

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ОСНОВАН В 1971 г.

Том 49, № 3 (268)



2019
май – июнь

Главный редактор академик РАН А.С. ДОНЧЕНКО
Заместитель главного редактора О.Н. ЖИТЕЛЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В.В. Альт	академик РАН, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, Москва, Россия
В.Н. Делягин	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, Москва, Россия
Н.А. Донченко	доктор ветеринарных наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, Москва, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	доктор технических наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полунина	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	доктор биологических наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмцов	академик РАН, Омск, Россия
И.Н. Шарков	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

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

Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*
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

Сдано в набор 01.07.19. Подписано в печать 17.07.19. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 12,25.
Уч-изд. л. 12,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук
© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2019
© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2019

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в утвержденный ВАК Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал представлен в международной библиографической базе данных Agris, включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США).

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» входит в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ**

**AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION**

Данилова А.А. Оптимальные дозы фосфорных удобрений (к почвенно-биохимическим аспектам проблемы)

5 Danilova A.A. Optimal doses of phosphorous fertilizers (soil biochemical aspects of the problem)

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного

16 Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem

Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Немченко В.В. Эффективность применения фунгицидов для защиты яровой пшеницы от корневых гнилей

24 Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Filippov A.S., Nemchenko V.V. Efficiency of application of fungicides for spring wheat protection against root rots

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

- Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А.** Адаптивные реакции проростков пшеницы, дифференцирующие сорта при гипертермии **31** **Gurova T.A., Lugovskaya O.S., Svezhintseva E.A.** Adaptive reactions of wheat seedlings differentiating varieties under hyperthermia

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

- Полюдина Р.И.** Новый сорт клевера лугового Прима **41** **Polyudina R.I.** New cultivar of red clover Prima

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Маркова Т.О., Маслов М.В., Репш Н.В., Сахнов А.С.** Тахины (Diptera: Tachinidae, Tachininae) – паразиты насекомых-вредителей **47** **Markova T.O., Maslov M.V., Repsh N.V., Sakhnov A.S.** Tachinid flies (Diptera: Tachinidae, Tachininae) – parasites of insect pests
- Исачкова О.А., Ганичев Б.Л., Логинова А.О.** Устойчивость голозерного овса к головневым грибам в Западной Сибири **55** **Isachkova O.A., Ganichev B.L., Loginova A.O.** Resistance of hulless oats to smut fungi in Western Siberia

**ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ**

**ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE**

- Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З.** Продуктивные и племенные качества овец агинской породы зугалайского типа **62** **Khamiruev T.N., Volkov I.V., Bazaron B.Z.** Productive and breeding qualities of the sheep of Aginskaya breed, Zugalai type

**МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE**

- | | | |
|--|-----------|---|
| Павлова А.И., Каличкин В.К., Каличкин А.В. Создание цифровой модели рельефа с использованием беспилотного летательного аппарата | 70 | Pavlova A.I., Kalichkin V.K., Kalichkin A.V. Creation of the digital elevation model with the use of unmanned aerial vehicle |
| Усольцев С.Ф., Нестяк В.С., Ивакин О.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В. Обоснование привода механизма управления вентиляцией крупногабаритного укрытия экранного типа | 79 | Usoltsev S.F., Nestyak V.S., Ivakin O.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V. Feasibility evaluation of the ventilation control mechanism drive of a large screen canopy |
| Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А., Ёлкин О.В. Структурная схема по выбору технологий и технических средств в растениеводстве | 87 | Alt V.V., Isakova S.P., Lapchenko E.A., Elkin O.V. Structural scheme for the choice of technologies and technical means in plant growing |



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-1

УДК: 631.46: 631.85

ОПТИМАЛЬНЫЕ ДОЗЫ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ (К ПОЧВЕННО-БИОХИМИЧЕСКИМ АСПЕКТАМ ПРОБЛЕМЫ)

Данилова А.А.

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

Для цитирования: Данилова А.А. Оптимальные дозы фосфорных удобрений (к почвенно-биохимическим аспектам проблемы) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-1

For citation: Danilova A.A. Optimal'nye dozy fosfornykh udobrenii (k pochvenno-biokhimicheskim aspektam problem) [Optimal doses of phosphorous fertilizers (soil biochemical aspects of the problem)]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 5–15. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-1

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

В настоящее время проблема обеспечения фосфором почв Сибири значительно обострилась в сравнении с прошедшими десятилетиями. Это связано с практически полным прекращением применения фосфорных удобрений под зерновые культуры и резким удорожанием данных удобрений в сравнении с ценой зерна. Известны разные подходы к диагностике пула доступного растениям фосфора. В том числе предложены методы на основе применения препаратов фосфатаз, позволяющие оценивать подвижность фосфорорганических соединений в почве. Проведена оценка содержания ферментативно доступного фосфора в черноземе выщелоченном Приобья в зависимости от вида севооборота и применения фосфорных удобрений для поиска обоснования их оптимальных доз. После пяти ротаций трехпольного зернопарового севооборота фракция ферментативно доступного фосфора в почве не обнаружена на агрофонах без удобрений и при внесении относительно низких доз фосфора (P_{15}). Некоторый запас его в почве отмечен при ежегодном внесении P_{60} на фоне зернотравяного севооборота и длительном

OPTIMAL DOSES OF PHOSPHOROUS FERTILIZERS (SOIL BIOCHEMICAL ASPECTS OF THE PROBLEM)

Danilova A.A.

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

At present, the problem of supplying soils of Siberia with phosphorus has become much more acute in comparison with the past decades. This is due to virtually complete termination of the use of phosphate fertilizers for grain crops and a sharp increase in the price of these fertilizers compared to the price of grain. There are various approaches to diagnosing the pool of phosphorus available to plants, including methods based on the use of phosphatase preparations allowing to assess the mobility of organic phosphorous compounds in the soil. The content of biologically available soil phosphorus was assessed in the leached chernozem of Priobye, depending on the type of crop rotation and the use of phosphate fertilizers, with the aim of finding optimal doses of these fertilizers. After five rotations of three-field grain-fallow crop rotations, the fraction of biologically available soil phosphorus was not detected against the background of no fertilizers or with application of low doses of phosphorus (P_{15}). A certain reserve of phosphorus in the soil was found with the annual use of P_{60} on the grain-grass crop rotation and long-term application of manure on the farm crop rotation. It was concluded that in the forest-steppe

применении навоза в прифермском севообороте. Сделан вывод, что в лесостепи Приобья при применении под зерновые культуры фосфорных удобрений в дозе P_{15} , которая в среднемноголетнем цикле лет с различными условиями увлажнения компенсирует ежегодный вынос элемента с зерном, обеспечение растений фосфором может происходить без образования запасов ферментативно доступного фосфора. Ежегодное применение P_{60} способствует формированию запасов невостребованного фосфора в виде ферментативно доступной его фракции, что делает спорной экономическую целесообразность данной дозы удобрения.

Ключевые слова: фосфатазная активность почвы, ферментативно доступный фосфор почвы, севообороты, фосфорные удобрения, чернозем выщелоченный

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования органических соединений фосфора в почве связана, как минимум, с двумя позициями. Во-первых, фосфорорганические соединения составляют значительную (до 50–70% от общего содержания элемента) часть потенциально доступного растениям пула фосфора в почве [1]. Во-вторых, в последние годы осознается обострение новой экологической проблемы, связанной с последствиями применения в развитых странах мира высоких доз фосфорных удобрений «в запас». Оказалось, что за прошедшие годы значительная часть минерального фосфора из удобрений перешла в органическую, которая легко минерализуется и становится значимой причиной массовой эвтрофикации водоемов [2–4].

Для почв Сибири наиболее значим первый из указанных моментов, тесно связанный с определением экономически приемлемой дозы фосфорных удобрений. Ранее проведены обширные исследования по данной проблеме [5, 6]. Основное внимание в этих работах уделялось минеральным соединениям фосфора.

Как известно, высвобождение фосфора из его органических соединений происходит при воздействии ферментов микробного и растительного происхождения. Для успешного прохождения этого процесса в

of Priobye, the supply of plants with phosphorus can occur without the formation of biologically available soil phosphorus reserves, whereby the dose of phosphate fertilizer P_{15} compensates for the annual removal of the element with grain in the average multiyear cycle of years with different climate conditions. Annual application of P_{60} forms reserves of surplus phosphorus in the form of its biologically available fraction, which makes the economic efficiency of this dose of the fertilizer questionable.

Keywords: soil phosphatase activity, biologically available soil phosphorus, crop rotations, phosphate fertilizers, leached chernozem

почвенной среде должны присутствовать и фермент, и подходящий субстрат. Соответственно, о состоянии органических соединений фосфора (ОСФ) в почве можно судить как по наличию фермента, так и по состоянию субстрата. Для оценки наличия того или иного фермента (ферментативная активность) в почву вносят специфические субстраты и оценивают уровень активности имеющегося в почве фермента, т.е. изучают потенциальные возможности почвы к гидролизу ОСФ. Другой подход связан с оценкой наличия специфического субстрата для активации фермента. Для этого в почву вносят препараты ферментов, выделенных из растительных и микробных клеток, т.е. в этом блоке исследований изучают состояние субстрата, имеющегося в почве.

Ферментативную активность почвы достаточно широко изучают во всем мире. Данный показатель давно принят как один из критериев плодородия почвы [7]. Исследований по оценке специфического субстрата для активации фермента значительно меньше. Это связано прежде всего с проблемами методического характера. В данной области исследований в качестве продукта ферментативной реакции учитывают количество образовавшегося минерального фосфора, который быстро фиксируется в твердой фазе почвы, поэтому количественно оценить его

высвобождение достаточно сложно. Многие авторы изучали количество ферментативно доступного фосфора (ФДФ) в различных вытяжках из почвы: в водной [8, 9], цитратной [10], в вытяжке по Олсену [11]. В 2015 г. DeLusa с соавт. [12] предложили способ оценки ферментативно доступного фосфора путем прямой инкубации навесок почвы с ферментом. В данном способе определяют количество минерального фосфора, который может выделяться из ОСФ под воздействием фосфатазы. С агрохимической точки зрения последний подход может быть более информативным в сравнении с указанными выше, так как позволяет оценить запас ближайшего резерва биологически доступного фосфора в почве.

Цель исследования – определить количество минерального фосфора, высвобождаемого из органических соединений, под воздействием фермента фосфатазы в черноземе выщелоченном Приобья на агрофонах с различным уровнем поступления растительных остатков и внесения удобрений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2017–2018 гг. в стационарных полевых опытах СибНИИЗиХ СФНЦА РАН в окрестностях Новосибирска. Задействованы шесть севооборотов: четыре трехпольных зернопаровых, двухпольный зерновой, четырехпольный зернопаровой. Варианты опытов в севооборотах существенно различались по уровню внесения минеральных (в том числе и фосфорных) удобрений. Трехпольные зернопаровые севообороты различались набором культур и количеством поступающих в почву растительных остатков. В первом севообороте (чистый пар – пшеница – пшеница) солому удаляли с полей, стерню сжигали, во втором (чистый пар – пшеница – пшеница) – солому измельчали и рассеивали по полю, в третьем (викоовес на зеленую массу – пшеница – пшеница) – зеленую массу викоовса удаляли с поля, а солому также измельчали и рассеивали по полю, в четвертом (викоовес на сидерат – пшеница – пшеница) – биомассу викоовса и солому пшеницы заделывали

в почву. В каждом севообороте было три уровня удобренности: 1) У0 – без применения удобрений; 2) У1 ($N_{13}P_{15}$); 3) У2 ($N_{40}P_{15}$ на 1 га севооборотной площади). Азотные удобрения вносили под предпосевную культивацию, фосфорные – в запас в паровом поле (или под викоовес) в дозе 45 кг P_2O_5 /га. В севообороте пшеница – ячмень удобрения под пшеницу и ячмень вносили ежегодно под предпосевную культивацию в дозах N_{0^*} , N_{30^*} , N_{60^*} , N_{90^*} . Культуры севооборотов возделывали на интенсивном фоне, т.е. при одинаковом использовании гербицидов, инсектицидов и фунгицидов. Зяблевая обработка почвы – вспашка на глубину 25–27 см.

