0,000	2,000	4,000	0,218	82,000	1,440	2,000	3,300
21	21	35,94620	1,750	3,000	0,910	1,000	2,000	0,054	90,000	0,890	2,000	0,000
22	22	1,75000	2,650	2,650	1,000	1,000	3,000	0,010	97,000	1,450	1,000	0,000
23	23	192,90356	1,790	3,000	0,000	2,000	2,000	0,005	97,000	1,000	2,000	0,000
24	24	37,50123	1,600	3,000	0,290	2,000	2,000	0,051	89,000	1,440	2,000	0,000
25	25	54,00764	1,390	3,000	0,000	1,000	2,000	0,021	93,000	0,000	1,000	0,000
26	26	69,55141	2,000	3,000	0,000	2,000	2,000	0,000	95,000	0,000	1,000	0,000
27	27	163,19167	1,680	3,000	1,000	2,000	3,000	0,004	96,000	0,000	1,000	2,000

Рис. 5. Атрибутивная база данных

Fig. 5. Attributive database

Для запуска процедуры ELECTRE TRI подготовлены атрибутивная база данных по всем критериям для выделенных рабочих участков (см. рис. 5), веса критериев (результат процедуры АНР, см. рис. 3). Определяем профили (классы земель согласно FAO), пороги предпочтения, безразличия и вето, а также уровень срезки λ (см. рис. 6).

При пессимистическом сценарии альтернатива a сравнивается с профилями b_i , где $i = p, p-1, \dots, 0$. Если b_h – первый профиль, при котором $a > b_h$, то a относят к категории C_{h+1} . При оптимистическом сценарии альтернатива a сравнивается с профилями b_i , где $i = 1, 2, \dots, p+1$. Если $b_h > a$, то a относят к категории C_h . Когда оценки альтернативы находятся между двумя профилями категории по каждому критерию, то оба сценария относят альтернативу этой категории. Расхождение существует между результатами двух сценариев, когда альтернатива несравнима с одним или несколькими профилями. В таком случае пессимистический сценарий относит альтернативу к более низкой категории, чем оптимистический.

Результатом процедуры являются две карты решений по пессимистическому и оптимистическому сценариям.

При заполнении всех необходимых данных в плагин ELECTRE TRI становится доступным процесс генерации карт решений по пессимистическому (см. рис. 7) и опти-

мистическому (см. рис. 8) сценариям. Результаты анализа представлены в табл. 2.

При пессимистическом сценарии 7% земель от общей территории ЗАО «Мирный» отнесено к наиболее пригодным, 69 – к среднепригодным, 24% – к малопригодным. При оптимистическом сценарии 43% отнесены к наиболее пригодным, 57% – к среднепригодным.

Для сравнения полученных результатов проведен анализ пригодности земель методом взвешенной линейной комбинации или, как его еще называют, методом простого аддитивного взвешивания (SAW). Для этого метода использовали веса критериев, которые определены с помощью процедуры МАИ, атрибутивная база данных (см. рис. 5) нормализована к шкале [0; 1]. Для каждого рабочего участка получен индекс пригодности земли (это и есть взвешенная линейная комбинация), на основании которого каждый участок отнесен к определенному классу пригодности (см. табл. 3). Оказалось, что из 27 участков для 23 класс пригодности совпал с установленным по оптимистическому сценарию (при этом для четырех несовпадавших погрешность была минимальной). Для более половины участков результат отличается от полученного по пессимистическому сценарию. Отсюда можно сделать вывод, что оптимистический сценарий показывает более точный результат.

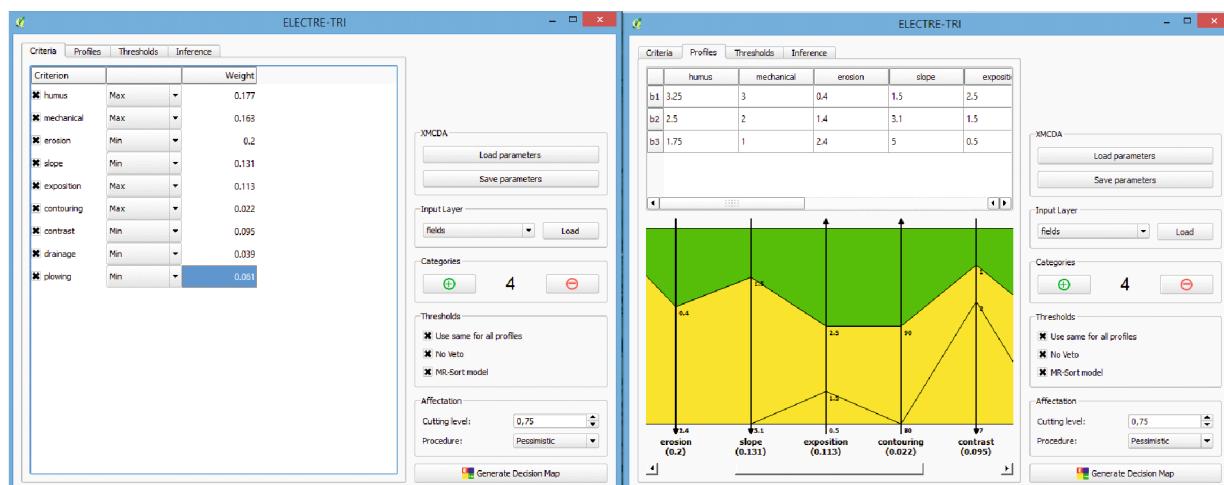


Рис. 6. Окно плагина ELECTRE TRI в QGIS: веса, профили
Fig. 6. ELECTRE TRI plugin window in QGIS: weights, profiles

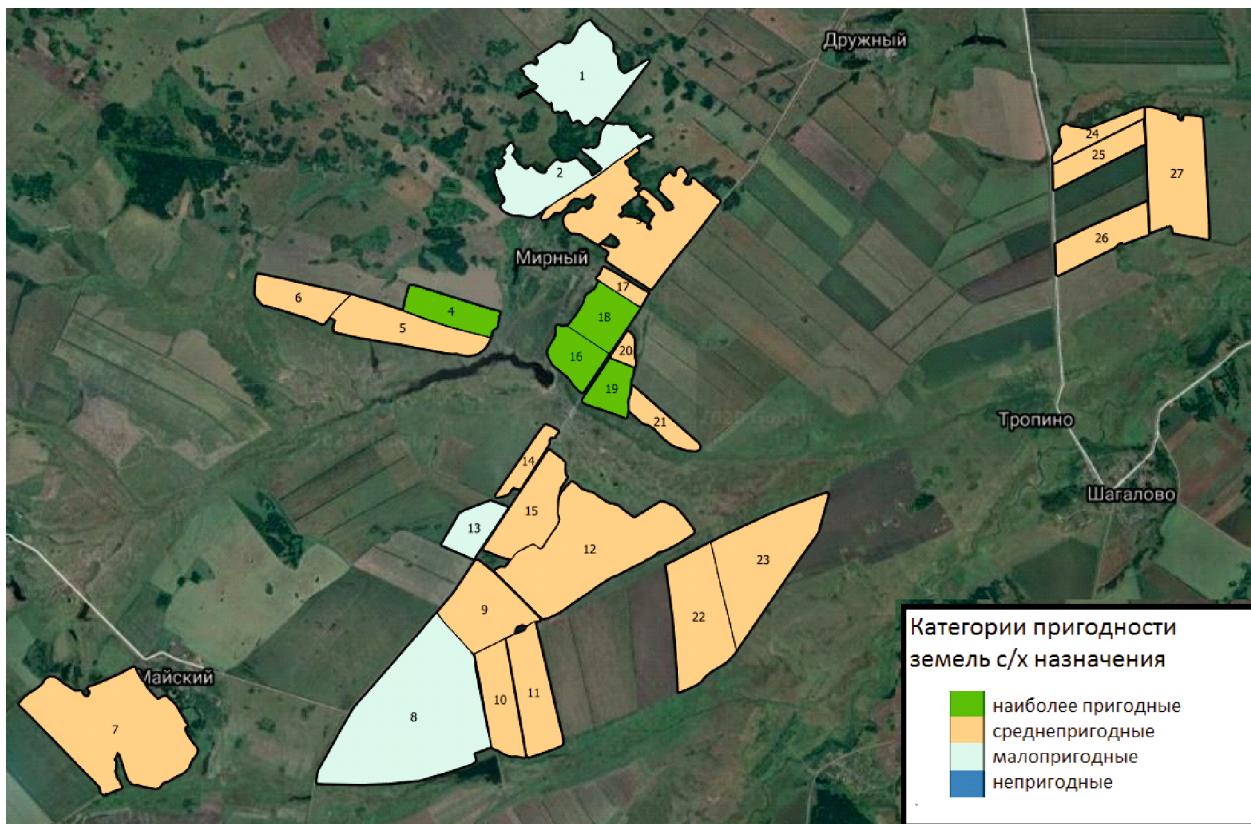


Рис. 7. Карта пригодности земель. Пессимистический сценарий

Fig. 7. Map of land suitability. Pessimistic scenario

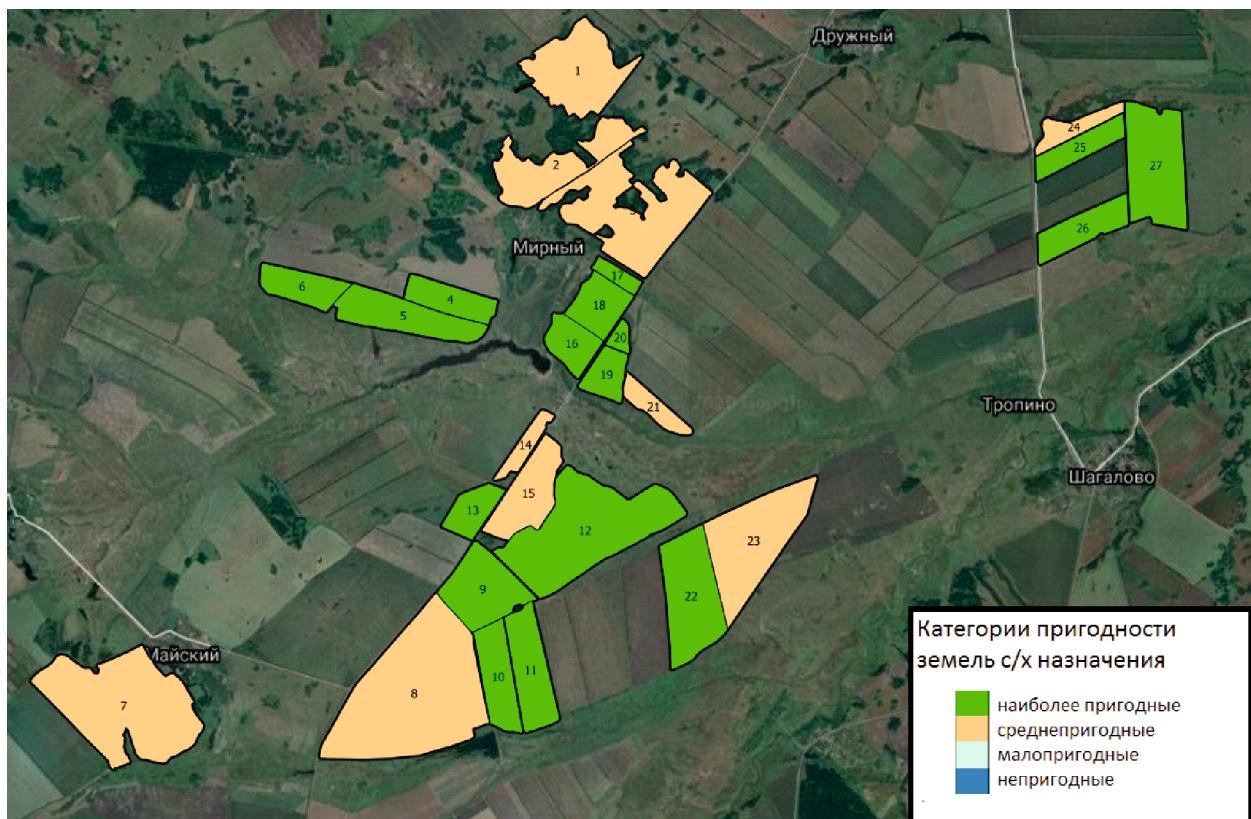


Рис. 8. Карта пригодности земель. Оптимистический сценарий

Fig. 8. Map of land suitability. Optimistic scenario

Табл. 2. Итоговая таблица оценки пригодности земель

Table 2. Final table of the land suitability assessment

Категория пригодности земель	Пессимистический сценарий			Оптимистический сценарий		
	Число участков	Площадь	Процент от общей площади	Число участков	Площадь	Процент от общей площади
Наиболее пригодные	4	220	7	16	1346	43
Среднепригодные	19	2174	69	11	1785	57
Малопригодные	4	737	24	0	0	0
Непригодные	0	0	0	0	0	0

Табл. 3. Результаты анализа пригодности земель методом аддитивного взвешивания

Table 3. Results of the analysis of lands suitability by the method of additive weighting

id	SAW	Оптимистический сценарий	Пессимистический сценарий
1	S2	S2	S3
2	S3	S2	S3
3	S2	S2	S2
4	S1	S1	S1
5	S1	S1	S2
6	S1	S1	S2
7	S1	S2	S2
8	S2	S2	S3
9	S1	S1	S2
10	S2	S1	S2
11	S1	S1	S2
12	S1	S1	S2
13	S2	S1	S3
14	S2	S2	S2
15	S2	S2	S2
16	S1	S1	S1
17	S1	S1	S2
18	S1	S1	S1
19	S1	S1	S1
20	S1	S1	S2
21	S2	S2	S2
22	S1	S1	S2
23	S2	S2	S2
24	S2	S2	S2
25	S1	S1	S2
26	S1	S1	S2
27	S1	S1	S2

В процедурах МАИ и ELECTRE TRI есть вероятность погрешности результатов в силу того, что методы используют экспертные знания и эвристики. В МАИ это происходит при составлении матрицы парных сравнений. Однако согласованность матрицы можно достичь путем корректировки сравнений и отслеживанием выводимых на экран значений индикаторов процедуры, нужные диапазоны для которых известны. В ELECTRE TRI на основании экспертного мнения определяются пороги предпочтения, безразличия и вето, а также уровень срезки λ . Результат процедуры – две карты пригодности земель по оптимистическому и пессимистическому сценарию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целесообразность применения методов многокритериального анализа решений, интегрированных с ГИС, для автоматизации процесса оценки земель для возделывания сельскохозяйственных культур, не вызывает сомнения. Интеграция ГИС и МКАР – оптимальная платформа для разработки пространственных систем поддержки принятия решений. Данное исследование по оценке пригодности земель продемонстрировало перспективность применения МКАР и ГИС для выполнения подобных работ. Кроме того, интеграция с QGIS дает возможность реализовывать все ее вычислительные мощности, что позволяет использовать различные форматы и способы обработки первичных данных. Этот факт является главным отличием данной системы от веб-систем подобного направления, где функционал ГИС сильно ограничен.