Образцы почвы отбирали также в зернотравяном севообороте клевер – озимая рожь – пшеница – ячмень, где ежегодно вносили фосфорные удобрения в дозе P_{60} . Также исследованы образцы почв, отобранные на производственных полях на территории ЗАО «Ирмень» (Новосибирская область), куда ежегодно вносили высокие дозы навоза (прифермские севообороты). Фосфатазную активность почвы определяли по Галстяну [13]. В качестве субстрата для гидролиза использовали фенофталеин фосфат натрия. Количество ФДФ определяли по прописи DeLusa с соавт. [12]. Для анализа использовали препарат кислой фосфатазы, выделенной из зародыша пшеницы (Sigma P3627; ECN 232-630-9). Подробная характеристика коммерческих препаратов кислых фосфатаз приведена в обзоре [14]. Кратко процедура анализа заключалась в следующем. Навеску свежей почвы заливали раствором фермента (0,02 э.е/мл) в ацетатном буфере (60 mM, pH 6,5), в качестве контроля такие же пробы ставили с буфером без фермента. Суспензии инкубировали 3 ч при температуре 30 °C в условиях непрерывного перемешивания. После инкубации суспензии центрифугировали и определяли содержание P_2O_5 с использованием реактива малахитового зеленого. Во втором этапе исследований для активации органического вещества образцы почвы подвергли регидратации по прописи Благодатского и др. [15]: почву нагревали 24 ч при температуре 65 °C. Далее все про-

цедуры анализа были выполнены по прописи DeLuca с соавт. [12].

Почва – старопашотный чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый с содержанием минерального фосфора по Чирикову 200–250, по Карпинскому – Замятиной – 0,36–0,68 мг P_2O_5 /кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние органического вещества в исследуемой почве после пяти ротаций трехпольных зернопаровых севооборотов представлено в табл. 1.

Наиболее значимые различия между вариантами опыта отмечены по содержанию углерода мортмассы – наиболее мобильной части почвенного органического вещества (ПОВ). В аспекте нашего исследования значимость данной фракции ПОВ связана, в частности, с тем, что она может быть источником фосфорорганических соединений и активатором почвенной микробиоты – важнейшего источника ферментов. Как и следовало ожидать, увеличение количества поступающего растительного вещества способствовало повышению показателей биологической активности почвы. При этом вклад факторов «вариант» (количество растительных остатков) и «удобренность» в вариации признаков были неоднозначными. Так, фактор «вариант» имел решающее значение в динамике углерода микробной биомассы, числа КОЕ микроорганизмов, утилизирующих минеральные источники азота (среда КАА) и протеазной активности. Удобрения преимущественно влияли на динамику КОЕ сапротрофных мик-

роорганизмов, нитрифицирующих автотрофов, разложения целлюлозы.

Динамика фосфатазной активности почвы представлена на рис. 1. На фоне без удобрений показатель слабо зависел от варианта опыта, т.е. поступление фермента в почву практически не зависело от содержания органического вещества в почве. На удобренном фоне фосфатазная активность почвы была ниже, чем на неудобренном. Степень снижения показателя составила ряд 75–40–25–10% соответственно в ряду вариантов удаление соломы – оставление соломы – занятый пар – сидеральный пар.

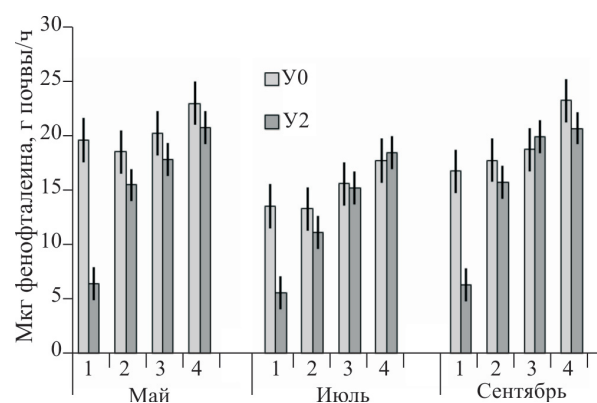


Рис. 1. Фосфатазная активность чернозема выщелоченного по вариантам опыта:

1 – удаление соломы с поля + чистый пар; 2 – оставление соломы на поле + чистый пар; 3 – оставление соломы на поле + занятый пар; 4 – оставление соломы на поле + сидеральный пар. Вертикальными линиями показан доверительный интервал при $p_{0.05}$

Fig. 1. Phosphatase activity of leached chernozem by the variants of the experiment:

1 – removal of straw from the field + bare fallow; 2 – leaving straw on the field + bare fallow; 3 – leaving straw on the field + cropped fallow; 4 – leaving straw on the field + green manure fallow. Vertical lines show confidence interval at $p_{0.05}$

Табл. 1. Содержание фракций органического вещества в черноземе выщелоченном после трех ротаций трехпольных зернопаровых севооборотов в среднем по фонам У0 и У2 [16]

Table 1. The content of organic matter fractions in leached chernozem after three rotations of three-field grain-fallow crop rotations (on average, variants У0 and У2) [16]

Вариант полевого опыта	В среднем по вариантам У0 и У2		
	Поступление растительных остатков, т С/га в год	С _{общ} , %	С _{морт} , мг/кг
Удаление соломы с поля + чистый пар	0,99	3,56	440
Оставление соломы на поле + чистый пар	2,57	3,66	690
Оставление соломы на поле + занятый пар	3,01	3,71	880
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	3,80	3,79	1040
НСР ₀₅		0,36	140

Этот факт может быть объяснен при помощи известных в литературе сведений об ингибировании активности почвенных фосфатаз при внесении фосфорных удобрений. Очевидно, что степень данного ингибирования была более выраженной в варианте удаления соломы, где относительно низкое содержание мортмассы приводило к снижению важнейших показателей биологической активности почвы. Таким образом, на фонах без удобрения поступление фермента фосфатазы в почву не зависело от содержания ПОВ. Внесение фосфорного удобрения подавляло активность фермента, и величина ингибирования была обратно пропорциональной содержанию ПОВ. Обеднение почвы мортмассой может привести к снижению устойчивости процесса снабжения растений фосфором как за счет снижения поступления фермента в среду, так и снижения запасов субстрата, важным источником которого являются растительные остатки.

На следующем этапе исследований мы попытались определить наличие в почве субстрата, доступного для ферментативного гидролиза. Содержание субстрата оценивали косвенно по количеству минерального фосфора, выделяющегося при инкубации почвы с ферментом. Количественно этот показатель представляет собой разность между содержанием P_2O_5 в опыте (буфер + фермент) и контролем (буфер). В условиях зернопарового севооборота органических соединений фосфора, доступных для гидролиза

фосфатазой, не обнаружили (см. табл. 2), что может быть связано как быстрой минерализацией образующихся ОСФ, так и консервативностью ПОВ старопахотной почвы. Существуют приемы для некоторой активации последнего. Наиболее известным из них является цикл сушки и увлажнения почвы – регидратация. В результате данной процедуры содержание подвижной фракции ПОВ, учитываемой в солевой вытяжке, повысилось до 10 раз (см. табл. 3). Принято считать, что данная фракция наряду с ПОВ включает содержимое клеток, разрушившихся в цикле сушки – увлажнения. Следовательно, можно ожидать высвобождения дополнительных субстратов для ферментативного гидролиза.

После регидратации мы смогли учесть некоторое количество фосфора, выделяемое из почвы в результате воздействия фермента. Отметим тенденцию к повышению показателя на фоне сидерального пара в сравнении с севооборотами с чистым паром. При этом влияние фона удобренности не было очевидным. Однако, как показали наши исследования в условиях зернового севооборота, ежегодное внесение только азотных удобрений также может сопровождаться некоторым увеличением искомой фракции органического фосфора, что может быть связано с повышением содержания подвижной части ПОВ (см. табл. 4).

Итак, в зернопаровых и зерновых севооборотах при применении относительно низких доз фосфорных удобрений (P_{15}) фракция

Табл. 2. Расчет ферментативно доступного фосфора в почве, P_2O_5 , мкг/кг

Table 2. Calculation of biologically available phosphorus in soil, P_2O_5 , $\mu g / kg$

Вариант опыта	Буфер 50 mM ацетатный pH 6,5	Буфер + фермент	Ферментативно доступный фосфор (ФДФ)
	A	B	B-A
У0			
Удаление соломы с поля + чистый пар	710	680	0*
Оставление соломы на поле + чистый пар	720	770	0
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	920	1020	0
$N_{40}P_{15}$			
Удаление соломы с поля + чистый пар	630	600	0
Оставление соломы на поле + чистый пар	840	790	0
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	1230	1300	0

Примечание. Различия между показателями, представленными в столбцах А и В, статистически недостоверны.

Табл. 3. Содержание ферментативно доступного фосфора в почве после регидратации P_2O_5 , мкг/кг (зернопаровой севооборот)

Table 3. The content of biologically available phosphorus in soil after rehydration P_2O_5 , $\mu g / kg$ (grain-fallow crop rotation)

Вариант опыта	С мг /кг (вытяжка 0,5 н K ₂ SO ₄)		Количество P ₂ O ₅ после регидратации, мкг/кг		ФДФ, мкг/кг
	Исходное содержание	После регидратации	Буфер	Буфер + фермент	
У0					
Удаление соломы с поля + чистый пар	18	180	650	820	200
Оставление соломы на поле + чистый пар	29	190	650	820	200
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	8	320	1120	1410	300
N ₄₀ P ₁₅					
Удаление соломы с поля + чистый пар	34	180	750	950	200
Оставление соломы на поле + чистый пар	35	260	750	950	200
Оставление соломы на поле + сидеральный пар	27	290	1470	1890	400

Табл. 4. Содержание ферментативно доступного фосфора в почве после регидратации, P_2O_5 , мкг/кг (зерновой севооборот пшеница – ячмень)

Table 4. The content of biologically available phosphorus in soil after rehydration, P_2O_5 , $\mu g / kg$ (wheat-barley grain crop rotation)

Вариант опыта	С мг/кг (вытяжка 0,5 н K_2SO_4)		Количество P_2O_5 после регидратации, мкг/кг		ФДФ, мкг/кг
	Исходное содержание	После регидратации	Буфер	Буфер + фермент	
N_0	37	166	300	400	100
N_{90}	47	193	300	500	200

органических соединений фосфора, доступная ферментативному гидролизу, за пять ротаций севооборотов не накопилась.