Пространственные системы поддержки принятия решений, базирующиеся на интеграции ELECTRE TRI и QGIS, охватывают весь процесс оценки пригодности земель: сбор, обработку и анализ пространственных данных, экспертную оценку критериев (plugin Easy AHP), реализацию многокритериального анализа решений, формирование и визуализацию выходных данных.

В дополнение к используемым методам с целью уточнения, какой из сценариев – пессимистический или оптимистический – имеет большую согласованность с природными условиями хозяйства, т.е. относит альтернативу к наиболее близкой категории пригодности, проведен анализ методом взвешенной линейной комбинации (SAW). По результатам SAW, 85% рабочих участков получили ту же категорию пригодности, что и при генерации карты по оптимистическому сценарию. Совпадения с пессимистическим сценарием составило 44%. Можно сделать вывод, что реализация оптимистического сценария более близко отражает качественные характеристики рабочих участков.

Основные проблемы выполнения данного исследования связаны со сложностью получения пространственных данных по выбранным параметрам, процессом их цифровизации и стандартизации. Эта проблема может быть решена путем внесения изменений в перечень критериев, информация по которым доступна в глобальных базах данных (например, Google Earth Engine). Опыт зарубежных исследований показывает, что для выполнения работ подобного рода более целесообразно применять именно такие данные.

Следует также отметить, что ELECTRE TRI и МАИ подразумевают формализацию экспертных знаний. В связи с этим возможны проблемы, связанные с их качеством, например, выбор критериев может недостаточно полно (точно) характеризовать требования культур и их некорректное ранжирование. Однако даже с учетом имеющихся проблем интеграция ГИС и МКАР имеет большие перспективы по автоматизации процессов оценки пригодности земель для возделывания сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Muslihudin M., Susanti T.S., Maseleno A.* The priority of rural road development using fuzzy logic based simple additive weighting // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. Vol. 118. N 8. P. 9–16. DOI: 2018-118-7-9/articles/8/2.pdf.
2. *Wang Y.M., Elhag T.M.S.* Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment // Expert systems with applications. 2006. Vol. 31. N 2. P. 309–319. DOI: 10.1016 / j.eswa.2005.09.040.
3. *Figueira J.R., Greco S., Roy B., Słowiński R.* ELECTRE methods: main features and recent developments // Handbook of multicriteria analysis. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010. P. 51–89. DOI: 10.1007/978-3-540-92828-7_3.
4. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий: монография, М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
5. *Осипов В.П., Судаков В.А.* Многокритериальный анализ решений при нечетких областях предпочтений // Препринты Института прикладной математики РАН им. М.В. Келдыша. 2017. № 6. С. 6–16. DOI: 10.20948/prergr-2017-6.
6. *Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н.* Принятие решений в условиях неопределенности: монография. М.: Горячая линия-Телеком, 2015. 283 с.
7. *Куликова М.А., Ломазов В.А., Оганова И.Б., Петросов Д.А., Ступаков А.Г.* Многокритериальная оценка и выбор земельных ресурсов агробизнес-проектов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 7. С. 36–38.
8. *Яцало Б.И., Диденко В.И., Грицюк С.В., Мирзебабасов О.А., Пичугина И.А.* Управление землепользованием с применением многокритериальной системы поддержки принятия решений Decerns // Вестник РАЕН. 2013. № 2. С. 66–74.
9. *Бутовец Е.С.* Многокритериальная оценка сортов сои на заключительном этапе селекции // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. № 2 (34). С. 13–16.
10. *Алабушев А.В., Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А., Шиширова Е.А., Ковтунов В.В.* Использование многокритериальной оценки в селекции сорго сахарного // Земледелие. 2019. № 2. С. 39–41. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10211.

11. Kumar T., Jharia D.C. Land quality index assessment for agricultural purpose using multi-criteria decision analysis (MCDA) // *Geocarto International*. 2015. Vol. 30. N 7. P. 822–841. DOI: 10.1080/10106049.2014.997304.
12. Диденко В.И., Яцало Б.И., Грицюк С.В., Мирзебабасов О.А., Пичугина И.А. Управление территориями на основе анализа рисков с использованием многокритериальной ГИС поддержки принятия решений // *Известия вузов. Ядерная энергетика*. 2013. № 2. С. 143–152.
13. Chen Y., Yu J., Khan S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation // *Environmental modelling & software*. 2010. Vol. 25. N 12. P. 1582–1591. DOI: 10.1016/j.envsoft.2010.06.001.
14. Mishra A.K., Deep S., Choudhary A. Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS // *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2015. Vol. 18. N 2. P. 181–193. DOI: 10.1016/j.ejrs.2015.06.005.
15. Yalew S.G., Van Griensven A., van der Zaag P. AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2016. Vol. 128. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.compag.2016.08.008.
16. Руди Б.А., Махм Б.А. Оценка технологических свойств земли. Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1976. 118 с.
17. Юодис Ю.К. О структуре почвенного покрова Литовской ССР // *Почвоведение*. 1967. № 11. С. 50–55.
18. Corrente S., Greco S., Słowiński R. Multiple criteria hierarchy process for ELECTRE Tri methods // *European Journal of Operational Research*. 2016. Vol. 252. N 1. P. 191–203. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.053.
19. Mendas A., Delali A. Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2012. Vol. 83. P. 117–126. DOI: 10.1016/j.compag.2012.02.003.
20. Mendas A., Delali A., Khalfallah M., Likou L., Gacemi M.A., Boukrentach H., Djilali A., Mahmoudi R. Improvement of land suitability assessment for agriculture – application in Algeria // *Arabian Journal of Geosciences*. 2014. Vol. 7. N 2. P. 435–445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0860-2>
21. Sobrie O., Pirlot M. Implementation of ELECTRE TRI in an Open Source GIS // European Working Group «Multiple Criteria Decision Aiding». Newsletter. 2012. Series 3, 26, P. 15–18. http://olivier.sobrie.be/papers/ewg_2012_sobrie_pirlot.pdf.

REFERENCES

1. Muslihudin M., Susanti T.S., Maselino A. The priority of rural road development using fuzzy logic based simple additive weighting. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2018, vol. 118, no. 8, pp. 9–16. DOI: 2018-118-7-9/articles/8/2.pdf.
2. Wang Y.M., Elhag T.M.S. Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert systems with applications*, 2006, vol. 31, no. 2, pp. 309–319. DOI: 10.1016/j.eswa.2005.09.040.
3. Figueira J.R., Greco S., Roy B., Słowiński R. ELECTRE methods: main features and recent developments. *Handbook of multicriteria analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010, pp. 51–89. DOI: 10.1007/978-3-540-92828-7_3.
4. Saati T. Decision making. *Analytic hierarchy process*. M.: Radio i svyaz' = Radio and Communications, 1993, 278 p. (In Russian).
5. Osipov V.P., Sudakov V.A. Multi-criteria decision analysis with fuzzy preference areas. *Preprinty Instituta prikladnoj matematiki RAN im. M.V. Keldysha = Keldysh Institute Preprints of Applied Mathematics RAS*, 2017, no. 6, pp. 6–16. (In Russian). DOI: 10.20948/prepr-2017-6.
6. Demidova L.A., Kirakovskij V.V., Pyl'kin A.N. *Decision making under conditions of uncertainty*. M.: Goryachaya liniya-Telekom = Hotline-Telecom, 2015, 283 p. (In Russian).
7. Kulikova M.A., Lomazov V.A., Oganova I.B., Petrosov D.A., Stupakov A.G. Multi-criteria assessment and selection of land resources for agribusiness projects. *Vestnik Kurskogo gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*, 2013, no. 7, pp. 36–38. (In Russian).
8. Yacalo B.I., Didenko V.I., Gricyuk S.V., Mirzeabasov O.A., Pichugina I.A. Land use management with implementation of multi-criteria decision support system Decerns. *Vestnik RAEN = Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*, 2013, no. 2, pp. 66–74. (In Russian).
9. Butovec E.S. Multicriteria evaluation of soybean varieties on the final selection stage. *Dal'nnevostochnyj agrarnyj vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2015, no. 2 (34), pp. 13–16. (In Russian).

10. Alabushev A.V., Romanyukin A.E., Kovtunova, N.A., Shishova, E.A., Kovtunov V.V. The use of multi-criteria estimation in sweet sorghum breeding. *Zemledelie*, 2019, no. 2, pp. 39–41. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10211. (In Russian).
11. Kumar T., Jhariya D.C. Land quality index assessment for agricultural purpose using multi-criteria decision analysis (MCDA). *Geocarto International*, 2015, vol. 30, no. 7, pp. 822–841. (In Russian). DOI: 10.1080/10106049.2014.997304.
12. Didenko V.I., YAcalo B.I., Gricyuk S.V., Mirzeabasov O.A., Pichugina I.A. Environmental risk management with the use of multi-criteria GIS for decision-making support. *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika*, 2013, no. 2, pp. 143–152. (In Russian).
13. Chen Y., Yu J., Khan S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environmental modelling & software*, 2010, vol. 25, no. 12, pp. 1582–1591. DOI: 10.1016/j.envsoft.2010.06.001.
14. Mishra A.K., Deep S., Choudhary A. Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 2015, vol. 18, no. 2, pp. 181–193. DOI: 10.1016/j.ejrs.2015.06.005.
15. Yalew S.G., Van Griensven A., van der Zaag P. AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, vol. 128, pp. 1–8. DOI: 10.1016 / j.compag.2016.08.008.
16. Rudi V.A., Maht V.A. *Assessment of technological properties of the earth*. Omsk: Zapadno-Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo = West Siberian Book Publishing House, 1976, 118 p. (In Russian).
17. Yuodis Y.U.K. On the structure of the soil cover of the Lithuanian SSR. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 1967, no. 11, pp. 50–55. (In Russian).
18. Corrente S., Greco S., Słowiński R. Multiple criteria hierarchy process for ELECTRE TRI methods. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 252, no. 1, pp. 191–203. DOI: 10.1016 / j.ejor.2015.12.053.
19. Mendas A., Delali A. Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, vol. 83, pp. 117–126. DOI: 10.1016 / j.compag.2012.02.003.
20. Mendas A., Delali A., Khalfallah M., Likou L., Gacemi M.A., Boukrentach H., Djilali A., Mahmoudi R. Improvement of land suitability assessment for agriculture – application in Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 2014, vol. 7, no. 2, pp. 435–445. DOI: 10.1007/s12517-013-0860-2.
21. Sobrie O., Pirlot M. Implementation of ELECTRE TRI in an Open Source GIS. *European Working Group «Multiple Criteria Decision Aiding»*. Newsletter. 2012, Series 3, vol. 26, P. 15–18. DOI: olivier.sobrie.be/papers/ewg_2012_sobrie_pirlot.pdf.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: kvk@ngs.ru

Логачёва О.М., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник; e-mail: omboldovskaya@mail.ru

Сигитов А.А., младший научный сотрудник; e-mail: sigit1995@mail.ru

Гарафутдинова Л.В., младший научный сотрудник; e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Vladimir K. Kalichkin, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher; address: PO Box 463, SFSCARAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: yura011@yandex.ru, e-mail: kvk@ngs.ru

Olga M. Logachova, Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher; e-mail: omboldovskaya@mail.ru

Alexandr A. Sigitov, Junior Researcher; e-mail: sigit1995@mail.ru

Ludmila V. Garafutdinova, Junior Researcher; e-mail: lv.garafutdinova@mail.ru

Дата поступления статьи 10.08.2020
Received by the editors 10.08.2020

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ТУЛОВИЩА ПО ЛИНЕЙНЫМ ПРИЗНАКАМ СКОТА ИРМЕНСКОГО ТИПА

¹Петров А.Ф., ¹Камалдинов Е.В., ¹Панферова О.Д., ²Ефремова О.В., ²Рогозин В.А.

¹*Новосибирский государственный аграрный университет,*
Новосибирск, Россия

²*Племенной завод «Ирмень»*
Новосибирская область, с. Верх-Ирмень, Россия

Представлены результаты моделирования изменчивости комплексного признака «объем туловища» по линейным признакам, измеряемым по 10-балльной шкале согласно действующей инструкции по бонитировке крупного рогатого скота молочных и молочно-мясных пород. Объект исследований – комплексный показатель «объем туловища» крупного рогатого скота ирменского типа. Экстерьер скота оценен специалистами на коллегиальной основе. Полученные модели позволили выявить группу экстерьерных признаков, связанных с изменчивостью изучаемого показателя и выявляли погрешности в работе оценщиков. Решение поставленных задач осуществлялось с использованием множественных линейных, полиномиальных, степенных и логарифмических регрессионных моделей. Установлено, что множественные линейные регрессионные модели достаточно точно описывают норму реакции объема туловища. Диаграммы распределения остатков сделали возможным контролировать качество оценки бонитеров и корректировать их дальнейшую работу. Наиболее близкой к линейной отмечена логарифмическая модель. Значения остатков в большинстве случаев оказались близки к нулю, что объяснялось низким уровнем изменчивости используемых показателей. Выявлено, что применение разных уровней степенных порядков в моделировании изменчивости объема туловища в баллах может приводить к появлению необъяснимых с биологической точки зрения связей с такими линейными показателями, как расположение передних сосков, расположение задних сосков, прикрепление передних долей и положение дна вымени. Построение диаграммы рассеяния обнаружило высокий уровень варьирования остатков и привело к выводу о нецелесообразности внедрения моделей степенного ряда в практическую работу зоотехников-селекционеров. Показан незначительный вклад изучаемых линейных признаков в варьирование исследуемого комплексного признака. Высокая внутригрупповая дисперсия при построении полиномиальных моделей второго, четвертого порядков отражалась в самых низких значениях критерия Фишера.

Ключевые слова: сельское хозяйство, крупный рогатый скот, ирменский тип, селекция, линейная оценка, математические модели

BODY VOLUME MODELING BY LINEAR FEATURES OF THE IRMEN TYPE CATTLE

¹Petrov A.F., ¹Kamaldinov E.V., ¹Panferova O.D., ²Efremova O.V., ²Rogozin V.A.

¹*Novosibirsk State Agrarian University*
Novosibirsk, Russia

²*Breeding plant «Irmен»*
Novosibirsk region, Verkh-Irmen village, Russia

The results of modeling the variability of the complex trait "body volume" by linear traits measured on a 10-point scale in accordance with the current instructions for cattle grading of dairy and dairy-beef breeds are presented. The object of research is the complex indicator "body volume" of Irmen type cattle. The exterior of the livestock was evaluated by experts on a collegial basis. The models obtained made it possible to identify a group of exterior features associated with the variability of the studied trait and to identify errors in the work of the evaluators. The tasks were solved using multiple linear, polynomial, power and logarithmic regression models. It was found that multiple linear regression models accurately describe the norm reaction of the body

volume response. Residue distribution diagrams made it possible to control the quality of appraisers' assessment and adjust their further work. The logarithmic model was marked as closest to linear. The residues in most cases turned out to be close to zero, which was explained by the low level of variability of the traits used. It was revealed that the use of different levels of power orders in modeling the variability of the body volume in points can lead to the emergence of biologically inexplicable relationships with such linear features as the location of the front teats, the location of the rear teats, attachment of the anterior lobes and the position of the bottom of the udder. The construction of the scatter diagram revealed a high level of variation in the residues and led to the conclusion that it was inexpedient to introduce power series models into the practical work of livestock breeders. The insignificant contribution of the studied linear features to the variation of the complex feature under study is shown. High intra-group variance in the construction of second- and fourth-order polynomial models was reflected in the lowest values of the Fisher criterion.

Keywords: agriculture, cattle, Irmenskaya type, animal breeding, linear model, mathematical models

Для цитирования: Петров А.Ф., Камалдинов Е.В., Панферова О.Д., Ефремова О.В., Рогозин В.А. Моделирование объема туловища по линейным признакам скота ирменского типа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 106–114. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-12>

For citation: Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V., Rogozin V.A. Body volume modeling by linear features of the Irmenskaya type cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 106–114. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит интенсификация внедрения и использования передовых информационных технологий в области сельского хозяйства [1, 2]. Цифровые технологии позволяют улучшить первичный электронный зоотехнический учет, качество и глубину прогноза. Многие этапы отбора и подбора стали осуществляться с применением элементов прикладной биоинформатики и биометрического моделирования [3, 4]. Создаваемые многомерные математические модели как параметрического, так и непараметрического характера, способствуют улучшению контроля и повышению точности прогноза степени инбридинга и молочной продуктивности пробандов с использованием разных видов первичных данных [5]. Профильные специалисты получили инструментальную возможность оценки и верификации родословных вплоть до родоначальников генеалогических линий средствами прикладной информатики, математики и моделирования биологических процессов [6–8].

Отбор животных по комплексу признаков с использованием селекционных индексов

является основным инструментом в племенной работе [9–11]. В настоящее время требуется повышение качества фенотипических данных скота, в том числе при использовании перспективных инструментов трехмерного моделирования [12]. Наиболее ценные особи, отбираемые на каждом этапе оценки животного, позволяют усилить давление искусственного отбора по ряду хозяйствственно полезных признаков в популяциях молочного скота [13].

Линейная оценка экстерьера сельскохозяйственных животных требует высокой квалификации оценщика и часто носит субъективный характер. Некоторые аспекты такой работы можно скорректировать внедрением подходящих математических моделей. Интересной представляется обоснованность выставления бонитером комплексных баллов, измеряемых по 10-балльной шкале: объем туловища, вымя, конечности, молочный тип и общий вид.

Цель исследований – оценить возможную связь линейных признаков экстерьера скота ирменского типа, измеряемых в 10-балльной шкале с комплексными признаками на примере объема туловища.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в период с июня 2019 г. по июль 2020 г. в ЗАО племзавод «Ирмень». Оценено более 800 гол. маточного поголовья. В качестве инструмента расчета использован язык программирования *R*, в среде которого описан алгоритм для построения математических моделей и проведения статистического анализа исходных данных [14, 15].

Изучены рекомендуемые показатели линейной оценки: рост (Р), глубина туловища (ГТ), крепость телосложения (КТ), молочные формы (МФ), длина крестца (ДК), положение таза (ПТ), ширина таза (ШТ), обмускуленность (ОБМ), постановка задних конечностей (вид сбоку) КЗСБ, угол копыта (УК), длина передних долей (ДПД), высота прикрепления задних долей (ВПЗД), прикрепление передних долей (ППД), ширина задних долей вымени (ШЗД), центральная связка (ЦС), положение дна вымени (ПДВ), расположение передних сосков (РПС), длина сосков (ДС), расположение задних сосков (РЗС), баланс вымени (БВ), постановка задних конечностей сзади (КЗСЗ), выраженность молочных вен (ВМВ), ширина груди (ШГ). Линейная оценка экстерьера скота проведена группой независимых экспертов.

Применены множественные линейные, полиномиальные, степенные и логарифмические регрессионные модели. Случайные факторы во внимание не принимали, так как задачей настоящего исследования являлась оценка роли показателей линейной оценки, измеряемых по 10-балльной системе в изменчивости объема туловища (ОТ). С целью сравнения моделей вычисляли информационные критерии. Критерием для включения того или иного предиктора выступал уровень статистической значимости ($p \leq 0,05$). Поиск оптимальных моделей осуществлялся с использованием критерии Акаике и Шварца. Применение логарифмической регрессии обусловлено сходством распределения ОТ с логнормальным.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Точность прогноза любого количественного признака зависит от влияния ряда факторов, совокупность и взаимодействие которых играют ключевую роль. Наряду с этим, важным представляется оценка роли нелинейных преобразований и интерпретируемость полученных результатов как с математической, так и с биологической точки зрения. Зависимые и независимые признаки в основном обладали низким уровнем изменчивости. Это объяснялось высоким уровнем консолидации популяции скота ирменского типа вследствие интенсивного отбора. Данные особенности влияют на возможности математического прогноза. В этой связи предпринята попытка смоделировать уровень комплексного показателя экстерьера ОТ. Этот показатель занимает минимальный вес (0,1) в общей оценке животного согласно существующим порядку и условию проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного направления продуктивности¹.

Первым этапом исследования являлось построение множественной линейной регрессионной модели

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{k-1} x_{k-1} + e_i,$$

где β_0 – свободный член уравнения; $\beta_1, \beta_2, \beta_{k-1}$ – регрессионные коэффициенты (угловые коэффициенты); x_1, x_2, x_{k-1} – значения соответствующие зависимым признакам; e_i – средовая компонента.

Список предикторов определялся значениями уровня статистической значимости. При каждой итерации оставляли только независимые признаки со значимыми коэффициентами регрессии.

Полученная модель включала восемь независимых признаков (см. табл. 1). Наибольшее влияние на объем туловища оказали такие предикторы, как рост, глубина туловища, крепость телосложения, что объяснимо с биологической точки зрения. Меньший вклад вносили такие независимые призна-

¹Приказ № 379 Министерства сельского хозяйства РФ от 28.10.2010.

ки, как длина крестца, центральная связка и расположение передних сосков. Их угловые коэффициенты (β) отличались от таких из первого списка признаков более, чем в 2 раза. Факторы отбирались в модель без участия оператора, основываясь на величине ошибки первого рода. Незначимые эффекты исключались из модели в автоматическом режиме.

Отмечены такие факторы, как ЦС и РПС, которые не всегда можно связать с зависимым признаком ОТ. По этим предикторам значения коэффициентов регрессии, а также их стандартных ошибок (β_{SE}) зарегистрированы наименьшими.

Табл. 1. Линейная регрессионная модель

Table 1. Linear regression model

Предиктор	β_0	β	β_{SE}	<i>t</i>	<i>p</i>
ГТ		1,67	0,28	5,981	< 0,001
Р		1,44	0,19	7,435	< 0,001
КТ		1,09	0,51	2,162	0,031
МФ	59,9	0,96	0,23	4,167	< 0,001
РПС		0,41	0,18	2,287	0,022
ДК		-0,46	0,21	-2,221	0,027
ЦС		-0,56	0,08	-6,922	< 0,001
ШГ		-1,33	0,37	-3,579	< 0,001

Примечание. β_{SE} – стандартная ошибка коэффициента регрессии; *t* – значение *t*-критерия; *p* – уровень статистической значимости.

Использование полиномов нечетного порядка обнаружило отсутствие членов нелинейного уравнения справа. Построение подобных моделей с использованием четных порядков приводило к появлению регрессионной зависимости, сопоставимой с линейной (см. рис. 1, 2).

Структура независимых признаков в полиномиальных моделях (см. табл. 2) не позволяла объяснить с биологической точки зрения их роль в изменчивости ОТ. Примечательная особенность таких моделей – присутствие только тех признаков, которые характеризовали вымя. Независимые признаки при построении полиномиальных

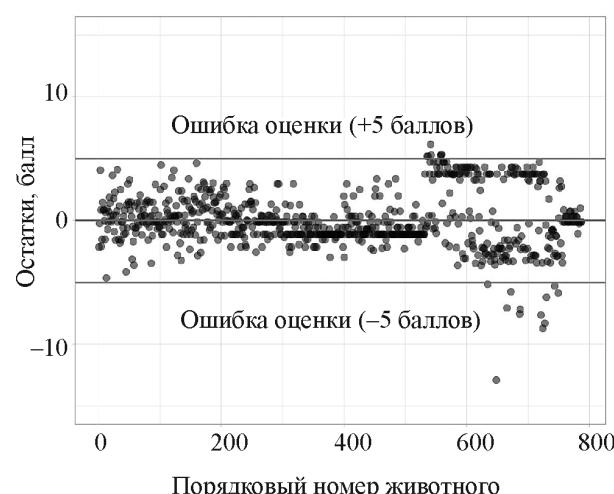


Рис. 1. Линейная регрессия

Fig. 1. Linear regression

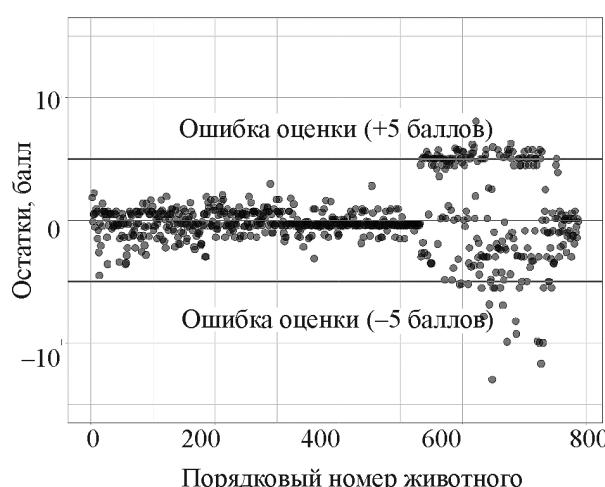


Рис. 2. Полиномиальная регрессия второго и четвертого порядков

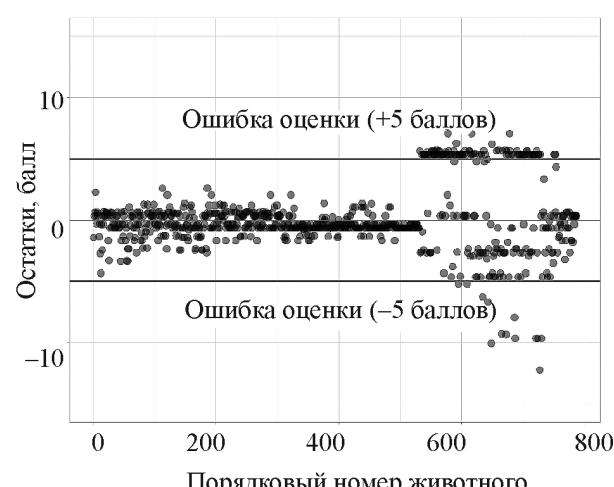


Fig. 2. The second and fourth order polynomial regression

Табл. 2. Полиномиальные регрессионные модели**Table 2.** Polynomial regression models

Предиктор	β_0	β	β_{SE}	t	p
<i>Полиномиальная регрессия второго порядка</i>					
ППД (первый порядок)*	74,1	-3,01	1,31	-2,291	0,022
ППД (второй порядок)*		0,19	0,09	2,195	0,028
ПДВ (первый порядок)*		3,14	0,69	4,531	< 0,001
ПДВ (второй порядок)*		-0,29	0,06	-4,655	< 0,001
РПС (первый порядок)*		5,02	1,67	2,999	0,003
РПС (второй порядок)*		-0,42	0,15	-2,849	0,004
РЗС (первый порядок)		1,70	1,05	1,608	0,108
РЗС (второй порядок)		-0,15	0,08	-1,798	0,072
<i>Полиномиальная регрессия четвертого порядка</i>					
РПС (первый порядок)	141,0	-82,9	61,2	-1,35	0,176
РПС (второй порядок)		25,6	16,9	1,513	0,130
РПС (третий порядок)		-3,32	2,03	-1,635	0,102
РПС (четвертый порядок)		0,15	0,09	1,726	0,085
РЗС (первый порядок)*		34,1	13,8	2,480	0,013
РЗС (второй порядок)*		-9,77	3,96	-2,467	0,014
РЗС (третий порядок)*		1,19	0,49	2,445	0,014
РЗС (четвертый порядок)*		-0,05	0,02	-2,434	0,015

* Предикторы, вносящие значимый вклад в изменчивость зависимого признака.

моделей четного порядка, с биологической точки зрения не увязываются с объемом туловища. Однако получаемые модели подобны линейной, это связано с невысоким уровнем изменчивости признака.

Наряду с приведенной выше оценкой линейной и полиномиальных моделей следует охарактеризовать роль логарифмических и степенных преобразований исходных данных в степени варьирования зависимой переменной (см. табл. 3).

Примечательной особенностью списка предикторов логарифмической модели отмечено их полное соответствие таковым в линейной модели, за исключением признака КЗСБ. Учитывая природу такого нелинейного преобразования, можно наблюдать низкие значения угловых коэффициентов по сравнению со всеми построенным моделями. Визуализация диаграммы рассеяния выявила распределение остатков, почти полностью совпадающее с прогнозируемым. Несмотря на полученные результаты, рассматриваемый вариант модели не рекомендован с целью прогноза ОТ, так как отмечено высокое фенотипическое сходство большинства оцененных особей по этому показателю.