Накопление данной фракции отмечено в зернотравяном севообороте при длительном применении фосфорных удобрений в дозе P_{60} . При инкубации почвы с ферментом выделялось примерно 200 мкг P_2O_5 /кг (см. табл. 5). В почве с длительным внесением навоза данная величина достигала 1400 мкг P_2O_5 /кг.

Таким образом, инкубация свежей почвы с кислой фосфатазой, выделенной из зародыша пшеницы, не позволила выявить ферментативно доступные органические соединения фосфора в выщелоченном черноземе Приобья в агрофонах с относительно низким уровнем внесения фосфорных удобрений. При ежегодном внесении P_{60} в зернотравяном севообороте и внесении высоких доз навоза в прифермском севообороте обнаружили некоторый запас искомой фракции,

который может обеспечивать устойчивость снабжения растений фосфором. В целом, по результатам наших наблюдений, количество фосфора, которое может выделиться из старопашотного выщелоченного чернозема при ферментативном гидролизе органического вещества, составило 200–300 мкг P_2O_5 /кг, т.е. величина фракции близка показателям, получаемым методом определения легкодоступного для растений фосфора в почве по Карпинскому – Замятиной.

Для обсуждения полученных сведений сравним наши результаты с соответствующими показателями почв стран Европы. Как известно, в 70–80-е годы XX в. в развитых странах мира в почвы вносили большие дозы фосфорных удобрений «в запас», исходя из той точки зрения, что подвижность минеральных соединений фосфора в почве крайне низкая. Через несколько десятилетий выяснилось, что значимая часть внесенных минеральных соединений фосфора переходила

Табл. 5. Содержание ферментативно доступного фосфора в почве после регидратации, P_2O_5 , мкг/кг (зерноотрава с севооборотом)

Table 5. The content of biologically available phosphorus in soil after rehydration, P_2O_5 , $\mu\text{g} / \text{kg}$ (grain-grass crop rotation)

Вариант опыта	Исходная пропись		После регидратации		ФДФ, мкг/кг	
	Буфер	Буфер + фермент	Буфер	Буфер + фермент	Исходная пропись	Регидратация
Y_0						
Пар	620	690	1080	1320	0	200
Пшеница	900	1050	1040	1220	0	200
Клевер	970	1010	1710	2020	0	300
P_{60}						
Пар	1520	1910	1660	1970	400	300
Пшеница	1260	1550	1660	1960	300	300
Клевер	1160	1480	1410	1760	300	400
Доверительный интервал		70		70		

дит в органическую форму и заметно мигрирует в среде. На рис. 2 приведены сведения по балансу фосфора в почвах по некоторым регионам мира. Для исследуемой почвы сценарий очевидно сходен с таковым для Азии. В Западной Европе на протяжении многих лет доза вносимых фосфорных удобрений значительно превышала вынос элемента с

урожаем. Соответственно, как показали исследования DeLuca с соавт. (2015 г.), в этих почвах накопилась фракция биологически доступного фосфора, при ферментативном гидролизе которого выделялось 130–280 мг Р/кг почвы (примерно 400 мг P_2O_5 /кг), что на три порядка превышает показатели исследуемой почвы.

Таким образом, при существующей сис-

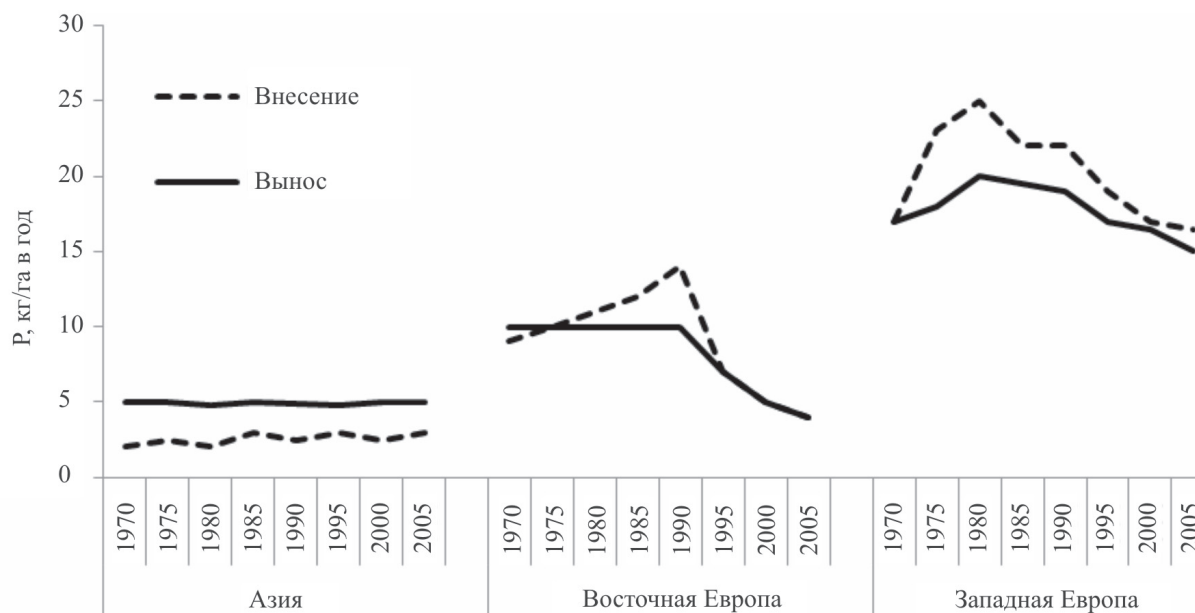


Рис. 2. Динамика внесения фосфора в почву с удобрениями и вынос его с урожаем по некоторым регионам мира за 1970–2005 гг. (по данным Sattari et al. [17]).

Примечание. Коэффициент пересчета Р в P_2O_5 равен 2,29.

Fig. 2. The dynamics of phosphorus introduction into soil with fertilizers and its removal with the harvest in some regions of the world for 1970–2005 (according to Sattari et al. [17]).

Note. Conversion coefficient of P into P_2O_5 equals 2.29.

теме применения фосфорных удобрений в выщелоченном черноземе Приобья иско- мую фракцию ферментативно доступного органического фосфора не обнаруживают или обнаруживают в количествах, существенно уступающих показателям почв на территории Европы, где в свое время вносили высокие дозы фосфора. Рассмотрим этот факт с точки зрения минерального питания зерновых культур в Приобье. В результате многолетних исследований на описываемых севооборотах установлено, что в благоприятные по погодным условиям годы даже на фонах без удобрений изучаемая почва в состоянии обеспечить вынос фосфора в количествах, достаточных для обеспечения урожайности зерна, равной примерно 6 т/га. В среднем за годы с разными условиями увлажнения бездефицитный баланс фосфора складывается при дозе P_{15} , которая компенсирует вынос элемента с урожаем¹. При данной дозе, как показали наши наблюдения, обеспечение растений фосфором идет без образования запасов ФДФ. При P_{60} ежегодно небольшой запас данной фракции обнаруживается, т.е. невостробованный фосфор откладывается в виде органических соединений, из которых фермент фосфатаза может высвободить минеральный фосфор. Наличие такого резерва важно для обеспечения устойчивости минерального питания растений. Однако с экономической точки зрения будет ли выгодно создавать этот запас при наличии возможности обеспечения растений фосфором при более низких дозах удобрения? Следовательно, в черноземе выщелоченном Приобья в условиях зерновых севооборотов доза фосфорного удобрения P_{15} , компенсирующая ежегодный вынос элемента с урожаем, является оптимальной.

ВЫВОДЫ

1. Фосфатазная активность чернозема выщелоченного Приобья в условиях зернопарового севооборота на неудобренном фоне не зависела от количества поступающих растительных остатков. Внесение P_{15} в сравнении с вариантом P_0 приводило к снижению показателя на 75–40–25–10% соответственно в ряду вариантов удаление соломы – оставление соломы – занятый пар – сидеральный пар.
2. Запас ферментативно доступного фосфора (ФДФ) не обнаружен в почве без применения фосфорного удобрения и при относительно низких его дозах (P_{15}).
3. Некоторый запас ФДФ в почве обнаружен при ежегодном внесении P_{60} и навоза в высоких дозах (прифермские севообороты).
4. Количество фосфора, которое может выделиться из старопашотного выщелоченного чернозема при ферментативном гидролизе органического вещества (ФДФ), составляло 200–300 мкг P_2O_5 /кг, т.е. величина фракции близка показателям, получаемым по методу Карпинского – Замятиной.
5. В лесостепи Приобья при применении под зерновые культуры фосфорных удобрений в дозе P_{15} , которая в среднемного-летнем цикле лет с различными условиями увлажнения компенсирует ежегодный вынос элемента с зерном, обеспечение растений фосфором может происходить без образования запасов ФДФ; ежегодное применение P_{60} способствует формированию запасов «невостробованного» фосфора в виде ФДФ, что делает спорной экономическую целесообразность данной дозы удобрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bünemann E.K.* Assessment of gross and net mineralization rates of soil organic Phosphorus. A review // *Soil Biology & Biochemistry*. 2015. Vol. 89. P. 82–98. DOI: [org/10.1016/j.soilbio.2015.06.026](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.06.026)

¹Колбин С.А., Самохвалова Л.М., Прозоров А.С. Влияние условий увлажнения вегетационного периода на вынос фосфора яровой пшеницей в лесостепи Приобья // Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: материалы Всерос. науч. конф., посвященной 110-летию Р.В. Ковалева. Новосибирск, 2018. С. 209.