Табл. 3. Логарифмические и степенные преобразования**Table 3.** Logarithmic and power transformations

Предиктор	β_0	β	β_{SE}	t	p
<i>Логарифмическая регрессия</i>					
ГТ	3,85	0,16	0,03	5,73	< 0,001
Р		0,13	0,02	7,04	< 0,001
МФ		0,09	0,02	4,29	< 0,001
КЗСБ		0,02	0,01	1,85	0,064
РПС		0,02	0,01	2,30	0,021
ЦС		-0,02	0,003	-5,84	< 0,001
ДК		-0,04	0,02	-2,15	0,032
ШГ		-0,08	0,02	-3,03	0,002
<i>Степенная регрессия (x_i^2)</i>					
ГТ	2888	291,5	48,9	5,97	< 0,001
Р		260,2	33,8	7,70	< 0,001
КТ		189,0	88,5	2,14	0,033
МФ		167,9	40,6	4,13	< 0,001
ДК		85,9	36,1	-2,38	0,017
РПС		68,9	31,2	2,21	0,027
ЦС		-108,1	14,2	-7,63	< 0,001
ШГ		-227,2	64,8	-3,51	< 0,001
<i>Степенная регрессия (x_i^3)</i>					
ГТ	49 188	38 199	6469	5,91	< 0,001
Р		35 288	4475	7,89	< 0,001
КТ		24 583	11 722	2,10	0,036
МФ		21899	5380	4,07	< 0,001
РПС		8845	4130	2,14	0,033
ДК		-11 979	4777	-2,51	0,012
ЦС		-15 531	1876	-8,28	< 0,001
ШГ		-29 339	8574	-3,42	< 0,001

Заключительным этапом исследований стала проверка возможного влияния степенных преобразований на структуру предикторов и точность дальнейшего прогноза. Результаты исследований показали практически тот же набор независимых эффектов, что и на предыдущих этапах работы, независимо от величины степенного ряда (см. табл. 3). При построении диаграммы рассеяния обнаружен высокий уровень разброса остатков относительно линии регрессии. С увеличением степенного порядка распределения остатков в двумерном пространстве зафиксировано значительное увеличение остаточной дисперсии.

При оценке коэффициентов детерминации установлен вклад независимых изучаемых эффектов в варьировании зависимого признака ОТ (см. табл. 4). Отмечена высокая

внутригрупповая дисперсия при построении полиномиальных моделей второго и четвертого порядков. Это отражалось в самых низких уровнях критерия Фишера. Самое высокое качество моделей, согласно информационным критериям Акаике и Шварца, характерно для линейной и логарифмической регрессии. Наименее эффективными оказались степенные модели, что подтверждается полученным ранее результатом.

Все построенные модели имели высокую статистическую значимость. Данный факт можно объяснить большим объемом совокупностей и дискретным характером распределения исходных данных.

Оценка построенной линейной модели дополнена показателями описательной статистики вовлеченных признаков (см. табл. 5).

Табл. 4. Сравнительная характеристика моделей
Table 4. Comparative characteristics of the models

Модель	<i>F</i>	<i>R</i> ²	<i>R</i> ² _{adj}	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>	<i>p</i>
Линейная	38,3	0,283	0,275	3642	3689	< 0,001
Полиномиальная регрессия второго порядка	5,14	0,050	0,040	3863	3910	< 0,001
Полиномиальная регрессия четвертого порядка	3,42	0,034	0,02402	3876	3923	0,001
Логарифмическая регрессия	35,5	0,267	0,2598	3366	3319	< 0,001
Степенная регрессия (x_i^2)	40,0	0,291	0,2841	11768	11814	< 0,001
Степенная регрессия (x_i^3)	42,0	0,298	0,2903	19458	19505	< 0,001

Примечание. *F* – значение критерия Фишера; *R*² – значение коэффициента детерминации; *R*²_{adj} – уточненное значение коэффициента детерминации; *AIC* – значение критерия Акаике; *BIC* – значение критерия Шварца.

Табл. 5. Степень выраженности и варьирование признаков
Table 5. The intensity and variation of the traits

Предиктор	Эталонное значение	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>Me</i>	<i>Range</i>	<i>Q</i> ₁	<i>Q</i> ₃	<i>IQR</i>	<i>Cv</i>
ОТ	90	$89,4 \pm 0,102$	89	35	89	90	1	3,2
Р	8	$8,57 \pm 0,02$	9	2	8	9	1	6,6
ГТ	7	$8,81 \pm 0,014$	9	2	9	9	0	4,5
КТ	7	$7,03 \pm 0,007$	7	3	7	7	0	2,7
МФ	8	$8,74 \pm 0,017$	9	2	9	9	0	5,5
ДК	9	$8,74 \pm 0,017$	9	3	9	9	0	5,5
ЦС	9	$4,61 \pm 0,04$	5	6	4	5	1	24
РПС	5	$5,1 \pm 0,018$	5	5	5	5	0	9,8
ШГ	7	$6,97 \pm 0,009$	7	3	7	7	0	3,8

Примечание. *Me* – значение медианы; *Range* – разница между максимальным и минимальными значениями; *Q*₁ – квартиль 1; *Q*₃ – квартиль 3; *IQR* – межквартильный размах; *Cv* – коэффициент вариации.

Характерная особенность черно-пестрой породы скота ирменского типа, выражавшаяся в высокой степени консолидации по показателям экстерьера, отражалась в низких уровнях коэффициентов вариации и межквартильных размахах. Сопоставление медиан, рассчитанных по линейным признакам, с эталонными значениями позволило расположить линейные признаки в следующем порядке по степени убывания сходства: ДК-Р-КТ-ШГ-РПС-ГТ-ЦС-МФ. Только один признак (ЦС) из представленного списка по своей величине отличался от эталонного, что в очередной раз свидетельствовало о высоком уровне селекционно-племенной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценена линейная и нелинейная зависимость признаков экстерьера и объема туловища в популяции скота ирменского типа. С помощью моделей отобраны линейные признаки, игравшие существенную роль в изменчивости объема туловища. Установлено, что использование нелинейных преобразований привело либо к снижению уровней коэффициентов детерминации, либо к необъяснимому с биологической точки зрения набору предикторов. Низкие значения коэффициентов детерминации обусловлены тем, что вариативность признаков имела незначительный характер вследствие высокого давления искусственного отбора. Результаты исследований позволяют совершенствовать работу экспертов в области экстерьерной оценки и повысить качество исходных фенотипических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камалдинов Е.В., Дементьев В.Н., Гарт В.В. Использование информационных технологий в племенном свиноводстве // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2012. Т. 22. № 1. С. 50–54.
2. Marinchenko T.E. Digitalization as a driver of development of domestic animal breeding // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 873. P. 012004. DOI: 10.1088/1757-899X/873/1/012004.
3. Katkov K., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Pashtetsky A.V., Ostapchuk P.S. Mathematical prediction of breeding value in sheep // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. N 6, P. 1645–1649.
4. Singh S., Gautam B., Rao A., Tandon G., Kaur S. Bioinformatics Approaches for Animal Breeding and Genetics // Current trends in Bioinformatics: An Insight. Singapore. 2018. P. 287–306. DOI: 10.1007/978-981-10-7483-7_17.
5. Faid-Allah E. Multi-trait and multi-source selection indices for milk production and reproductive traits in a herd of Holstein cattle in Egypt // Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner. 2015. Vol. 20. N 3, P. 159–167. DOI: 10.14334/JITV.V20I3.1182.
6. Addo S., Schäler J., Hinrichs D., Thaller G. Genetic Diversity and Ancestral History of the German Angler and the Red-and-White Dual-Purpose Cattle Breeds Assessed through Pedigree Analysis // Agricultural Sciences. 2017. Vol. 8. N 9, P. 1033–1047. DOI: 10.4236/as.2017.89075.
7. García-Ruiz A., Wiggans G.R., Ruiz-López F.J. Pedigree verification and parentage assignment using genomic information in the Mexican Holstein population // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102. N 2, P. 1806–1810. DOI: 10.3168/jds.2018-15076.
8. Moore K.L., Vilela C., Kaseja K., Mrode R., Coffey M. Forensic use of the genomic relationship matrix to validate and discover livestock pedigrees // Journal of Animal Science. 2019. Vol. 97. N 1, P. 35–42. DOI: 10.1093/jas/sky406.
9. Мельникова Е.Е., Янчуков И.Н., Ермилов А.Н., Зиновьева Н.А., Осадчая О.Ю., Харитонов С.Н. Селекционный индекс племенной ценности коров популяции черно-пестрого скота Московской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 85–97.
10. Янчуков И.Н., Сермягин А.А., Мельникова Е.Е., Немчинова М.В., Харитонов С.Н. Комплексная оценка молочного скота на основе селекционного индекса // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. Т. 20. № 1. С. 13–21.
11. Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries // Journal of Dairy Science. 2005.

- Vol. 88, N 3, P. 1255–1263. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2.
12. Viana J.H.M., Bartolo P.J.D.S. New applications of three-dimensional data acquisition, modelling, and printing in animal sciences: a case report // Singapore: Progress in Additive Manufacturing. 2016. P. 122–127.
13. Soloshenko V.A., Popovski Z., Goncharenko G.M., Petukhov V.L., Grishina N.B., Shishin N.I., Kamaldinov E.V. Association of polymorphism of κ -casein gene and its relationship with productivity and qualities of a cheese production // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. N 5, P. 982–989.
14. Камалдинов Е.В. Каноническая дискриминантная модель влияния генотипа отца на некоторые интерьерные показатели его потомков у свиней // Вестник КрасГАУ. 2012. № 1. С. 117–122.
15. Камалдинов Е.В., Короткевич О.С. Каноническая дискриминантная модель межпопородных дифференциаций свиней по биохимическим и гематологическим параметрам крови // Аграрная Россия. 2011. № 5. С. 8–12.
- ductive traits in a herd of Holstein cattle in Egypt. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 2015, vol. 20, no. 3, pp. 159–167. DOI: 10.14334/JITV.V20I3.1182.
6. Addo S., Schäler J., Hinrichs D., Thaller G. Genetic Diversity and Ancestral History of the German Angler and the Red-and-White Dual-Purpose Cattle Breeds Assessed through Pedigree Analysis. *Agricultural Sciences*, 2017, vol. 8, no. 9, pp. 1033–1047. DOI: 10.4236/as.2017.89075.
7. García-Ruiz A., Wiggans G.R., Ruiz-López F.J. Pedigree verification and parentage assignment using genomic information in the Mexican Holstein population. *Journal of Dairy Science*, 2019, vol. 102, no. 2, pp. 1806–1810. DOI: 10.3168/jds.2018-15076.
8. Moore K.L., Vilela C., Kaseja K., Mrode R., Coffey M. Forensic use of the genomic relationship matrix to validate and discover livestock pedigrees. *Journal of Animal Science*, 2019, vol. 97, no. 1, pp. 35–42. DOI: 10.1093/jas/sky406.
9. Mel'nikova E.E., Yanchukov I.N., Yermilov A.N., Zinovieva N.A., Osadchaya O.Yu., Kharitonov S.N. Selection index for cow breeding value in black and white population of dairy cattle in Moscow region. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2017, no. 1, pp. 85–97. (In Russian).
10. Yanchukov I.N., Sermyagin A.A., Mel'nikova E.E., Nemchinova M.V., Kharitonov S.N. Comprehensive assessment of dairy cattle based on the selection index. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva = Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*, 2017, vol. 20, no. 1, pp. 13–21. (In Russian).
11. Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science*, 2005, vol. 88, no. 3, pp. 1255–1263. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2.
12. Viana J.H.M., Bartolo P.J.D.S. New applications of three-dimensional data acquisition, modelling, and printing in animal sciences: a case report. *Singapore, Progress in Additive Manufacturing*, 2016, pp. 122–127.
13. Soloshenko V.A., Popovski Z., Goncharenko G.M., Petukhov V.L., Grishina N.B., Shishin N.I., Kamaldinov E.V. Association of polymorphism of κ -casein gene and its re-

REFERENCES

1. Kamaldinov E.V., Dement'ev V.N., Gart V.V. Applying of information technologies in pedigree pig breeding. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2012, vol. 22, no. 1, pp. 50–54. (In Russian).
2. Marinchenko T.E. Digitalization as a driver of development of domestic animal breeding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 873, p. 012004. DOI: 10.1088/1757-899X/873/1/012004.
3. Katkov K., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Pashtetsky A.V., Ostapchuk P.S. Mathematical prediction of breeding value in sheep. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2018, vol. 9, no. 6, pp. 1645–1649.
4. Singh S., Gautam B., Rao A., Tandon G., Kaur S. Bioinformatics Approaches for Animal Breeding and Genetics. *Current trends in Bioinformatics: An Insight*. Singapore, 2018, pp. 287–306. DOI: 10.1007/978-981-10-7483-7_17.
5. Faid-Allah E. Multi-trait and multi-source selection indices for milk production and repro-
1. Kamaldinov E.V., Dement'ev V.N., Gart V.V. Applying of information technologies in pedigree pig breeding. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2012, vol. 22, no. 1, pp. 50–54. (In Russian).
2. Marinchenko T.E. Digitalization as a driver of development of domestic animal breeding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 873, p. 012004. DOI: 10.1088/1757-899X/873/1/012004.
3. Katkov K., Skorykh L.N., Pashtetsky V.S., Pashtetsky A.V., Ostapchuk P.S. Mathematical prediction of breeding value in sheep. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2018, vol. 9, no. 6, pp. 1645–1649.
4. Singh S., Gautam B., Rao A., Tandon G., Kaur S. Bioinformatics Approaches for Animal Breeding and Genetics. *Current trends in Bioinformatics: An Insight*. Singapore, 2018, pp. 287–306. DOI: 10.1007/978-981-10-7483-7_17.
5. Faid-Allah E. Multi-trait and multi-source selection indices for milk production and repro-
- ductive traits in a herd of Holstein cattle in Egypt. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 2015, vol. 20, no. 3, pp. 159–167. DOI: 10.14334/JITV.V20I3.1182.
6. Addo S., Schäler J., Hinrichs D., Thaller G. Genetic Diversity and Ancestral History of the German Angler and the Red-and-White Dual-Purpose Cattle Breeds Assessed through Pedigree Analysis. *Agricultural Sciences*, 2017, vol. 8, no. 9, pp. 1033–1047. DOI: 10.4236/as.2017.89075.
7. García-Ruiz A., Wiggans G.R., Ruiz-López F.J. Pedigree verification and parentage assignment using genomic information in the Mexican Holstein population. *Journal of Dairy Science*, 2019, vol. 102, no. 2, pp. 1806–1810. DOI: 10.3168/jds.2018-15076.
8. Moore K.L., Vilela C., Kaseja K., Mrode R., Coffey M. Forensic use of the genomic relationship matrix to validate and discover livestock pedigrees. *Journal of Animal Science*, 2019, vol. 97, no. 1, pp. 35–42. DOI: 10.1093/jas/sky406.
9. Mel'nikova E.E., Yanchukov I.N., Yermilov A.N., Zinovieva N.A., Osadchaya O.Yu., Kharitonov S.N. Selection index for cow breeding value in black and white population of dairy cattle in Moscow region. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2017, no. 1, pp. 85–97. (In Russian).
10. Yanchukov I.N., Sermyagin A.A., Mel'nikova E.E., Nemchinova M.V., Kharitonov S.N. Comprehensive assessment of dairy cattle based on the selection index. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva = Current Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*, 2017, vol. 20, no. 1, pp. 13–21. (In Russian).
11. Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science*, 2005, vol. 88, no. 3, pp. 1255–1263. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2.
12. Viana J.H.M., Bartolo P.J.D.S. New applications of three-dimensional data acquisition, modelling, and printing in animal sciences: a case report. *Singapore, Progress in Additive Manufacturing*, 2016, pp. 122–127.
13. Soloshenko V.A., Popovski Z., Goncharenko G.M., Petukhov V.L., Grishina N.B., Shishin N.I., Kamaldinov E.V. Association of polymorphism of κ -casein gene and its re-

- lationship with productivity and qualities of a cheese production. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, vol. 7, no. 5, pp. 982–989.
14. Kamaldinov E.V. Canonical discriminant model of the father genotype influence on some interior indicators of its pig descendants. *Vest-*
- nik KRASGAU = Bulletin of KrasGAU*, 2012, no. 1, pp. 117–122. (In Russian).
15. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S. Canonical discriminant model of interbreed differentiation for biochemical and hematological blood indices. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2011, no. 5, pp. 8–12. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Петров А.Ф.**, старший преподаватель;
адрес для переписки: Россия, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: nich@nsau.edu.ru

Камалдинов Е.В., доктор биологических наук, доцент, проректор по научной и международной деятельности, заведующий кафедрой

Панферова О.Д., аспирантка

Ефремова О.В., зоотехник-селекционер

Рогозин В.А., главный зоотехник

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Alexey F. Petrov**, Senior Lecturer;
address: 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: nich@nsau.edu.ru

Evgeniy V. Kamaldinov, Doctor of Science in Biology, Associate Professor

Ol'ga D. Panferova, Postgraduate

Ol'ga V. Efremova, Livestock Breeder

Vitaliy A. Rogozin, Senior Zootechnician

Дата поступления статьи 24.10.2020
Received by the editors 24.10.2020

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАЛЬЦОВОГО МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ ОБМОЛОТЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Бурлаков Ю.В.

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

Изучены пути повышения эффективности заводской технологии уборки льна-долгунца с обмолотом ленты, полученной от рулона. Эксперимент проведен в условиях стационара при влажности исходного материала не более 16%. Предложено вальцовое молотильное устройство для отделения семенной части урожая от стебельной перед подачей стеблей в линию по выработке волокна. Устройство обеспечивает обмолот ленты льна-долгунца по всей ее ширине без применения отдельного зажимного транспортера. Выявлены места схода семенного вороха от вальцового молотильного устройства в процессе обмолота ленты льна-долгунца. Получены качественные показатели работы вальцового молотильного устройства, которые обеспечивают 100%-й обмолот ленты льна-долгунца при усилии сжатия ленты между вальцами 16 кН. При данном способе обмолота повреждение и дробление семян не отмечено, стебли равномерно проплющены по всей длине. Определен фракционный состав вымолоченного вороха при обмолоте ленты льна-долгунца между вальцами лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства: свободные семена (50%), оболочки коробочек с плодоножками (47), коробочки с семенами (3), путаница (менее 1%). Результаты исследований в условиях стационара показали целесообразность использования вальцовых рабочих органов для отделения семенной части урожая от стебельной для технического обеспечения заводской технологии уборки льна-долгунца. Использование вальцовых рабочих органов при проектировании молотильных устройств без отдельного зажимного транспортера повысит качество и количество получаемой продукции льноводства как по семенам, так и по волокну за счет совершенствования процесса бережного проплющивания ленты между вальцами по всей ее ширине. Концепцию данного вальцового молотильного устройства целесообразно применять при проектировании прицепных и самоходных льноуборочных машин для реализации раздельной технологии уборки льна-долгунца.

Ключевые слова: уборка, обмолот, вальцовое молотильное устройство, лен-долгунец, влажность

USING THE ROLLER THRESHING DEVICE FOR THRESHING FIBER FLAX

Burlakov Yu.V.

Siberian Federal Scientific Center of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia

The ways of increasing efficiency of the factory technology for harvesting fiber flax with threshing stem band from the rolls were studied. The experiment was carried out in stationary conditions with a moisture content of the source material of no more than 16%. A roller threshing device was proposed for separating the seed part of the crop from the stem before feeding stems into the fiber production line. The device ensures threshing of the fiber flax stem band over its entire width without using a separate clamping conveyor. The places where the seed heap descends from the roller threshing device while threshing flax stem band were identified. Quality indicators of the roller threshing device operation were obtained ensuring 100% threshing of the fiber flax band with a band compression force between the rollers of 16 kN. With this method of threshing, damage and crushing of seeds were not noted, the stems were evenly flattened along their entire length. Fractional composition of the threshed heap was determined during threshing of a fiber flax stem band between the rolls of the laboratory sample of a three-roll threshing device: loose seeds (50%), shells of capsules with fruitstalks (47), capsules with seeds (3), heap of leaves and stems (less than 1%). The results of the study in stationary conditions showed the expediency of using roller working bodies to separate the seed part of the crop from the stem part for the technical support of the factory tech-

nology for harvesting fiber flax. The use of roller working bodies in the design of threshing devices without a separate clamping conveyor allows to increase the quality and quantity of flax products obtained both in seeds and in fiber due to the improvement of the process of gentle flattening of the stem band between the rollers along its entire width. The concept of this roller threshing device is advisable to use when designing trailers and travelling flax harvesting machines for the implementation of a separate technology for harvesting fiber flax.

Keywords: harvesting, threshing, roller threshing device, fiber flax, moisture

Для цитирования: Бурлаков Ю.В. Использование вальцового молотильного устройства при обмолоте льна-долгунца // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 115–123. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-13>

For citation: Burlakov Yu.V. Using the roller threshing device for threshing fiber flax. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. C. 115–123. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-6-13>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Производство такой стратегической культуры, как лен-долгунец, – актуальное направление развития сельского хозяйства России. Уборка льна-долгунца – достаточно трудоемкий процесс, на который приходится до 75% общих затрат. Ситуация в уборочный период усложняется зависимостью от конкретных погодных условий, которые влияют на качество как волокнистой, так и семенной части урожая. Реализация уборки возможна по следующим четырем основным технологиям: споповая, прямая комбайновая, раздельная с обмолотом семян в поле, заводская с обмолотом в условиях стационара. Каждая из технологий уборки льна-долгунца имеет свои преимущества и недостатки и требует наличия дорогостоящего технического обеспечения для применения. В настоящее время развивается узкая специализация хозяйств, например по семенной направленности или волокнистой, что позволяет сократить затраты на приобретение технических средств для выполнения целесообразных технологических операций [1, 2].

Происходит расширение линейки технического обеспечения льноуборочных процессов. Увеличен выпуск одно- и двухпоточных самоходных машин, таких как льнотеребилки, льнооборачиватели, пресс-подборщики (АО «Вяземский машиностроительный завод»). Современные и высокопроизводительные машины вносят свой положительный вклад в реализацию таких технологических процессов, как теребление, оборачивание и

формирование рулона из нечесаной ленты льна-долгунца с коробочками, вылежавшейся до состояния тресты с показателем 1,5 и более. Это соответствует требованиям производства льноволокна для получения волокна номер 11 и более [3].

Воздействие рабочих органов перечисленных выше машин на стебли льна-долгунца в процессе теребления, оборачивания и формирования рулона не равномерно по своей длине. В результате процесс вылежки соломки до состояния тресты протекает неравномерно по длине стебля. В то время как серединная часть стебля перележала и качество волокна начинает резко снижаться, верхушечная часть стебля и колевая не готовы к подъему и транспортировке ленты на льнозавод для выработки волокна [4].

В настоящее время отсутствуют серийно выпускаемые машины, обеспечивающие технологический процесс обмолота ленты льна-долгунца с коробочками, полученной от рулона в условиях стационара [5, 6]. В связи с этим в ходе обмолота семена в коробочках, попадая под мяльные вальцы технологической линии, разрушаются и замасливают волокно, чем ухудшают его качество и нарушают технологический процесс. Ситуация усложняется тем, что лента льна-долгунца с нечесанными коробочками, полученная от рулона, имеет высокую плотность, неравномерность по длине, растянутость в ленте, различную угловую ориентацию, различные коэффициенты трения по

длине стебля. Осуществить утонение ленты не представляется возможным, поскольку коробочки в верхушечной ее части хорошо склеены между собой [7–9].

Известные рабочие органы для отделения семенной части урожая от стеблей как для полевых, так и стационарных не позволяют в полной мере выделять семенную часть урожая от стебельной с наименьшими потерями как по семенам, так и по волокну [10–16]^{1–4}. Показатели качества технологического процесса должны соответствовать следующим требованиям: полнота выделения семян из коробочек – не менее 98%, отход стеблей в путаницу – не более 4, чистота семян – не менее 92, общие потери семян – не более 6, повреждение семян – не более 2%.

Устройства для отделения семян от стеблей (гребневые, барабанные, щеточные, битерные, планчатые, пневматические, вальцовые, вальцово-битерные, дисковые, вальцово-гребневые, пневмо-механические, барабанно-бильные и т.д) помимо основного рабочего органа включают зажимной транспортер. Он подводит стебли в зону очеса и удержания в процессе отделения семенной от стебельной части урожая. В зависимости от типа отделяющих устройств обрезиненная зажимная бесконечная лента может иметь как гладкую рабочую поверхность, так и волнобразную с целью удерживания стеблей. Основное воздействие очесывающих рабочих органов приходится на верхушечную часть стебля и серединную, при этом комельная часть стеблей не подвергается воздействию рабочих органов.

Наиболее распространенный результат работы рабочих органов на неочесанную ленту льна-долгунца – «отрыв». Он обеспечивает качественное отделение семенных коробочек от стеблей при широком диапазоне влажности,

поэтому подходит для полевых условий. В то же время «отрыв» сопровождается деформациями стеблей на разрыве и изломе. Это приводит к уменьшению выхода волокна в результате неравномерности вылежки соломки до состояния тросты из-за различной степени деформации стеблей, при этом семенной ворох содержит высокий процент путаницы.

Способ «вытирания» семенных коробочек реализуется планчатыми рабочими органами. Он более зависит от состояния влажности обмолачиваемой стебельной массы, однако позволяет снизить повреждение стеблей в процессе обмолота и уменьшает процент путаницы в семенном ворохе.

«Плющение» как способ воздействия на неочесанную стебельную массу проявляется при использовании вальцовых рабочих органов, при этом он позволяет разрушать семенные коробочки и, не повреждая, проплющивать стебли. Однако применять такой способ воздействия целесообразно только при низкой влажности, когда семена «грешат» в семенных коробочках.

Опыт освоения прогрессивных технологий и технических средств для уборки и первичной переработки льна-долгунца показал, что основной сдерживающий фактор внедрения технологии раздельной уборки – отсутствие высокопроизводительного подборщика-очесывателя лент льна [17].

В стационарных заводских условиях после размотки неочесаной ленты льна-долгунца проходит ее сушка до оптимальной влажности в сушильной машине, поэтому перед поступлением на обмолот влажность стеблей должна быть не более 16%.

Цель исследований – повысить эффективность заводской технологии уборки льна-долгунца за счет включения трехвальцового молотильного устройства с усовершенствова-

¹Фадеев Д.Г. Классификация и анализ схем очесывающих аппаратов льноуборочных машин // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЛ. 2017. С. 224–234.

²Байгозин Г.В. Анализ технических решений отделения семенной части льна-долгунца от стеблей // Знания молодых – будущее России. Материалы XVIII междунар. студенческой науч. конф. 2020. С. 81–83.

³Бурлаков Ю.В., Николаев 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. 49–45.

⁴Опыт освоения прогрессивных технологий и технических средств для уборки и первичной переработки льна-долгунца: науч. анализ. обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 50 с.

ванным зажимным устройством в технологическую линию первичной переработки растений.

В задачи исследований входила оценка качественных показателей обмолота ленты льна-долгунца, полученной от рулона, и фракционного состава очесанного вороха.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования процесса обмолота неочесанной ленты льна-долгунца, полученной от рулона, проводили на лабораторном образце трехвальцового молотильного устройства (см. рис. 1)⁵. Показатели технической характеристики лабо-

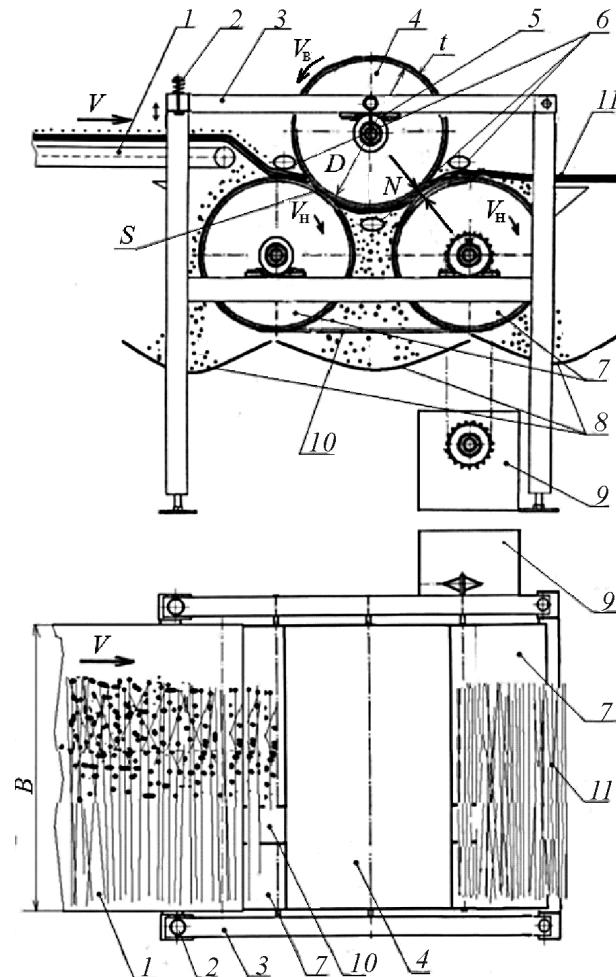


Рис. 1. Лабораторный образец трехвальцового молотильного устройства

1 – лентообразующий стол; 2 – пружина; 3 – прижимной механизм верхнего вальца; 4 – верхний обрезиненный валец; 5 – центрирующее устройство верхнего вальца; 6 – направляющие сопла для воздуха; 7 – нижние обрезиненные валыцы; 8 – сборники семенного вороха; 9 – универсальный регулируемый электропривод; 10 – нижняя прижимная бесконечная обрезиненная лента; 11 – лента льна-долгунца.