2. *Dodd R.J., Sharpley A.N.* Recognizing the role of soil organic phosphorus in soil fertility and water quality // *Resources, Conservation and Recycling*. 2015. Vol. 105. P. 282–293. DOI: 10.1007/s10705-015-9726-1.
 3. *Rowe H., Withers P.J.A., Baas P., Chan N.I., Doody D., Holiman J., Jacobs B., Li H., Turner B.L., McKelvie I.D., Haygarth P.M., MacDonal G.K., McDowell R., Sharpley A.N., Shen J., Taheri W., Wallenstein M., Weintraub M.N.* Integrating legacy soil phosphorus into sustainable nutrient management strategies for future food, bioenergy and water security // *Nutr Cycl Agroecosyst*. 2016. Vol. 104. P. 393–412. DOI: org/10.1016/j.resconrec.2015.10.001
 4. *Moal M.L., Gascuel-Oudoux C., Munesguen A., Souchon Y., Ytrillard C., Levain A., Moatar F., Pannard A., Philippe Souchu P., Lefebvre A., Gilles Pinay G.* Eutrophication: A new wine in an old bottle? // *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 651. P. 1–11. DOI: org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139
 5. *Берхин Ю.И., Чагина Е.Г.* Установление оптимального уровня содержания подвижного фосфора в почве и затраты удобрений для его достижения // *Агрохимия*. 1982. № 11. С. 49–55.
 6. *Антипина Л.П., Пашкович Н.К., Малыгина Л.П.* Фосфор в почвенном покрове Западной Сибири // *Агрохимия*. 1988. № 5. С. 20–28.
 7. *Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A.* Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions // *Soil Biology & Biochemistry*. 2013. Vol. 58. P. 216–234. DOI: org/10.1016/j.soilbio.2012.11.009
 8. *Turner B.L., McKelvie I.D., Haygarth P.M.* Characterisation of water-extractable soil organic phosphorus by phosphatase hydrolysis // *Soil Biology and Biochemistry*. 2002. Vol. 34. P. 27–35. PII:S0038-0717(01)00144-4
 9. *Turner B.L., Cade-Menun B.J., Condron L.M., Susan Newman S.* Extraction of soil organic phosphorus // *Talanta*. 2005. Vol. 66. P. 294–306. DOI: 10.1016/j.talanta.2004.11.012
 10. *Darch T., Blackwell M.S.A., Chadwick D., Haygarth P.M., Hawkins J.M.B., Turner B.L.* Assessment of bioavailable organic phosphorus in tropical forest soils by organic acid extraction and phosphatase hydrolysis // *Geoderma*. 2016. Vol. 284. P. 93–102. DOI: org/10.1016/j.geoderma.2016.08.018
 11. *Sun D., Bi Q., Xu H., Li K., Liu X., Zhu J., Zhang Q., Jin C., Lu L., Lin X.* Degree of short-term drying before rewetting regulates the bicarbonate extractable and enzymatically hydrolyzable soil phosphorus fractions // *Geoderma*. 2017. Vol. 305. P. 136–143. DOI: org/10.1016/j.geoderma.2017.05.040
 12. *DeLuca T.H., Glanville H.C., Harris M., Emmett B.A., Pingree M.R.A., de Sosa L.L., a-Moreno C.C., Jones D.L.* A novel biologically-based approach to evaluating soil phosphorus availability across complex landscapes // *Soil Biology & Biochemistry*. 2015. Vol. 88. P. 110–119. DOI: org/10.1016/j.soilbio.2015.05.016
 13. *Методы почвенной микробиологии и биохимии.* М.: Издательство Московского государственного университета, 1980. 223 с.
 14. *Tazisong I.A., Senwo Z.N., He Z.* Phosphatase Hydrolysis of Organic Phosphorus Compounds // *Advances in Enzyme Research*. 2015. Vol. 3. P. 39–51. DOI: org/10.4236/aer.2015.32005nms106961038
 15. *Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.С.* Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве // *Почвоведение*. 1987. № 4. С. 64–71.
 16. *Шарков И.Н., Колбин С.А., Прозоров А.С., Самохвалова Л.М.* Плодородие чернозема выщелоченного и урожайность яровой пшеницы при многолетнем удалении соломы с поля в лесостепи Западной Сибири // *Агрохимия*. 2016. № 11. С. 12–18.
 17. *Sattari S.Z., Bouwman A.F., Martinez Rodríguez R., Beusen A.H.W., van Ittersum M.K.* Negative global phosphorus budgets challenge sustainable intensification of grasslands // *Nature communications*. 2016. DOI:10.1038.
- ## REFERENCES
1. *B  nemann E.K.* Assessment of gross and net mineralization rates of soil organic Phosphorus. A review. *Soil Biology & Biochemistry*. 2015, vol. 89, pp. 82–98. DOI: org/10.1016/j.soilbio.2015.06.026.
 2. *Dodd R.J., Sharpley A.N.* Recognizing the role of soil organic phosphorus in soil fertility and water quality. *Resources, Conservation and*

- Recycling*. 2015, vol. 105, pp. 282–293. DOI: 10.1007/s10705-015-9726-1.
3. Rowe H., Withers P.J.A., Baas P., Chan N.I., Doody D., Holiman J., Jacobs B., Li H., Turner B. L., McKelvie I.D., Haygarth P.M. MacDonald G.K., McDowell R., Sharpley A.N., Shen J., Taheri W., Wallenstein M., Weintraub M.N. Integrating legacy soil phosphorus into sustainable nutrient management strategies for future food, bioenergy and water security. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2016, vol. 104, pp. 393–412. DOI: org/10.1016/j.resconrec.2015.10.001.
 4. Moal M.L., Gascuel-Oudou C., Mñesguen A., Souchon Y., Ĩtrillard C., Levain A., Moatar F., Pannard A., Philippe Souchu P., Lefebvre A., Gilles Pinay G. Eutrophication: A new wine in an old bottle? *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 651, pp. 1–11. DOI: org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139.
 5. Berkhin YU.I., Chagina E.G. Ustanovlenie optimal'nogo urovnya sodержaniya podvizhnogo fosfora v pochve i zatraty udobrenij dlya ego dostizheniya [The establishment of the optimal level of mobile phosphorus in the soil and the cost of fertilizers to achieve it]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. 1982, no. 11, pp. 49–55. (In Russian).
 6. Antipina L.P., Pashkovich N.K., Malygina L.P. Fosfor v pochvennom pokrove Zapadnoj Sibiri [Phosphorus in the soil cover of Western Siberia]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 1988, no. 5, pp. 20–28. (In Russian).
 7. Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. *Soil Biology & Biochemistry*. 2013, vol. 58, pp. 216–234. DOI: org/10.1016/j.soilbio.2012.11.009.
 8. Turner B.L., McKelvie I.D., Haygarth P.M. Characterization of water-extractable soil organic phosphorus by phosphatase hydrolysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, vol. 34, pp. 27–35. PII: S0038-0717(01)00144-4.
 9. Turner B.L., Cade-Menun B.J., Condron L.M., Susan Newman S. Extraction of soil organic phosphorus. *Talanta*, 2005, vol. 66, pp. 294–306. DOI: 10.1016/j.talanta.2004.11.012.
 10. Darch T., Blackwell M.S.A., Chadwick D., Haygarth P.M., Hawkins J.M.B., Turner B.L. Assessment of bioavailable organic phosphorus in tropical forest soils by organic acid extraction and phosphatase hydrolysis. *Geoderma*, 2016, vol. 284, pp. 93–102. DOI: org/10.1016/j.geoderma.2016.08.018.
 11. Sun D., Bi Q., Xu H., Li K., Liu X., Zhu J., Zhang Q., Jin C., Lu L., Lin X. Degree of short-term drying before rewetting regulates the bicarbonate extractable and enzymatically hydrolyzable soil phosphorus fractions. *Geoderma*, 2017, vol. 305, pp. 136–143. DOI: org/10.1016/j.geoderma.2017.05.040
 12. DeLuca T.H., Glanville H.C., Harris M., Emmett B.A., Pingree M.R.A., de Sosa L.L., a-Moreno C.C., Jones D.L. A novel biologically-based approach to evaluating soil phosphorus availability across complex landscapes. *Soil Biology & Biochemistry*, 2015, vol. 88, pp. 110–119. DOI: org/10.1016/j.soilbio.2015.05.016
 13. Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimiI. [Methods of soil microbiology and biochemistry]. M.: Izd-vo MGU [Moscow: MSU Publ.], 1980. 223 p.
 14. Tazisong I.A., Senwo Z.N., He Z. Phosphatase Hydrolysis of Organic Phosphorus Compounds. *Advances in Enzyme Research*. 2015, vol.3, pp. 39–51. DOI: org/journal/aerhttp://dx.doi.org/10.4236/aer.2015.32005nms106961038
 15. Blagodatskii S.A., Blagodatskaya E.V., Gorbenco A.YU., Panikov N.S. Regidratatsionnyi metod opredeleniya biomassy mikroorganizmov v pochve [Rehydration technique for microbial biomass determination in soil] *Pochvo-vedenie*. [Eurasian Soil Science]. 1987, no. 4, pp. 64–71. (In Russian).
 16. Sharkov I.N., Kolbin S.A., Prozorov A.S., Samokhvalova L.M. Plodorodie chernozema vyshchelochennogo i urozhnost' yarovoi pshenitsy pri mnogoletnem udalenii solomy s polya v lesostepi Zapadnoi Sibiri [The fertility of leached chernozem and productivity of spring wheat under the long-term removal of straw from fields in the Western Siberia forest-steppe]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. 2016, no. 11, pp. 12–18. (In Russian).
 17. Sattari S.Z., Bouwman A.F., Martinez Rodręrguez R., Beusen A.H.W., Van Ittersum M.K. Negative global phosphorus budgets challenge sustainable intensification of grasslands. *Nature communications*. 2016, 7: 10696 DOI: 10.1038.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

(✉) **Данилова А.А.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501 Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: Danilova7alb@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Danilova A.A.** Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: Danilova7alb@yandex.ru

Финансовая поддержка

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания ГЗ 0778-2018-0002.

Благодарность

Автор выражает искреннюю благодарность с.н.с. С.А. Колбину (СибНИИЗиХ), с.н.с. канд. биол. наук О.П. Якутиной (ИПА СО РАН) за ценные замечания в процессе подготовки рукописи к печати.

Дата поступления статьи 27.03.2019

Received by the editors 27.03.2019

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н.

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Кемеровская область, пос. Новостройка, Россия

Для цитирования: Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 16–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-2

For citation: Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Vliyanie razlichnykh sistem obrabotki pochvy na agrofizicheskie svoistva chernozema vyshchelochennogo [Influence of various systems of soil tillage on agrophysical properties of leached chernozem] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 16–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-2

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты исследований влияния различных систем обработки на плотность почвы и ее агрегатный состав. Исследования проведены в длительном стационаре на посевах ярового ячменя Никита в Кемеровской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесиловый среднесуглинистый. Изучены системы обработки почвы по предшественнику гороху: отвальная глубокая, комбинированная глубокая, комбинированная минимальная, нулевая. Годы проведения исследований (2015–2018) различались по теплообеспеченности и количеству осадков. Это позволило изучить и провести сравнительную оценку влияния различных систем обработки почвы чернозема выщелоченного на агрофизические свойства почвы. Условия года не оказали существенного влияния на плотность почвы при всех изучаемых системах обработки в чистых и бинарных посевах ярового ячменя, показатели варьировали от 1,87 до 6,72%. В сравнении с отвальной глубокой обработкой (контроль) произошло увеличение плотности почвы при нулевой системе обработки в чистых посевах ярового ячменя на 6,2%, в бинарных посевах на 9,4%, однако показатели не выходили за рамки оптимальных значений – 1,02–1,05 г/см³. Оптимальная равновесная плотность почвы для основных подтипов черноземов составляет 1,0–1,25 г/см³.

INFLUENCE OF VARIOUS SYSTEMS OF SOIL TILLAGE ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM

Pakul A.L., Lapshinov N.A.,
Bozhanova G.V., Pakul V.N.