V – скорость подающего транспортера; V_u – скорость верхнего вальца; V_l – скорость нижних вальцов; D – диаметр обрезиненных вальцов; t – толщина обрезиненного слоя; S – зазор между обрезиненными вальцами; N – усилия сжатия ленты льна-долгунца между вальцами; B – ширина молотилки

Fig. 1. Laboratory sample of a three-roll threshing device

1 – band-forming table; 2 – spring; 3 – clamping mechanism of the upper roller; 4 – upper rubber-covered roller; 5 – centering device of the upper roller; 6 – air guiding nozzles; 7 – lower rubber-covered rollers; 8 – seed heap collectors; 9 – adjustable electric drive; 10 – lower pressure unlimited rubber-covered tape; 11 – fiber flax stem band.

V – speed of the feed conveyor; V_u – speed of the upper roller; V_l – speed of the lower rollers; D – diameter of rubber-covered rollers; t – thickness of the rubber-covered layer; S – the gap between the rubber rollers; N – compression forces of the flax stem band between the rollers; B – width of the thresher

⁵Патент № 2553235 Российской Федерации. МПК A01F11/02. Вальцовое молотильное устройство / Ю.В. Бурлаков; заявитель и патентообладатель ГНУ Сибирский науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сельского хозяйства. № 2014110386/13; заявл. 18.03.14; опубл. 10.06.15. Бюл. № 16. 3 с.

раторного образца трехвальцового молотильного устройства представлены в табл. 1.

Исходный материал для проведения экспериментальных исследований – лен-долгунец «Томский-19» средней влажности 16%. Длина заготовленной неочесанной стебельной массы составляла 0,82 м. Подача исходного материала в сторону трехвальцового молотильного устройства осуществлялась с помощью подающего транспортера.

Опыт проводили следующим образом. Производили раскладку на подающий транспортер ленты льна-долгунца. Вначале включали стационарную молотилку, затем подающий транспортер. В результате сформированная на лентообразующем столе неочесанная лента льна-долгунца из снопов направлялась между верхним и первым нижним обрезиненными вальцами с заданной скоростью, где и происходит разрушение семенных коробочек раздавливанием в зазоре между вальцами. Семена и чешуйки

Табл. 1. Параметры лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства

Table 1. Parameters of the laboratory sample of a three-roll threshing device

Наименование	Единица измерения	Показатель
Тип машины		Стационарный
Марка машины		МЛС-1500
Производительность в час	кг/ч	700
Масса машины	кг	1150
Длина	мм	1400
Ширина	мм	1982
Высота	мм	1840
Тип молотильного органа		Вальцовый
Количество вальцов	шт.	3
Диаметр вальцов	мм	450
Ширина рабочей поверхности вальцов	мм	1500
Линейная скорость вальцов	м/с	0–1,3
Тип транспортерной ленты		ЛКВ 08.003
Скорость транспортерной ленты	м/с	0–1,2
Привод рабочих органов		Электрический привод
Установленная мощность	кВт	5,5
Давление вальцов в зазорах на ленту	кН	2,7–16

коробочек под действием сил гравитации просыпаются вниз, обмолачиваемая лента льна-долгунца, поддерживаемая бесконечной обрезиненной лентой, подается далее в зазор между верхним и вторым нижним обрезиненными вальцами. После окончания обмолота ленты льна-долгунца между вальцами подающий транспортер со стационарной молотилкой останавливается, производится сбор вымоловенного вороха в местах схода с оценкой фракционного состава и полноты обмолота ленты.

Качество обмолота семян льна молотильным стационарным устройством характеризуется следующими выходными показателями: полнота вымоловта семян, семена в коробочках (потери), повреждение семян, повреждение стеблей, всхожесть семян.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований показали, что лабораторный образец трехвальцового молотильного устройства обеспечивает устойчивость выполнения технологического процесса обмолота в стационарных условиях стеблей ленты льна-долгунца от коробочек стебельной массы. При этом они полностью проплываются и не повреждаются по всей своей длине, семена также не повреждаются и имеют высокую всхожесть – 98%.

В процессе проведения экспериментов на лабораторном образце трехвальцового молотильного устройства по обмолоту неочесанной ленты льна-долгунца выявлены места схода семенного вороха и определен его фракционный состав (см. рис. 2).

Предварительная оценка полноты обмолота семян от усилия сжатия неочесанной ленты льна-долгунца между вальцами лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства показала, что при усилии сжатия (N) более 16кН наблюдали полный вымоловт семян за счет полного разрушения семенных коробочек (см. рис. 3).

Вымоловченный ворох при обмолоте ленты льна-долгунца между вальцами лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства состоял из следующих фракций: свободные семена (50%), оболочки коробочек с плодоножками (47), коробочки с семенами (3), путаница (менее 1%) (см. рис. 4).

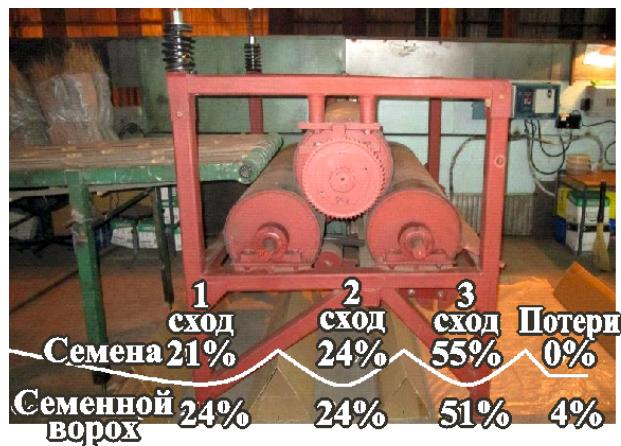


Рис. 2. Схема мест сбора сходов и результаты сходов по семенам и семенному вороху от лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства

Fig. 2. Scheme of places for collecting descended seeds and seed heap and results of seed descents from the laboratory sample of a three-roll threshing device

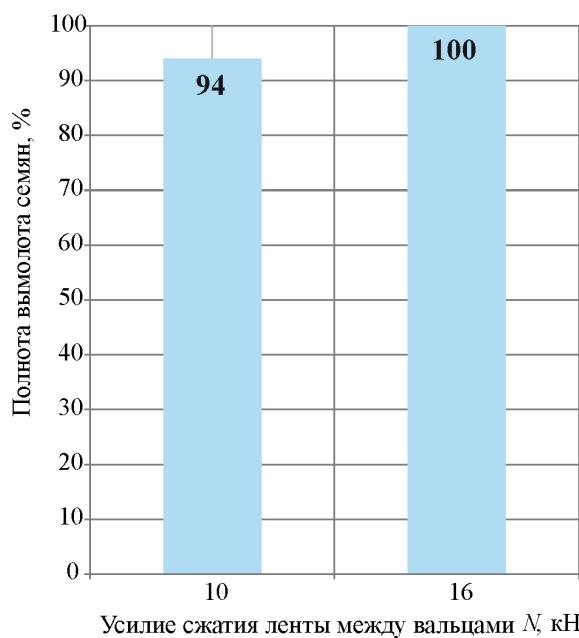


Рис. 3. Полнота вымолота семян от усилия сжатия ленты между вальцами лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства (при $P = 3600$ шт./пог.м (P – плотность стеблей/метр погонный), $V = 0,4$ м/с)

Fig. 3. Completeness of seed threshing from the compression force of the stem band between the rollers of the laboratory sample of a three-roll threshing device (at $P = 3600$ pcs/r.m. (P – density stems/ running meter), $V = 0.4$ m/s)



Рис. 4. Фракционный состав вымолоченного вороха при обмолоте ленты льна-долгунца между вальцами лабораторного образца трехвальцового молотильного устройства (при полноте вымолота семян 100% при $P = 3600$ шт./пог.м; $N = 16$ кН; $V_n = 0,4$ м/с)

Fig. 4. Fractional composition of the threshed heap when threshing a flax stem band between the rolls of the laboratory sample of a three-roll threshing device (when the seed is 100% threshed at $P = 3600$ pcs/r.m.; $N = 16$ kN; $V_n = 0.4$ m/s)

Табл. 2. Результаты сравнения различных типов обмолачивающих устройств по заводской технологии уборки льна-долгунца, %

Table 2. Results of comparison of different types of threshing devices based on the factory technology of flax harvesting, %

Показатель	Гребневый рабочий орган (серийный)	Эластичный рабочий орган с решетчатой декой (экспериментальный)	Трехвальцовое молотильное устройство с усовершенствованным зажимным транспортером (предлагаемый)
Чистота очеса (обмолота)	82	98,8	100
Потери семян при очесе (обмолоте)	3	0,9	0
Повреждение и дробление семян	1,5	1	0
Повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна	5	1,9	0
Отход стеблей в путанину	8	2	Менее 1

Эффективность заводской технологии уборки льна-долгунца за счет включения в технологическую линию первичной переработки льна-долгунца трехвальцового молотильного устройства с усовершенствованным зажимным транспортером представлена в табл. 2 [12].

ВЫВОДЫ

1. Установленное в линию по первичной выработки волокна вальцовое молотильное устройство с усовершенствованным зажимным транспортером обеспечивает стабильность выполнения технологического процесса обмолота ленты льна-долгунца влажностью не более 16%. Данное устройство является перспективным направлением для технического совершенствования и сопровождения льноуборочного процесса, реализуемого по заводской технологии с обмолотом ленты льна-долгунца, полученной от рулона в условиях стационара.

2. В условиях стационара лабораторное трехвальцовое молотильное устройство обеспечивает 100%-й обмолот ленты льна-долгунца, при этом повреждение стеблей и дробление семян не отмечено, стебли равномерно проплющены по всей длине.

3. В полученном семенном ворохе свободные семена составляют 50%, оболочки коробочек – 47, семена в коробочках – 3 и путаница – менее 1, всхожесть семян составила 98%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Поздняков Б.А. Актуальные направления совершенствования систем машин для уборки льна-долгунца // Техника и оборудование для села. 2019. № 8. С. 2–6.
- Сутыгин П.Ф., Шумкова Л.В. Влияние организации уборки льна-долгунца на урожайность и качество льнопродукции // Аграрный вестник Урала. 2009. № 9. С. 62–63.
- Поздняков Б.А., Рожмина Н.Ю. Приоритетные направления модернизации льноводства в Российской Федерации // Техника и оборудование для села. 2015. № 9. С. 2–4.
- Ковалев М.М., Козлов В.П. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория, расчет): монография. Тверь: Тверское областное книжно-журнальное издательство, 2002. С. 64–122.
- Поздняков Б.А., Великанова И.В., Рожмина Н.Ю. Усовершенствованная технологическая схема производства льна-долгунца // Агротехника и энергообеспечение. 2016. № 2. С. 61–65.
- Пучков Е.М., Галкин А.В., Ушаповский И.В. О состоянии, проблемах и перспективах обеспечения специализированной техникой льнокомплекса России // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5. С. 97–110.
- Петраченко Д.А., Коропченко С.П. Исследование динамики изменения основных качественных показателей ленты тресты льна-долгунца // Молодой ученый. 2014. № 10. С. 189–191.
- Румянцева И.Т., Мочалов Л.В., Солдатенко А.Н. Особенности варъирования свойств тресты на льнище // Технология текстильной промышленности. 2007. № 6. С. 49–52.
- Попов Р.А. Расчет коэффициентов трения при взаимодействии стеблей льна-долгунца с различными материалами // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 4. С. 20–21.
- Тарлецкий А.Г., Сизов И.В. Молотильно-сепарирующее устройство для льноуборочного комбайна // Техника и оборудование для села. 2017. № 3. С. 8–9.
- Галкин А.В., Фадеев Д.Г., Ушаповский И.В. Исследование качественных характеристик льноволокна в зависимости от конструкции очесывающего аппарата // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. № 3. С. 389–399.
- Кругленя В.А., Левчук В.А., Цайц М.В., Мазаловский М.М. Исследование качества обмолота льнотресты в линии первичной переработки льна // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 69–72.
- Шаршунов В.А., Кругленя В.Е., Алексеенко А.С., Левчук В.А., Цайц М.В. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна // Весці нацыянальной акадэміі навук беларусі. 2015. № 3. С. 112–117.
- 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.

15. Тарлецкий А.Г., Медведев Ю.А. Обоснование выбора молотильного аппарата для льноуборочного комбайна // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 1. С. 167–170.
16. Кругленя В.Е., Цайц М.В., Сентюров П.Д. Анализ применения механизированных технологий уборки льна-долгунца в Республике Беларусь // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2013. № 1. С. 35–41.
17. 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.

REFERENCES

1. Pozdnyakov B.A. Up-to-date areas of improving the systems of machines for harvesting fiber flax. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = The Machinery and Equipment for Rural Area*, 2019, no. 8, pp. 2–6. (In Russian).
2. Sutygin P.F., Shumkova L.V. The influence of the fiber flax harvesting management on the yield and quality of flax products. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2009, no. 9, pp. 62–63. (In Russian).
3. Pozdnyakov B.A., Rozhmina N.Yu. Priority directions of flax-growing modernization in the Russian Federation. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = The Machinery and Equipment for Rural Area*, 2015, no. 9, pp. 2–4. (In Russian).
4. Kovalev M.M., Kozlov V.P. *Pressing devices of flax harvesting machines (design, theory, calculation)*. Tver: Tver Regional Book and Magazine Publishing House, 2002, pp. 64–122. (In Russian).
5. Pozdnyakov B.A., Velikanova I.V., Rozhmina N.Yu. Advanced technological scheme of production of fiber flax. *Agrotehnika i energoobespechenie = Agricultural machinery and energy supply*, 2016, no. 2, pp. 61–65. (In Russian).
6. Puchkov E.M., Galkin A.V., Ushapovsky I.V. Current situations, problems and prospects with the specialized equipment provision of Russian flax production branch. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2018, no. 5. pp. 97–110. (In Russian).
7. Petrachenko D.A., Koropchenko S.P. Study of the dynamics of changes in the main quality indicators of the retted straw band of fiber flax. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*, 2014, no. 10. pp. 189–191. (In Russian).
8. Rumyantseva I.T., Mochalov L.V., Soldatenko A.N. Features of varying properties of fretted straw during flax harvesting. *Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = Textile Industry Technology*, 2007, no. 6. pp. 49–52. (In Russian).
9. Popov R.A. Calculation of friction coefficients in the interaction of fiber flax stems with various materials. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2006, no. 4. pp. 20–21. (In Russian).
10. Tarletsky A.G., Sizov I.V. Threshing and separating unit for flax harvester. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = The Machinery and Equipment for Rural Area*, 2017, no. 3, pp. 8–9. (In Russian).
11. Galkin A.V., Fadeev D.G., Uschapovsky I.V. Studying quality characteristics of flax fiber depending on deseeding device design. *Vestnik Mordovskogo universiteta = Mordovia University Bulletin*, 2018, vol. 28, no. 3, pp. 389–399. (In Russian).
12. Kruglenya V.A., Levchuk V.A., Tsayts M.V., Mazalovsky M.M. Studying quality of retted straw threshing in a flax primary processing line. *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2014, no. 3, pp. 69–72. (In Russian).
13. Sharshunov V.A., Kruglenya V.E., Alekseenko A.S., Levchuk V.A., Tsayts M.V. Study of a threshing device in the line of primary flax processing. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2015, no. 3, pp. 112–117. (In Russian).
14. Sharshunov V.A., Alekseenko A.S., Tsayts M.V., Levchuk V.A. Analysis of devices for separating flax seeds from stems. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = The Journal of Belarusian State Agricultural Academy*, 2017, no. 4, pp. 174–180. (In Russian).
15. Tarlecki A.G., Medvedev Y.A. Justification of the choice of a threshing machine for a flax harvester. *Trudy GOSNITI = Proceedings of GOSNITI*, 2016, vol. 124, no. 1, pp. 167–170. (In Russian).

-
16. Kruglenya V.E., Tsayts M.V., Sentyurov P.D. Analysis of the application of the technology of mechanized harvesting of flax in the Republic of Belarus. *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya = Design, Use and Reliability of Agricultural Machinery*, 2013, no. 1, pp. 35–41. (In Russian).
17. Sharshunov V.A., Alekseenko A.S., Tsaitis M.V., Levchuk V.A. Analysis of mechanized technologies for harvesting and primary processing of flax. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = The Journal of Belarusian State Agricultural Academy*, 2017, no. 2, pp. 137–141. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Бурлаков Ю.В.**, старший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: yura011@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Yuri V. Burlakov**, Senior Researcher; address: PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: yura011@yandex.ru

Дата поступления статьи 8.10.2020

Received by the editors 8.10.2020



К 80-ЛЕТИЮ ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК
АНАТОЛИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА ТАНАСИЕНКО



Анатолий Алексеевич Танасиенко – один из ведущих почвоведов страны, старейший сотрудник Института почвоведения и агрохимии СО РАН – отмечает в декабре 2020 г. 80-летний юбилей. Стаж его профессиональной деятельности – более 50 лет. Она была посвящена в основном изучению процессов водной эрозии почв сельскохозяйственных угодий. Решать эту проблему детально начали в Сибири лишь после организации лаборатории физики, мелиорации и эрозии почв в составе отдела почвоведения Биологического института Сибирского отделения АН СССР. Анатолий Алексеевич с 1968 по 1979 г. проводил исследования на территории Кузнецкой котловины, вел стационарные наблюдения на черноземах выщелоченных и оподзоленных, представляющих здесь основной фонд пахотных земель. Изучал гранулометрический и химический состав, гидротермический режим неэродированных и эродированных почв, химический состав жидких и твердых продуктов стока. Результаты этих исследований изложены в его кандидатской диссертации «Влияние водной эрозии на свойства черноземов Кузнецкой котловины», которую Анатолий Алексеевич защитил в 1975 г. В 1983 г. совместно с В.А. Хмелевым им была издана монография «Черноземы Кузнецкой котловины (историко-эволюционные и генетико-производственные аспекты)». Кузнецкие черноземы, по мнению авторов, представляют собой «золотой» фонд земель Кузбасса, которые в условиях интенсивного развития горнодобывающей промышленности, сопровождающегося отчуждением их из сельскохозяйственного производства, нуждаются в применении научно обоснованных мероприятий с целью

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

сохранения их плодородия. Многолетние исследования А.А. Танасиенко проводил также на черноземах Предсалайря, Бие-Чумышской возвышенности, Приобья. Учеными было показано, что среднемощные тучные высокоплодородные черноземы склоновых поверхностей трансформируются в результате эрозионных процессов в маломощные низкоплодородные почвы. Были вскрыты основные закономерности формирования стока талых, ливневых и ирригационных вод, смыва черноземов, снижения их противоэрозионной устойчивости. Это позволило разработать теоретические основы для рекомендаций по дифференцированному использованию легкораненных склоновых земель и нормированию антропогенной нагрузки на них. Результаты этих исследований Анатолий Алексеевич обобщил в докторской диссертации «Эрозия черноземов Западной Сибири», которую защитил в феврале 1992 г. В 2003 г. он опубликовал монографию «Специфика эрозии почв Сибири». Результаты 30-летних исследований позволили автору подробно рассмотреть в этой работе особенности процессов эрозии в различных геоморфологических районах Сибири в зависимости от свойств почв и погодных условий. Автор проанализировал различия разрушительных последствий эрозии почв в Сибири и Европейской части России. Длительность антропогенного воздействия на пахотно-пригодные почвы Сибири не превышает 110 лет, в Европейской части страны она гораздо продолжительнее – 350 лет. В связи с этим степень эрозионного разрушения пахотных почв Сибири за сравнительно короткое время использования оказалась ниже, чем, например, почв Среднерусской возвышенности. Многолетние наблюдения за интенсивностью эрозионных процессов на однотипных почвах в разных геоморфологических районах Западной Сибири показали, что величины смыва твердой фазы почвы существенно различаются. Основная причина этого заключается в различной эрозионной стойкости почв. Вследствие специфики климатических условий Западной Сибири в гумусовом горизонте переувлажненных с осени почв происходит закупорка водопроводящих пор и формирование линз льда или даже мерзлотного экрана. Снеготаяние проходит по мерзлой почве, исключающей просачивание талых вод в глубь профиля. Формирующийся поверхностный сток создает одну из основных статей непроизводительного расхода влаги.

В январе 1993 г. А.А. Танасиенко стал заведующим лабораторией эрозии почв ИПА СО РАН, в 1996 г. возглавил вновь созданную лабораторию почвенно-физических процессов. В июне 1996 г. он был избран на должность заместителя директора ИПА СО РАН по научной работе, на которой проработал 10 лет. В лаборатории в этот период сотрудники защитили одну кандидатскую диссертацию и три докторских. Анатолий Алексеевич и сейчас является активным членом диссертационного совета ИПА СО РАН.

А.А. Танасиенко – автор и соавтор более 120 научных статей, 15 из которых опубликованы в журнале «Почвоведение», 2 – в журнале «Catena», 11 монографий, в том числе двух авторских.

Друзья и коллеги от души желают Анатолию Алексеевичу доброго здоровья, дальнейших творческих успехов, благополучия родным и близким.

Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук



ПАМЯТИ УЧЕНОГО
IN COMMEMORATION OF SCIENTIST

ВАДИМ КОНСТАНТИНОВИЧ САВОСТЬЯНОВ
(17.05.1941–07.12.2020)



7 декабря 2020 г. ушел из жизни Вадим Константинович Савостьянов, кандидат сельскохозяйственных наук, известный ученый и специалист в области охраны, комплексной мелиорации и использования почв засушливых территорий юга Средней Сибири, организатор и первый директор Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии РАСХН, заслуженный деятель науки Республики Хакасия и Республики Тыва, кавалер ордена Почета, академик Монгольской академии наук, почетный член общества почвоведов России им. В.В. Докучаева, лауреат Государственной премии Республики Хакасия в области науки и техники, заслуженный ветеран Сибирского отделения Россельхозакадемии, заслуженный работник сельского хозяйства Монголии, талантливый организатор сельскохозяйственной науки в Сибири и в Монголии.

В.К. Савостьянов родился 17 мая 1941 г. в г. Зима Иркутской области. По окончании в 1958 г. средней школы в г. Уяре Красноярского края поступил на агрономический факультет Красноярского сельскохозяйственного института, который окончил в 1963 г. по специальности «агрономия». Затем продолжил учебу в аспирантуре Института леса и древесины СО АН СССР в Красноярске (1963–1966 гг.) под руководством профессора Н.В. Орловского, который возглавлял в то время лабораторию лесного почвоведения.

В 1967 г. В.К. Савостьянов защитил кандидатскую диссертацию на тему «Повышение плодородия перевезенных супесчаных почв (на примере Северной Хакасии)» в Иркутском сельскохозяйственном институте. После защиты диссертации Вадим Константинович работал младшим, затем старшим научным сотрудником лаборатории почвоведения Института леса и древесины СО АН СССР в Красноярске и руководил полевым почвенным отрядом на Хакасском противоэрозионном стационаре в с. Оленоозерном Ширинского района Республики Хакасия. В 1970 г. во время работы на стационаре В.К. Савостьянов заложил уникальный многолетний опыт по выращиванию защитных лесных насаждений из лиственни-

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

цы сибирской, сосны обыкновенной и березы повислой на супесчаных почвах при разных способах улучшения их лесорастительных свойств.

В 1972 г. при участии В.К. Савостьянова разработана система использования и защиты почв, подверженных дефляции, включающая сеть лесных полос, полосное размещение сельскохозяйственных культур, применение почвозащитной агротехники и удобрений, которая до настоящего времени успешно используется в засушливых районах Сибири, Казахстана и Монголии.

В 1975 г. Вадим Константинович назначен на должность заведующего лабораторией противоэррозионных мелиораций и почвенно-мелиоративного отряда Сибирского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (СибНИИГиМ) Министерства мелиорации и водного хозяйства РСФСР. В течение восьми лет он руководил Хакасской комплексной мелиоративной экспедицией в пос. Кирба Бейского района Республики Хакасия, где с его участием были созданы системы полезащитных насаждений из различных древесных растений, которые по сей день успешно защищают почвы от дефляции и опустынивания.

В 1983 г. В.К. Савостьянов назначен директором Хакасского отделения СибНИИГиМ, в 1989 г. – директором Хакасской сельскохозяйственной опытной станции Сибирского отделения ВАСХНИЛ.

В 1991 г. на базе этой станции был организован Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии Сибирского отделения РАСХН. Вадим Константинович стал его первым директором. В последующем этот НИИ стал одним из ведущих институтов по научному обеспечению сельскохозяйственного производства в аридной зоне Алтае-Саянского экорегиона.

Высокая работоспособность и энциклопедичность знаний Вадима Константиновича способствовали многогранности его исследований почв аридной зоны, их защиты от дефляции и эрозии, предотвращению деградации и опустынивания, комплексной мелиорации, защитному лесоразведению и рациональному использованию.

Под руководством В.К. Савостьянова и при его участии разработаны «Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации (Республика Хакасия, Республика Тыва, южные районы Красноярского края)»; «Система ведения сельскохозяйственного производства Республики Хакасия»; «Система ведения орошаемого земледелия Хакасии» и «Концепция, научные и технологические основы ведения сельскохозяйственного производства в аридной зоне Средней Сибири», признанные одними из лучших разработок и научных результатов Сибирского отделения РАСХН, удостоенные Государственной премии Республики Хакасия в области науки и техники (2003 г.).

С 1995 по 1997 г. В.К. Савостьянов по совместительству работал заведующим кафедрой земледелия и профессором Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, где передавал свои обширные знания студентам и аспирантам, подготовил трех кандидатов наук.

В.К. Савостьянов автор и соавтор более 500 научных работ, в том числе 19 монографий, 37 нормативных документов, 55 статей в рецензируемых журналах.

Вадим Константинович был внимательным, отзывчивым и доброжелательным человеком, хорошим семьянином, воспитавшим двоих сыновей. Он любил жизнь и людей, уделял много времени и усилий организации комплексных исследований, подготовке научных кадров, популяризации аграрных и биологических знаний, развитию и укреплению международного научно-технического сотрудничества в области сельскохозяйственной науки между Россией, Монголией и Казахстаном.

Научные заслуги и достижения В.К. Савостьянова будут служить примером для молодых ученых. Светлая память о нем сохранится в сердцах многих российских, монгольских и казахстанских исследователей, кто его знал, с ним работал, шел рядом по жизни и дружил.

Коллектив Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, коллектив Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии Российской академии наук



ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ

- Власенко Н.Г., Теплякова О.И., Евсеенко В.И., Душкин А.В.** Влияние обработки посевов мягкой яровой пшеницы супрамолекулярными комплексами тебуконазола на качество семян, № 3.
- Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н.** Продуктивность кормовых севооборотов и их влияние на плодородие чернозема выщелоченного, № 5.
- Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А.** Влияние углубления почвы на урожайность сои при посеве различными агрегатами, № 1.
- Епифанцев В.В., Панасюк А.Н., Осипов Я.А., Вайтехович Ю.А.** Оптимальная ширина полос при Mow-till для накопления органики и урожайности сои, № 4.
- Моторин А.С.** Агрогенная эволюция органического вещества торфяных почв Западной Сибири, № 2.
- Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.** Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы, № 1.
- Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Пакуль В.Н., Божанова Г.В.** Засоренность посевов яровой мягкой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы, № 3.
- Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н.** Приемы повышения эффективности технологии возделывания яровой мягкой пшеницы, № 5.
- Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.** Эффективность севооборота при длительном воздействии систем основной обработки почвы, № 4.
- Соболева Л.М., Плотникова Т.В.** Применение удобрений для снижения гербицидной нагрузки при выращивании рассады табака, № 6.
- Тимофеев В.Н., Вьюшина О.А.** Эффективность гербицидов на ячмене в зависимости от фона обработки почвы, № 5.