Kemerovo Research Institute of Agriculture –
Branch of the Siberian Federal Scientific Centre
of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy
of Sciences

Novostroika, Kemerovo region, Russia

The paper presents the results of research into the effect of different soil tillage systems on soil density and structure. The research was conducted in a long-term stationary experiment on the crops of Nikita spring barley. The soil of the experimental plot is classified as leached, medium-textured, medium-humus, heavy-loam chernozem. The following soil tillage systems with peas as a forecrop were studied: deep moldboard, deep combined, minimum combined and zero. The years of research (2015–2018) differed in heat availability and amount of precipitation. This allowed to study and carry out comparative assessment of the effect of various soil tillage systems of leached chernozem on agrophysical properties of soil. Yearly weather conditions had no significant effect on soil density with all the studied soil tillage systems in single and binary crops of spring barley, whereby the indicators varied from 1.87 to 6.72%. Compared to deep moldboard tillage (control), there was an increase in soil density with zero tillage in single-crop sowings of spring barley by 6.2%, and in binary crops – by 9.4%. However, the indices were not beyond optimum values of 1.02–1.05 g/cm³. The optimum equilibrium soil density for the main subtypes of chernozems is 1.0–1.25 g/cm³. Minimum combined soil tillage system resulted in

В чистых и бинарных посевах ярового ячменя по содержанию ценных структурных агрегатов 0,25–10 мм стабильные показатели имела комбинированная минимальная обработка почвы – 68,3–68,9%, коэффициент структурности соответственно 2,15 и 2,21. Установлено, что воздействие системы обработки почвы на создание ценных структурных агрегатов составляет 21,4%, условия года – 11,8, вид посева – 25,5%.

Ключевые слова: яровой ячмень, система обработки почвы, агрегатный состав, плотность почвы, коэффициент структурности

ВВЕДЕНИЕ

При длительном использовании почв в агроценозе часто наблюдается снижение почвенного плодородия, которое выражается в сокращении запасов органического вещества, ухудшении агрофизических свойств почвы и снижении урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее подвержены подобной деградации почвы с более низким плодородием – дерново-подзолистые и серые лесные, в меньшей степени – черноземы [1].

Улучшить воспроизводство почвенного плодородия в севооборотах позволяет комплексное использование возобновляемых биоресурсов – пожнивных остатков, соломы, сидеральных культур. Солома медленно минерализуется, однако ее органическое вещество в большей мере трансформируется в гумусовые соединения [2–4].

В современном сельскохозяйственном производстве в значительной степени используются ресурсосберегающие технологии (комбинированные, минимальные, нулевые), при которых агрофизическим факторам плодородия почвы необходимо уделять особое внимание.

Плотность почвы – основной, наиболее важный показатель физического состояния почвы для возделывания сельскохозяйственных культур [5, 6]. Отклонение плотности почвы от оптимальных значений как в меньшую, так и в большую сторону ухудшает условия для роста и раз-

вития растений, способствует снижению урожайности культур [7].

Исследованиями, проведенными на южных черноземах Саратовского Правобережья, установлено, что при минимализации основной обработки плотность почвы не превышает оптимальных значений – 1,1–1,3 г/см³ [8]. Аналогичные результаты получены в условиях Красноярской лесостепи на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса до 8,0%. Плотность почвы при различных основных обработках почвы (отвальная вспашка на глубину 20–22, плоскорезное рыхление на 20–22 см, поверхностная обработка дисковым на 8–10 см, без обработки) не превышала 0,92–1,01 г/см³ [9].

Keywords: spring barley, soil tillage system, soil structure, soil density, coefficient of soil structural properties

Благоприятные физические свойства – основа и необходимое условие реализации потенциального почвенного плодородия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. В связи с этим создание и поддержание оптимального сложения пахотного слоя с помощью разных систем обработки почвы – актуальная задача современного земледелия [10]. Динамичность процессов, происходящих в почве под влиянием обработки, а также действие ее на плодородие требуют систематического изучения изменений агрофизических показателей в почве.

Цель исследований – изучить влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-исследовательскую работу проводили в длительном стационаре лаборатории земледелия и химизации Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН. На основе применения посевного комплекса прямого посева Томь-5,1 по завершении третьей ротации (2007–2018 гг.) зернопарового севооборота пар (чистый, сидеральный) – пшеница – горох – ячмень (в чистом виде и ячмень с подсевом донника) изучены следующие системы обработки почвы:

– отвальная глубокая – ежегодно под все культуры основная обработка – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 25–27 см, весной закрытие влаги БЗТ-1, С-11, предпосевная культивация АКП «Лидер-2,1»;

– комбинированная глубокая – ежегодно под все культуры плоскорезная основная обработка на глубину 25–27 см плоскорезом КПП-250, весной закрытие влаги БЗТ-1, С-11, предпосевная культивация КПС-4,2;

– комбинированная минимальная – ежегодно под все культуры плоскорезная основная обработка на глубину 12–14 см плоскорезом КПП-250, весной закрытие влаги БЗТ-1, С-11, предпосевная культивация КПЭ-3,8;

– нулевая – ежегодно под все культуры основную обработку не проводили, весной прямой посев осуществляли посевным комплексом.

На всех системах обработки почвы посев проведен посевным комплексом Томь-5,1. Изучение агрофизических свойств почвы проводили в 2015–2018 гг. при третьей ротации севооборота. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

Табл. 1. Гидротермический коэффициент в период вегетации ярового ячменя

Table 1. Hydrothermal coefficient during vegetation of spring barley

Год	Гидротермический коэффициент (ГТК)			
	Май	Июнь	Июль	Август
2015	1,45	0,56	1,07	0,96
2016	0,50	0,37	1,73	0,63
2017	0,47	0,46	1,80	1,10
2018	0,0	2,41	1,92	0,42

Содержание гумуса в пахотном слое 8,2%. Площадь опытных делянок по обработкам почвы 4720 м², учетная – 100 м², повторность четырехкратная. Объекты исследований – системы обработки почвы, яровой ячмень Никита. Определение агрофизических свойств почвы проводили по Н.А. Качинскому¹, статистическую обработку полученных данных – методами вариационного, дисперсионного анализов по методике Б.А. Доспехова² в обработке компьютерных программ О.Д. Сорокина³. Годы проведения исследований (2015–2018) различались по теплообеспеченности и количеству осадков, что позволило изучить и провести сравнительную оценку влияния различных систем обработки почвы выщелоченного чернозема на агрофизические свойства почвы. Значительный недостаток влаги в период всходы – выход в трубку отмечен в 2015–2017 гг. ГТК в период закладки генеративных органов составил от 0,37 до 0,56, наиболее благоприятным был 2018 г. – ГТК = 2,41 (см. табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка почвы, являясь одним из основных элементов системы земледелия, при правильном использовании способствует созданию окультуренного пахотного

¹Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева; 3-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1980. 272 с.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

³Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

слоя, оптимизирует его агрофизические показатели [11–15].

При посеве ярового ячменя в чистом виде по средним показателям за 2015–2018 гг. плотность почвы на контроле составила 0,96 г/см³. Снижение на 7,0% отмечено при комбинированной глубокой системе обработки и увеличение на 6,2% при нулевой (см. табл. 2).

В зависимости от условий года плотность почвы в чистых и бинарных посевах ячменя значительных различий не имела. Вариабельность показателя в зависимости от условий года была низкой при всех системах обработки почвы: отвальной глубокой – 1,98%, комбинированной минимальной – 3,54, нулевой – 4,20, комбинированной глубокой – 6,72%. В посевах ячменя с подсевом донника данная тенденция сохранялась, вариабельность показателей плотности почвы при различных системах обработки составила 1,87–4,44%.

При подпокровном подсеве донника плотность почвы в посевах ячменя при комбинированной глубокой системе обработки повышалась в сравнении с контро-

лем (отвальная глубокая) на 0,07 г/см³, при комбинированной минимальной – на 0,11, при нулевой – на 0,09 г/см³. Доля влияния системы обработки на плотность почвы в целом по опыту составила 17,9%, вид посева – 33,6%. Несмотря на имеющиеся различия по плотности почвы в зависимости от системы обработки, показатели не выходили за рамки оптимальных значений – 0,89–1,07 г/см³.

В настоящее время существует отчетливая тенденция к минимализации обработки почвы и прямому посеву [16]. Оптимальная равновесная плотность для основных подтипов черноземов составляет 1,0–1,25 г/см³. При таких ее значениях возможно использовать минимальные технологии обработки почвы [17].

При оценке структурного состояния почвы выявлено, что при комбинированной глубокой, комбинированной минимальной, нулевой системах обработки содержание ценных структурных агрегатов 0,25–10 мм в сравнении с контролем (отвальная глубокая) в посевах ячменя в чистом виде увеличивается, при этом сни-

Табл. 2. Плотность почвы в зависимости от системы обработки, г/см³

Table 2. Soil density depending on the tillage system, g/cm³

Система обработки почвы (фактор А)	Год исследований (фактор В)				Среднее
	2015	2016	2017	2018	
Ячмень в чистом виде (фактор С)					
Отвальная глубокая (контроль)	0,98	0,94	0,98	0,96	0,96
Комбинированная глубокая	0,92	0,93	0,80	0,90	0,89
Комбинированная минимальная	0,92	0,96	1,00	0,98	0,96
Нулевая	0,97	1,03	1,07	1,00	1,02
Среднее	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96
Ячмень с подсевом донника					
Отвальная глубокая (контроль)	0,99	0,99	0,90	0,97	0,96
Комбинированная глубокая	1,00	1,04	1,04	1,02	1,03
Комбинированная минимальная	1,04	1,10	1,09	1,06	1,07
Нулевая	1,05	1,08	1,04	1,04	1,05
Среднее	1,02	1,05	1,02	1,02	1,03
НСР ₀₅ для фактора А	0,013	0,023	0,042	0,045	0,046
для фактора В	0,007	0,012	0,021	0,023	0,046
для фактора С	0,023	0,041	0,073	0,079	0,033

Табл. 3. Агрегатный состав почвы в слое 0–30 см (2015–2018 гг.), %

Table 3. Soil structure in the layer of 0-30 cm (2015–2018), %

Система обработки почвы (фактор А)	Агрегаты			К*
	> 10**	0,25–10***	< 0,25****	
<i>Ячмень в чистом виде</i>				
Отвальная глубокая	36,0	63,1	0,9	1,71
Комбинированная глубокая	32,1	67,2	0,7	2,05
Комбинированная минимальная	31,0	68,3	0,7	2,15
Нулевая	35,3	64,2	0,5	1,79
<i>Ячмень с подсевом донника</i>				
Отвальная глубокая	30,8	68,8	0,4	2,20
Комбинированная глубокая	35,2	64,3	0,5	1,80
Комбинированная минимальная	30,7	68,9	0,4	2,21
Нулевая	33,7	65,6	0,7	1,91

Примечание К* – коэффициент структурности (отношение суммы агрегатов размером от 0,25 до 10 мм к сумме агрегатов и < 0,25 и > 10, полученных при сухом просеивании); **макроагрегаты, ***мезоагрегаты, ****микроагрегаты.

жается доля глыбистой фракции (макроагрегаты больше 10 мм) (см. табл. 3).

Такая тенденция в посевах ярового ячменя в чистом виде наиболее четко прослеживается при комбинированной глубокой и комбинированной минимальной системах обработки почвы. Содержание мезоагрегатов при данных обработках составило соответственно 67,2 и 68,3%, в контроле – 63,1%.

При отвальной обработке имеют место негативные последствия: разрушается естественное сложение почвы, меняется верхний и нижний слой местами, из-за этого угнетается почвенная фауна, нарушается структура и водопрочность агрегатов, увеличивается количество макроагрегатов. Перепаханная почва быстрее высыхает, подвергается эрозии, уменьшается содержание органического вещества [18].

Структурность почвы можно охарактеризовать не только количеством ценных агрегатов, но и коэффициентом структурности, который показывает отношение содержания агрономически ценных агрегатов к сумме содержания глыбистой и пылеватой фракций. В посевах ярового ячменя в чистом виде при комбинированной глубокой и комбинированной минимальной системах обработки почвы отмечен

наиболее высокий коэффициент структурности (К) – 2,05–2,15, на контроле – 1,71, при нулевой обработке – 1,79.

В посевах ячменя с подсевом донника коэффициент структурности практически одинаковый при отвальной глубокой и комбинированной минимальной системах обработки почвы – 2,20 и 2,21 соответственно. При комбинированной глубокой и нулевой системах уменьшается содержание мезоагрегатов в сравнении с контролем на 4,5 и 3,2% (К – 1,80 и 1,91).

Установлено, что воздействие системы обработки почвы на создание ценных структурных агрегатов составляет 21,4%, условий года – 11,8, вида посева – 25,5%.

ВЫВОДЫ

1. По средним показателям за 2015–2018 гг., в чистых посевах ярового ячменя по предшественнику гороху при комбинированной минимальной системе обработки плотность почвы находится на уровне контроля (отвальная глубокая) – 0,96 г/см³. Снижение на 7,0% по отношению к контролю отмечено при комбинированной глубокой системе обработки и увеличение на 6,2% при нулевой.

2. При подпокровном посеве донника плотность почвы в посевах ячменя по-

вышается в сравнении с контролем на 0,07 г/см³ при комбинированной глубокой системе обработки, на 0,11 г/см³ – комбинированной минимальной, на 0,09 г/см³ – нулевой. Доля влияния системы обработки на плотность почвы в целом по опыту составляет 17,9%, вида посева – 33,6%.

3. Условия года не оказали существенного влияния на плотность почвы при всех изучаемых системах обработки в чистых и бинарных посевах ярового ячменя, варибельность показателей низкая – 1,87–6,72%.

4. Наибольшее содержание ценных структурных агрегатов 0,25–10 мм в посевах ячменя в чистом виде отмечено при комбинированной глубокой, комбинированной минимальной, нулевой системах обработки – 67,2; 68,3; 64,3% соответственно, в контроле – 63,1%. Коэффициент структурности (К) при данных системах обработки – 2,05; 2,15; 1,79 (в контроле 1,71).

5. В бинарных посевах ячменя коэффициент структурности при отвальной глубокой и комбинированной минимальной системах обработки почвы – 2,20 и 2,21 соответственно, при комбинированной глубокой и нулевой системах – 1,80 и 1,91. Установлено, что воздействие системы обработки почвы на создание ценных структурных агрегатов составляет 21,4%, условий года – 11,8, вида посева – 25,5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киричьева Л.В., Лентяева Е.А.* Восстановление антропогенно деградированных почв земель сельскохозяйственного назначения // *Агрохимический вестник*. 2016. № 5. С. 2–6.
2. *Сиротина Е.А., Сорокин И.Б., Петровская О.А.* Влияние биоресурсов агроценозов на урожайность зерновых культур в подтаежной зоне Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. Т. 29. № 1. С. 17–19.
3. *Лукин С.В., Заздравных Е.А., Празина Е.А.* Мониторинг содержания органического вещества в почвах ЦЧО // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 3. С. 15–18.
4. *Орлова О.В., Андронов Е.Е., Воробьев Н.И., Колодяжный А.Ю., Москалевская Ю.П., Патыка Н.В., Свиридова О.В.* Состав и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерновоподзолистой почве // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 3. С. 305–314.
5. *Николаев В.А., Мазиров М.А., Зинченко С.И.* Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства и структурное состояние почвы // *Земледелие*. 2015. № 5. С. 18–20.
6. *Горянин О.И., Чуданов И.А.* Влияние систем обработки почвы на плотность чернозема обыкновенного в Заволжье // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. № 7. С. 44–47.
7. *Шашкаров Л.Г., Овчинников А.П.* Плотность сложения пахотного слоя почвы в зависимости от сорта и приемов основной обработки почвы // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2016. Т. 11. № 1. С. 39–42.
8. *Солодовников А.П., Летучий А.В., Степанов Д.С., Шагиев Б.З., Линьков А.С.* Динамика плотности почвы чернозема южного при минимализации основной обработки // *Земледелие*. 2015. № 1. С. 5–7.
9. *Романов В.Н., Ивченко В.К., Ильченко И.О., Луганцева М.В.* Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32. № 5. С. 32–34.
10. *Никитин В.В., Соловichenko В.Д., Навальнев В.В., Карабутов А.П.* Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на изменения органического вещества в черноземе типичном // *Агрохимия*. 2017. № 2. С. 3–10.
11. *Samofalova I.A., Kamenskih N.Y., Alikina A.N.* Effect of the Main Treatment Methods on the Qualitative Composition of Humus Sod-Podzolic Soils in the Perm Region // *Soil-Water Journal*. 2013. Vol. 2. No. 2 (1). P. 951–958.
12. *Самофалова И.А., Каменских Н.А., Кизилкая Р. и др.* Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы // *Пермский аграрный вестник*. 2015. № 9 (14). С. 55–64.

13. Кирюшин В.И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие 2018. № 3. С. 3–8.
14. Сорокина М.В. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы в зависимости от интенсивности обработки // Вестник сельского развития и социальной политики. 2018. № 1 (17). С. 20–22.
15. Самофалова И.А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне // Земледелие. 2019. № 1. С. 24–28.
16. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В. Изменение органического вещества чернозема выщелоченного при минимализации обработки в лесостепи Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 7. С. 892–899.
17. Чевердин Ю.И., Сапрыкин С.В., Чевердин А.Ю., Рябцев А.Н. Трансформация физических показателей черноземов в результате агрогенного воздействия // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 3. С. 5–11.
18. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 3–6.
4. Orlova O.V., Andronov E.E., Vorob'yov N.I., Kolodyazhnyj A.YU., Moskaevskaya YU.P., Patyka N.V., Sviridova O.V. Sostav i funkcionirovanie mikrobnogo soobshchestva pri razlozhenii solomy zlakovykh kul'tur v dervopodzolistoj pochve [Composition and functioning of microbial communities in the decomposition of straw cereals in sod podzolic soil]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2015, vol. 5, no. 3, pp. 305–314. (In Russian).
5. Nikolaev V.A., Mazirov M.A., Zinchenko S.I. Vliyanie raznykh sposobov obrabotki na agrofizicheskie svoystva i strukturnoe sostoyanie pochvy [Influence of different tillage systems on agrophysical properties and structural condition of soil]. *Zemledelie* [Magazine “Zemledelie”], 2015, no. 5, pp. 18–20. (In Russian).
6. Goryanin O.I., Chudanov I.A. Vliyanie sistem obrabotki pochvy na plotnost' chernozyoma obyknovennogo v Zavolzh'e [Influence of soil tillage systems on density of ordinary chernozem in Zavolzhye]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, vol. 31, no. 7, pp. 44–47. (In Russian).
7. Shashkarov L.G., Ovchinnikov A.P. Plotnost' slozheniya pahotnogo sloya pochvy v zavisimosti ot sorta i priyomov osnovnoj obrabotki pochvy [Density composition of topsoil, depending on variety and methods of basic soil cultivation]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Kazan State Agrarian University], 2016, vo. 11, no. 1, pp. 39–42. (In Russian).
8. Solodovnikov A.P., Letuchij A.V., Stepanov D.S., SHagiev B.Z., Lin'kov A.S. Dinamika plotnosti pochvy chernozyoma yuzhnogo pri minimalizatsii osnovnoj obrabotki [The dynamics of the southern chernozem density while minimizing the primary tillage]. *Zemledelie* [Magazine “Zemledelie”], 2015, no. 1, pp. 5–7. (In Russian).
9. Romanov V.N., Ivchenko V.K., Il'chenko I.O., Luganceva M.V. Vliyanie priyomov osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote na dinamiku vlazhnosti i agrofizicheskie svoystva chernozyoma vyshchelochennogo [Influence of tillage methods in a crop rotation on moisture dynamics and agrophysical properties of leached chernozem]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of

REFERENCES

- AIC], 2018. vol. 32, no. 5, pp. 32–34. (In Russian).
10. Nikitin V.V., Solovichenko V.D., Naval'nev V.V., Karabutov A.P. Vliyanie sevooborotov, sposobov obrabotki pochvy i udobrenij na izmeneniya organicheskogo veshchestva v chernozyome tipichnom [The effects of crop rotation, soil tillage method and fertilizers on organic matter content in typical chernozem]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2017, no. 2, pp. 3–10. (In Russian).
 11. Samofalova I.A., Kamenskih N.Y., Alikina A.N. Effect of the Main Treatment Methods on the Qualitative Composition of Humus Sod-Podzolic Soils in the Perm Region. *Soil-Water Journal*, 2013, vol. 2, no. 2 (1), pp. 951–958.
 12. Samofalova I.A., Kamenskih N.A., Kizilkaya R. i dr. Vliyanie priyomov osnovnoj obrabotki v yuzhno-tayozhnoj podzone na gumusnoe sostoyanie derno-podzolistoj pochvy [Influence of primary tillage practices in South-Taiga subzone on organic matter state in sod-podzolic soil]. *Permskij agrarnyj vestnik* [Perm Agrarian Journal], 2015, no. 9 (14), pp. 55–64. (In Russian).
 13. Kiryushin V.I. Zadachi nauchno-innovacionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii [Tasks of scientific and innovative support of agriculture in Russia]. *Zemledelie* [Magazine “Zemledelie”], 2018, no. 3, pp. 3–8. (In Russian).
 14. Sorokina M.V. Strukturno-agregatnyj sostav i vodoprochnost' pochvy v zavisimosti ot intensivnosti obrabotki [Structural-aggregate composition and water resistance of the soil depending on the intensity of treatment]. *Vestnik sel'skogo razvitiya i social'noj politiki* [Bulletin of Rural Development and Social Policy], 2018, no. 1 (17), pp. 20–22. (In Russian).
 15. Samofalova I.A. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki na strukturno-agregatnyj sostav derno-podzolistoj pochvy v Nechernozomnoj zone [Influence of tillage methods on structural and aggregate composition of sod-podzolic soil in the non-chernozem zone]. *Zemledelie* [Magazine “Zemledelie”], 2019, no. 1, pp. 24–28. (In Russian).
 16. Sharkov I.N., Samohvalova L.M., Mishina P.V. Izmenenie organicheskogo veshchestva chernozyoma vyshchelochennogo pri minimalizacii obrabotki v lesostepi Zapadnoj Sibiri [Transformation of soil organic matter in leached chernozems under minimized treatment in the forest-steppe of West Siberia]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2016, no. 7, pp. 892–899. (In Russian).
 17. Cheverdin YU.I., Saprykin S.V., Cheverdin A.YU., Ryabcev A.N. Transformaciya fizicheskikh pokazatelej chernozymov v rezul'tate agrogennogo vozdejstviya [Transformation of physical characteristics of chernozems as a result of agrogenic impact]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, vol. 31, no. 3, pp. 5–11. (In Russian).
 18. Bajbekov R.F. Prirodopodobnye tekhnologii osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya [Nature-like technologies is the basis for sustainable development of agriculture]. *Zemledelie* [Magazine “Zemledelie”], 2018, no. 2, pp. 3–6. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пакуль А.Л., научный сотрудник; e-mail: lelikpakul@mail.ru

Лапшинов Н.А., доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: kemniish@mail.ru

Божанова Г.В., научный сотрудник; e-mail: bozhanova.g@mail.ru

✉ **Пакуль В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе; **адрес для переписки:** Россия, 650510, Кемеровская область, Кемеровский район, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47; e-mail: vpakyl@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Pakul A.L., Researcher; e-mail: lelikpakul@mail.ru

Lapshinov N.A., Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; e-mail: kemniish@mail.ru

Bozhanova G.V., Researcher; e-mail: bozhanova.g@mail.ru

✉ **Pakul V.N.**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Director on scientific work; **address:** 47 Tsentralnaya Street, Novostroika, Kemerovo region, 650510, Russia, e-mail: vpakyl@mail.ru

Дата поступления статьи 04.02.2019
Received by the editors 04.02.2019

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ

Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Немченко В.В.