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

- Гурова Т.А., Свежинцева Е.А., Чесноченко Н.Е.** Адаптация сортов пшеницы при гипертермии, хлоридном засолении и инфицировании *Bipolaris sorokiniana* Shoem., № 6.
- Куликова В.И., Ходаева В.П., Лапшинов Н.А.** Оценка различных способов оздоровления перспективных сортов и гибридов картофеля, № 4.
- Осипова Ю.С., Иванова И.Ю., Леонтьева В.В.** Оценка экологической устойчивости сортообразцов хмеля обыкновенного, № 1.
- Охлопкова М.И., Габышева Н.С.** Интродуцированные сорта малины (*Rubus idaeus* L.) в Центральной Якутии, № 6.
- Попова Г.А., Полякова О.И., Князева Н.В., Рогальская Н.Б., Трофимова В.М.** Перспективные высоковолокнистые гибридные линии льна-долгунца, № 6.
- Романова М.С., Хаксар Е.В., Новиков О.О., Леонова Н.И., Семенов А.Г.** Влияние различных составов питательной среды на развитие микрорастений картофеля сорта Антонина, № 6.
- Сумина А.В., Полонский В.И.** Содержание ценных веществ в зерне ячменя, выращенного в контрастных климатических условиях, № 1.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** Редька масличная в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами, № 2.
- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** Зернофуражные культуры в кормопроизводстве, № 3.
- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** Перспективные мало-распространенные мятликовые и зернобобовые кормовые культуры, № 4.
- Бакшаев Д.Ю., Садохина Т.А., Листков В.Ю.** Создание конкурентных галего-кострецовых ценозов, № 2.
- Мотовилов К.Я., Волончук С.К., Науменко И.В., Резепин А.И.** Разработка системы контроля качества и безопасности в технологии получения белково-углеводного композита, № 3.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Безмутко С.В., Лелявская В.Н.** Эффективность фунгицида Конкорд при обработке вегетирующих растений риса, № 2.
- Исачкова О.А., Логинова А.О.** Устойчивость образцов голозерного овса к стеблевой ржавчине, № 4.
- Калмыкова Г.В., Чешкова А.Ф., Акулова Н.И.** Повышение бактериоциноподобной активности штамма *Bacillus thuringiensis* путем улучшения состава питательной среды, № 2.
- Костюк А.В., Лукачева Н.Г.** Оценка эффективности и фитотоксичности гербицида Аденго в посевах кукурузы, № 1.
- Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С.** Изучение эффективности почвенных гербицидов в отношении ежовника обыкновенного, № 4.
- Разина А.А., Султанов Ф.С., Дятлова О.Г.** Корневая гниль на новых сортах яровой пшеницы при разных сроках посева, № 2.

ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Белозерцева С.Л., Петрухина Л.Л.** Воспроизводительные качества и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы в зависимости от линейной принадлежности, № 5.
- Бонина О.М., Стеблевая Г.М., Ефремова Е.А.** Особенности функционирования паразитарной системы описторхид в Новосибирской области, № 6.
- Глотов А.Г., Глотова Т.И.** Коронавирусы жвачных животных, № 3.
- Дягилев Г.Т.** Анализ интенсивных показателей сибирской язвы среди домашних животных в Якутии, № 3.
- Ефимова Л.В., Гатилова Е.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В.** Молочная продуктивность и качество молока дочерей быков голштинской породы, № 4.
- Инербаев Б.О., Храмцова И.А., Инербаева А.Т.** Влияние степени родства и генетического сходства на продуктивность герефордов Сибири, № 3.
- Кухар Е.В., Киян В.С., Глотова Т.И., Глотов А.Г.** Фенотипические и молекулярно-генетические свойства *Microsporum canis*, № 1.
- Лопсан Ч.О.** Динамика и особенности проявления высокопатогенного гриппа птиц на территории Республики Тыва, № 4.
- Луду Б.М., Кан-оол Б.К.** Разведение герефордской породы в условиях Республики Тыва, № 4.

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2020 г.

- Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А.** Использование наночастиц серебра в кормлении перепелов, № 2.
- Монгуш С.С.** Шерстная продуктивность овцематок различного происхождения, № 3.
- Немзоров А.М., Ларина Н.А., Итэсэ Ю.В.** Эффективность использования энергетической добавки «Руми-Джой» в рационах ремонтных телок, № 5.
- Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л.** Влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров, № 2.
- Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л.** Эффективность производства молока в зависимости от возраста первого отела коров, № 6.
- Русакова Я.Л., Магер С.Н., Храмцов В.В., Агаркова Т.А., Двоеглазов Н.Г., Осипова Н.А.** Иммунный ответ у животных при экспериментальном лейкозе Раушера с применением мононуклеарных стволовых клеток и Субалина, № 6.
- Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л., Куделко А.А.** Применение нового фитопрепарата при желудочно-кишечных расстройствах поросят, № 5.
- Савченко О.Л., Мокринская Е.Е., Барсукова Е.Н., Новик Я.В.** Изменение микрофлоры кишечника свиней при применении Ветома 1, № 6.
- Терещенко В.А., Иванов Е.А., Иванова О.В., Любимова Ю.Г.** Влияние скармливания переработанных отходов биомассы леса на обмен веществ коров, № 5.
- Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., Сошникова Т.А.** Влияние способов содержания бычков герефордской породы на их мясную продуктивность и сохранность, № 1.
- Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З.** Линейное разведение овец при создании нового типа забайкальской породы, № 2.
- Черных В.Г., Кирильцов Е.В., Кирильцова В.А.** Гельминтозы диких и домашних свиней Забайкальского края и меры борьбы с ними, № 6.
- Шкиль Н.Н., Нефедова Е.В.** Влияние антибиотиков и наночастиц серебра на изменение чувствительности *E. coli* к антибактериальным препаратам, № 2.
- Шкуратова Г.М., Базарон Б.З., Хамируев Т.Н., Дашинимаев С.М., Мельникова Н.Н.** Линейная структура лошадей забайкальской аборигенной породы, № 5.

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Алейников А.Ф., Минеев В.В., Чешкова А.Ф., Беляев А.А.** Обнаружение пятнистостей земляники садовой методом импедансной спектроскопии, № 1.
- Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П.** Математическая модель по выбору технологий возделывания зерновых культур, № 2.
- Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Клименко Д.Н., Елкин О.В.** Методологические основы автоматизации разработки измерительных экспериментальных систем автотракторных двигателей, № 4.
- Гребенникова И.Г., Чешкова А.Ф., Стёпочкин П.И., Алейников А.Ф., Чанышев Д.И.** Методика оценки экологической пластиичности сортов злаковых культур, № 2.
- Бурлаков Ю.В.** Использование вальцового молотильного устройства при обмолоте льна-долгунца, № 6.
- Гринкевич В.А., Сероклинов Г.В.** Выбор точек заземления для снижения уровня помех сигнала высокомного измерительного канала, № 4.
- Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Сигитов А.А., Галимов Р.Р.** Концептуальная модель агроэкологических свойств земель, № 1.
- Каличкин В.К., Корякин Р.А., Максимович К.Ю., Галимов Р.Р.** Концептуальная модель агроэкологических свойств земель. Методы, № 5.

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2020 г.

- Каличкин В.К., Логачёва О.М., Сигитов А.А., Гарафутдинова Л.В.** Интеграция геоинформационной системы и методов многокритериального анализа решений для оценки пригодности земель сельскохозяйственного использования, № 6.
- Петров А.Ф., Камалдинов Е.В., Панферова О.Д., Ефремова О.В., Рогозин В.А.** Моделирование объема туловища по линейным признакам скота ирменского типа, № 6.
- Тихоновская К.В., Тихоновский В.В., Блынский Ю.Н., Домнышев Д.А.** Взаимодействие транспортных средств с пунктом предварительной обработки зерна, № 4.
- Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Лапшин И.П., Рассомахин Г.К., Маркин В.В.** Исследование процесса скольжения кольцевых рабочих органов борон и почвообрабатывающих агрегатов в почве, № 1.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Данилова А.А.** Дыхательный отклик живой фазы на стресс как критерий оценки состояния почвы, № 5.
- Кузьмина Е.Е.** Иммунобиохимические показатели крови маралов в условиях Республики Тыва, № 2.
- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Подкорытов Н.А., Подкорытов А.Т.** Полиморфизм генов *CAST*, *GH*, *GDF9* овец горно-алтайской породы, № 1.

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

- Иванов Р.В., Захарова Л.Н.** Проблемы адаптации завозных специализированных пород крупного рогатого скота, № 3.
- Чепурин Г.Е.** Принцип идентичности условий при зональных испытаниях зерноуборочных комбайнов, № 3.

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

- Абекова А.М., Ержебаева Р.С., Агеенко А.В., Конысбеков К.Т., Берсимбаева Г.Х.** Оценка коллекционных образцов сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) на холодостойкость, № 5.
- Ержебаева Р.С., Таджибаев Д., Абугалиева А.И.** Качество зерна коллекционных образцов яровой тритикале (\times *Triticosecale* Wittmack), № 3.
- Кененбаев С.Б.** Роль биологических средств в органическом земледелии, № 3.
- Пармакли Д.М.** Методологические основы экономической оценки урожайности сельскохозяйственных культур, № 1.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

- К юбилею академика Наталии Григорьевны Власенко, № 1.**
- Владимир Климентьевич Каличкин, № 3.**
- К юбилею Виктора Ефимовича Синещекова, № 3.**
- Базарбай Оразбаевич Инербаев, № 4.**
- К 90-летию Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства СФНЦА РАН, № 5.**
- К 80-летию доктора биологических наук Анатолия Алексеевича Танасиенко, № 6.**

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

- Петр Михайлович Першукевич, № 3.**
- Вячеслав Степанович Нестяк, № 4.**
- Вадим Константинович Савостьянов, № 6.**

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. 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 и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

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.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы

- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <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. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).

Фамилии и инициалы авторов, информация об авторах, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну), 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.

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».

Реферат на русском и английском языках. 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. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общезвестных), 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.

Ключевые слова на русском и английском языках. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

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.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или ВЫВОДЫ

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). 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.

В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пары под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES

составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам: Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, англоязычное название статьи, транслитерация названия русскоязычного источника = англоязычное название источника,

(для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bsi>

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.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, 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.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ 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. Выравнивается по центру: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после подрисуночной подписи не ставится. 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. Выравнивается по центру: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после заголовка таблицы не ставится. Перевод заголовка

таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

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.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.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.

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться авторам без рассмотрения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

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. Отозванная 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!

*Подписка на журнал
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
принимается в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»
и в других организациях, осуществляющих прием подписки*

*В каталоге «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
подписной индекс 46808*

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*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

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

6 ISSUES PER YEAR

Volume 50, No 6 (277)

DOI: 10.26898



2020

November – December

Editor-in-Chief is 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 is Olga N. Zhiteleva, Deputy Head of the Scientific and Organizational Department of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Viktor 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
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
Nikolay P. Goncharov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Irina M. Gorobey	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Mikhail I. Gulyukin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Moscow, Russia
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
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
Vladimir K. Kalichkin	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay I. Kashevarov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Stavropol, 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
Ivan N. Sharkov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia

The journal is meant for scientists and researchers in agriculture.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" publishes original articles on fundamental and applied problems in the following areas: general agriculture and crop production, breeding and seed production of agricultural plants, plant protection, fodder production, farm animals nutrition and feed technology, veterinary microbiology, virology, epizootiology, mycology with mycotoxicology and immunology, technologies and means of agricultural mechanization, including surveys, original research, brief reports, as well as chronicles, reviews, book reviews, materials on the history of agricultural science and the activities of research institutions and scientists.

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" is included on the Higher Certification Commission (VAK) List of Russian Reviewed Scientific Periodicals issued in the Russian Federation, in which major scientific results of theses for Doctor and Candidate degrees must be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and is included in the catalogue Ulrich's Periodicals Directory, Browker, USA.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) on the basis of Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru



Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

Editors E.V. Mosunova, G.N. Yagupova. Corrector V.E. Selianina, Desktop Publisher N.U. Borisko. Translator E.A. Pomanova
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, Krasnoobsk, Novosibirsk District,

Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

THE SCIENTIFIC JOURNAL

SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

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

6 ISSUES PER YEAR

Volume 50, No 5 (276)

DOI: 10.26898



2020

September–October

Editor-in-Chief is 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 is Olga N. Zhiteleva, Deputy Head of the Scientific and Organizational Department of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Viktor V. Alt
Olga S. Afanasevko
Anatoly N. Vlasenko
Natalia G. Vlasenko
Nikolay P. Goncharov
Irina M. Gorobey
Mikhail I. Gulyukin
Valery N. Delyagin
Irina M. Donnik
Nikolay A. Donchenko
Nikolay M. Ivanov
Andrey Yu. Izmailov
Vladimir K. Kalichkin
Nikolay I. Kashevarev
Sergey N. Mager
Sergey P. Ozornin
Valery L. Petukhov
Revmira I. Polyudina
Marina I. Selionova
Vladimir A. Soloshenko
Nikolay A. Surin
Ivan F. Khramtsov
Ivan N. Sharkov
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Moscow, Russia
Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Dr. Sci. in Biology, Stavropol, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia
Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
Vasil Nikolov Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

Editors E.V. Mosunova, G.N. Yagupova. Corrector V.E. Selianina, Desktop Publisher N.U. Borisko. Translator E.A. Pomanova
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, Krasnoobsk, Novosibirsk District,

Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2020
© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2020

The journal is meant for scientists and researchers in agriculture.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" publishes original articles on fundamental and applied problems in the following areas: general agriculture and crop production, breeding and seed production of agricultural plants, plant protection, fodder production, farm animals nutrition and feed technology, veterinary microbiology, virology, epizootiology, mycology with mycotoxicology and immunology, technologies and means of agricultural mechanization, including surveys, original research, brief reports, as well as chronicles, reviews, book reviews, materials on the history of agricultural science and the activities of research institutions and scientists.

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" is included on the Higher Certification Commission (VAK) List of Russian Reviewed Scientific Periodicals issued in the Russian Federation, in which major scientific results of theses for Doctor and Candidate degrees must be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and is included in the catalogue Ulrich's Periodicals Directory, Browker, USA.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) on the basis of Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru