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук
Екатеринбург, Россия

Для цитирования: Кекало А.Ю., Заргарян Н.Ю., Филиппов А.С., Немченко В.В. Эффективность применения фунгицидов для защиты яровой пшеницы от корневых гнилей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 24–30. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-3

For citation: Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Filippov A.S., Nemchenko V.V. Effektivnost' primeneniya fungitsidov dlya zashchity yarovoi pshenitsy ot kornevykh gnilei [Efficiency of application of fungicides for spring wheat protection against root rots]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 24–30. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-3

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

В условиях Уральского федерального округа изучено поражение зерновых культур обыкновенной корневой гнилью. Ранее преобладало поражение пшеницы возбудителями *Bipolaris sorokiniana*, в последние годы происходит постепенное изменение структуры микробиоценоза с доминированием фузариевых грибов (*Fusarium* spp.). При нулевых и минимальных технологиях возделывания зерновых культур (no-till, mini-till) обязательны протравливание семенного материала и фунгицидная обработка посевов. Эффективность и целесообразность применения препаратов фунгицидного действия исследована на семенах яровой пшеницы сорта Омская 36. Полевые эксперименты проведены в Курганской области на черноземе выщелоченном в 2009–2017 гг. Потери урожая от фитопатогенных грибов в значительной степени определялись гидротермической обстановкой периода вегетации. Наибольший урон продуктивности пшеницы болезни данной группы нанесли в засушливое время (11% в годы с удовлетворительными условиями вегетации, 22% – в острозасушливые). Отмечена необходимость дифференцированного подхода к защите семенного материала от инфекций. Обязательному протравливанию подлежат партии семян с высокой зараженностью возбудителями корневых гнилей. На семенах пшеницы с зараженностью возбудителями корневых гнилей более 15% при доминировании

EFFICIENCY OF APPLICATION OF FUNGICIDES FOR SPRING WHEAT PROTECTION AGAINST ROOT ROTS

Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu.,
Filippov A.S., Nemchenko V.V.

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre,
Ural Branch of the Russian Academy
of Sciences
Ekaterinburg, Russia

Infestation of grain crops by common root rot in the conditions of Ural Federal District was studied. In previous years, infestation of wheat by *Bipolaris sorokiniana* pathogens predominated, but in recent years, there has been a gradual shift in the structure of microbiocenosis with the prevalence of *Fusarium* spp. fungi. With zero and minimum grain crop tillage technologies (no-till, mini-till), chemical disinfection of seeds and fungicidal crop treatment becomes imperative. The efficiency and feasibility of using fungicides was studied on the seeds of spring wheat, cultivar Omskaya 36. Field experiments were conducted in the conditions of Kurgan region on leached chernozem in the period of 2009–2017. Yield losses caused by phytopathogenic fungi were largely determined by the hydrothermal conditions during the growing season. The largest damage to wheat productivity was caused by diseases of this group during dry periods (11% in years with satisfactory growing conditions, 22% in extremely dry years). It was discovered that the approach to protecting seeds from infections should be differentiated. Batches of seeds with high contamination by root rot pathogens are subject to mandatory chemical disinfection. Application of seed disinfectants based on two active agents is effective on wheat seeds infected by root rot pathogens over 15%, with the predominance of fungi genus

грибов рода *Fusarium* spp. эффективно применение протравителей на основе двух действующих веществ. Хозяйственная эффективность от применения однокомпонентных протравителей семян (тебуконазол, тритиконазол) составила 8–9%. При обработке семян протравителями на основе двух действующих веществ урожайность повышалась на 14–16%. На относительно здоровом семенном материале не рекомендуется использование системных протравителей. Более целесообразно применение биологического фунгицида на основе сенной палочки.

Ключевые слова: яровая пшеница, протравители семян, биологическая эффективность, корневые гнили, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Оперативным методом защиты семян и всходов от поражения фитопатогенными грибами является обработка их препаратами фунгицидного действия. Протравливание имеет ряд преимуществ перед другими способами применения фунгицидов. Во-первых, в отличие от опрыскивания носителем химического вещества при обработке семенного материала становится само семя, действующее вещество оказывается в непосредственной близости от того места, где оно необходимо. Это обеспечивает целевую и интенсивную защиту от болезней на ранних стадиях развития растений. Риск потери урожая или невсхожести семян значительно сокращается, повышаются посевные качества. В итоге окупаются экономические затраты и увеличивается прибыль от применения фунгицидов. Во-вторых, при протравливании в расчете на 1 га вносят небольшое количество действующего вещества химиката, быстро разлагающегося в почве и отсутствующего в урожае. В этом состоит экологичность данного способа [1–4]. Кроме того, протравливание проводят заблаговременно до посева на отдельных площадках, что разгружает напряженность полевых работ.

Широко распространено мнение об обязательном профилактическом приме-

Fusarium spp. Economic efficiency from the use of single-component seed disinfectants (tebuconazole, triticonazole) was 8–9%. When seeds were treated with seed disinfectants based on two active agents, the yield increased by 14–16%. The use of systemic seed disinfectants is not recommended on relatively healthy seed material. It is more appropriate to use biological fungicide based on *Bacillus subtilis*.

Keywords: spring wheat, seed disinfectants, biological efficiency, root rot, yield

нении протравливания семян. Однако в связи с высокой стоимостью современных фунгицидов и проблемой экологической безопасности агроэкосистем требуется более детальный подход к определению целесообразности данного мероприятия. Часто при положительной биологической эффективности, когда происходит гибель патогена, хозяйственная эффективность (влияние на урожай) может быть нулевой или даже отрицательной.

Потери урожая пшеницы в условиях Уральского федерального округа ежегодно вызывают такие вредные объекты, как обыкновенные корневые гнили. Если раньше доминирующим возбудителем болезни являлся гриб *Bipolaris sorokiniana*, то в последние годы происходит постепенное изменение структуры микробиоценоза с доминированием фузариевых грибов [5–8].

Согласно данным Курганского филиала Россельхозцентра, зараженность семенного материала грибами рода *Fusarium* spp. с 2009 по 2017 г. возросла от 1–4 до 15–23% (максимальные показатели в 2010, 2013, 2017 гг.).

Исследования ученых Сибири и Зауралья указывают на то, что на семенном материале преимущественно присутствуют *Fusarium sporotrichoides*, *culmorum*,

gibbosum, *poae*, *oxysporum*. Причем разнообразие видов гриба на подземных органах растений в 2–3 раза больше, чем на семенах, т.е. почва является основной экологической нишей данных организмов, а семена – дополнительной. Следовательно, стратегия защитных мероприятий в отношении корневых гнилей должна быть основана на оздоровлении почвы, усилении ее супрессивности [5–7, 9–11].

Биологическая эффективность фунгицидов в отношении возбудителей корневых гнилей пшеницы, как правило, составляет не более 60–70% [4, 5, 8–12]. Дело в том, что паразитические грибки приспособились и умеют частично деактивировать примененные против них яды. Фитосанитарная долговременная стабилизация агроценоза возможна при условии борьбы не только с семенной, но и почвенной инфекцией, т.е. борьба с возбудителями корневых гнилей должна быть комплексной и многолетней.

Смена доминирующего вида в составе фитопатогенного комплекса обуславливает необходимость подбора действующих веществ протравителей, максимально эффективных против фузариозной инфекции. Кроме того, требуется смена тактики химической защиты на более экологически безопасную – с дифференцированным применением пестицидов в сочетании с биологическими средствами при доминирующей роли агротехнического метода защиты растений.

Цель исследований – изучить эффективность применения протравителей семян и биопрепаратов на яровой пшенице для подбора наиболее эффективных из них, улучшающих фитосанитарное состояние посевов и повышающих продуктивность культуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в Курганском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (Курганском НИИСХ – филиале УрФАНИЦ УрО РАН) в лаборатории регуляторов роста и защиты растений в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 153 Программы ФНИ государственных академий наук по теме «Усовершенствовать систему интегрированной защиты растений в ресурсосберегающих технологиях на основе одностороннего применения биологических и химических средств защиты растений нового поколения и комплексного их использования с регуляторами роста и внекорневыми подкормками». Опыты проведены на центральном опытном поле Курганского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ УрО РАН в 2009–2017 гг. на яровой пшенице сорта Омская 36. Объекты исследований – возбудители корневых гнилей зерновых культур *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый среднегумусный. Предшественник – чистый ранний пар с поверхностной обработкой почвы. Схема опыта включала обработку семян препаратами фунгицидного действия: Фитоспорин-М (1 л/т), Раксил ультра (0,25 л/т), Бункер (0,5 л/т), Премис 200 (0,2 л/т), Ламадор (0,2 л/т), Виал ТрасТ (0,4 л/т), Дивиденд экстрим (0,6 л/т), Иншур перформ (0,5 л/т), а также контроль без обработки семян. Площадь делянки 20 м², повторность четырехкратная, размещение делянок систематическое. Наблюдения и учеты проведены по общепринятым в Российской Федерации методикам^{1,2,3}.

¹Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.

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

³Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: методические рекомендации / под ред. В.И. Танского. СПб.: ВИЗР, 2002, 76 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенно-семенные патогены вредоносны, потери урожая от них в значительной степени определяются гидротермическими условиями периода вегетации. Ежегодно урон продуктивности пшеницы наносят корневые гнили. Корреляционный анализ результатов опыта показал, что зависимость между урожайностью пшеницы и развитием корневых гнилей характеризовалась как заметная и высокая отрицательная ($r = -0.55-0.91$).

Отмечено, что чем сильнее растения испытывают дефицит влаги, тем больший урон продуктивности пшеницы наносят болезни данной группы. Так, в годы с ГТК = 0,3 (острая засуха 2010, 2012 гг.) потери урожая составили 22%, при умеренно засушливых условиях (2009, 2014 гг.) с ГТК = 0,7 – на уровне 13%, при удовлет-

ворительных условиях (2011, 2013, 2015–2017 гг.) – 11%.

Семена пшеницы в среднем за годы исследований были заражены возбудителем *Bipolaris sorokiniana* на 1,5% и на 10% – фузариозной инфекцией. Химические протравители стабильно по годам имели хорошую биологическую эффективность (69–76%) (см. рис. 1).

Исключение составляли препараты на основе тебуконазола в годы с удовлетворительными погодными условиями (52%). Защитное влияние биофунгицида на основе сенной палочки отмечено на уровне 57–60% в годы с засушливыми явлениями, при удовлетворительных условиях периода вегетации – биологическая эффективность была низкой (39%) (см. рис. 1).

Продуктивность яровой пшеницы в значительной степени определялась гид-

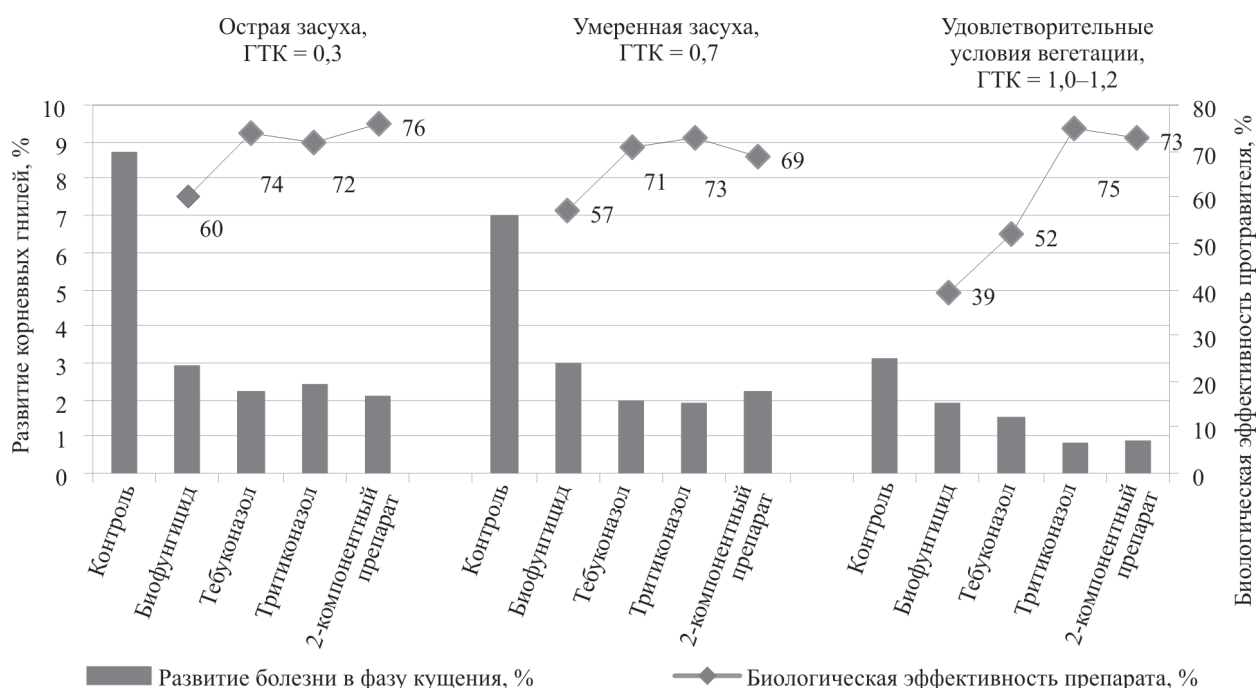


Рис. 1. Развитие корневых гнилей на пшенице яровой в фазу кущения и биологическая эффективность протравителей семян (2009–2017 гг.):

(биофунгицид Фитоспорин-М 1 л/т, тебуконазол (Бункер 0,5 л/т, Раксил ультра 0,25 л/т), трифлуконазол (Премис 200 0,2 л/т), 2-компонентный протравитель (в среднем по препаратам Ламадор 0,2 л/т, Виал ТрасТ 0,4 л/т, Дивиденд экстрим 0,6 л/т, Иншур перформ 0,5 л/т)

Fig. 1. Development of root rot in spring wheat in the tillering phase and biological effectiveness of seed disinfectants (2009–2017):

(Biofungicide Fitosporin-M 1 l/t; Tebuconazole - Bunker 0.5 l/t, Raxil ultra 0.25 l/t; Trifluconazole - Premis 200 0.2 l/t; 2-component disinfectant - Lamador 0.2 l/t, Vial TrasT 0/4 l/t, Dividend Extreme 0.6 l/t; Insur perform 0.5 l/t)

ротермическими условиями периода вегетации, составляя от 10,3 ц/га в условиях острой засухи (ГТК = 0,3) до 22,8 ц/га при удовлетворительных условиях (ГТК более 1). Уровень сохраненного урожая при использовании протравителей семян – от 1,1 до 3,3 ц/га. Стабильность позитивного действия на урожайность отмечена при обработке семян поликомпонентными фунгицидными протравителями (Ламадор 0,2 л/т, Виал ТрасТ 0,4 л/т, Дивиденд экстрим 0,6 л/т, Иншур перформ 0,5 л/т). Биофунгицид обеспечил прибавку урожайности пшеницы 1,4–2,2 ц/га (см. рис. 2).

Регрессионный анализ данных по продуктивности пшеницы и элементам структуры урожая показал основную зависимость урожайности от плотности продуктивного стеблестоя ($y = -1,8932x^2 + 88,221x - 681,33R^2 = 0,6737$). Связь озерненности колоса с уровнем урожайности характеризовалась как заметная ($r = 0,56$), с массой 1000 зерен в основное время ис-

следований она была также заметной и высокой ($r = 0,67–0,82$). Исключение составили годы с острозасушливыми условиями, когда связей между показателями не отмечено.

Практически за весь период исследований протравливание семян являлось экономически целесообразным защитным мероприятием. Уровень рентабельности возрастал относительно контроля без обработки на 11–15%. Исключением стали годы с острозасушливыми условиями, когда из-за низкой продуктивности возделывание пшеницы было нерентабельно. Однако даже в эти годы на вариантах с защитой семян убытки были ниже, чем на контроле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подход к защите семенного материала от инфекций должен быть дифференцированным. Обязательному протравливанию подлежат партии семян с высокой зара-

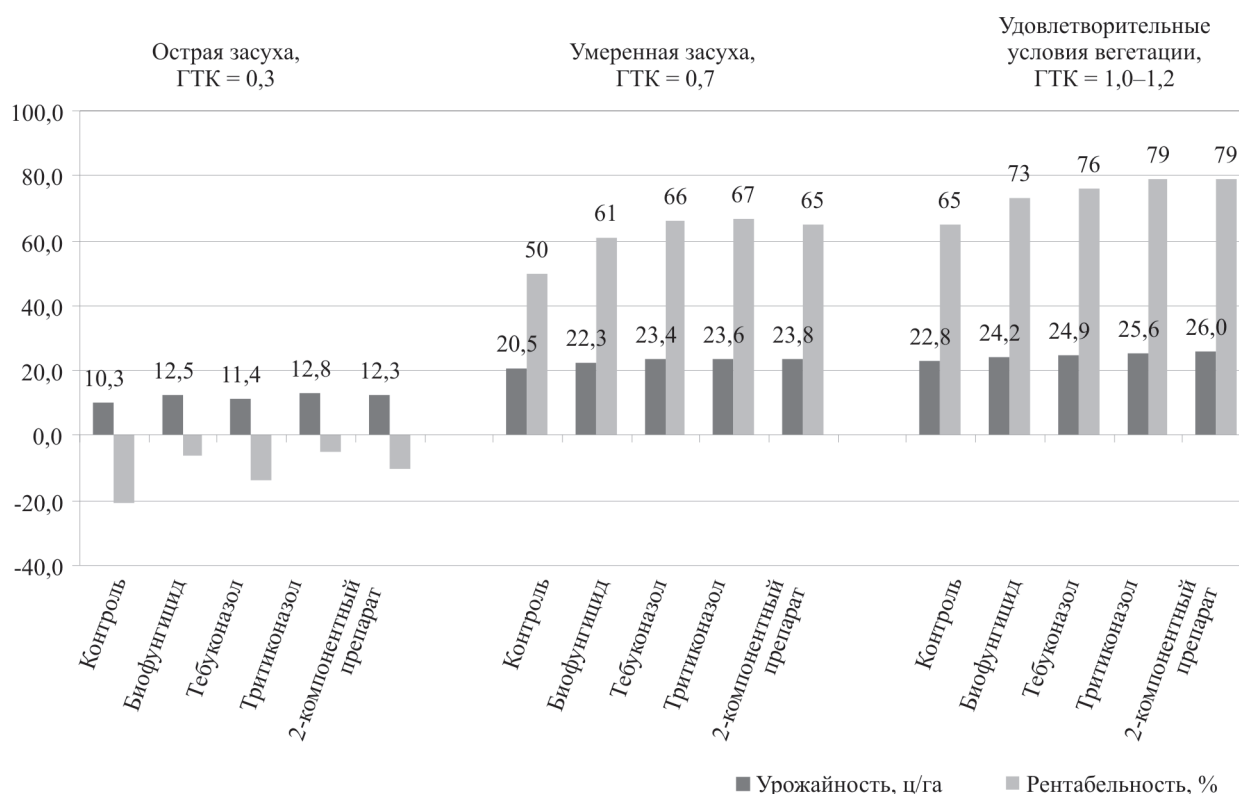


Рис. 2. Влияние протравителей семян на урожайность и рентабельность яровой пшеницы (2009–2017 гг.)
Fig. 2. Effect of seed disinfectants on the yield and profitability of spring wheat (2009–2017)

женностью возбудителями обыкновенных корневых гнилей (суммарно более 15%, в том числе по фузариозной гнили 5%). Исследования показали эффективность применения протравителей системного действия и поликомпонентного состава: сохраненный урожай составил 2,8–3,3 ц/га. Результативно защищали растения от корневых гнилей такие сочетания фунгицидных действующих веществ, как дифеноконазол + мефеноксам (Дивиденд экстрим), тритиконазол + пираклостробин (Иншур перформ), протиоконазол + тебуконазол (Ламадор), тиабендазол + тебуконазол (Виал ТрасТ). На относительно здоровом семенном материале целесообразно применение биофунгицида на основе *Bacillus subtilis*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абелинцев В.И. Возможности современных протравителей семян зерновых культур // Защита и карантин растений. 2011. № 2. С. 19–21.
2. Здрозжевская С.Д., Гришечника Л.Д. Влияние погодных условий на эффективность протравителей // Защита и карантин растений. 2019. № 2. С. 11–12.
3. Тютерева С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы: монография. СПб.: ИПК «Нива», 2010. 172 с.
4. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование) / Под общ. ред. Д. Шпаара. 3-е изд. дораб. и доп.: монография. М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. Т. 2. 656 с.
5. Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Мустафин М.А., Селюк М.П. Грибы рода *Fusarium* в Западной Сибири // Защита и карантин растений. 2019. № 1. С. 20–23.
6. Порсев И.Н. Адаптивные фитосанитарные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья / Под ред. В.А. Чулкиной: монография. Шадринск: Изд-во ОГУП «Шадринский дом печати», 2009. 320 с.
7. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф. Патогенный комплекс возбудителей корневой гнили пшеницы в разных регионах России // Защита и карантин растений. 2016. № 2. С. 37–40.

8. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Защита зерновых культур от болезней: монография. Куртамыш, ООО «Куртамышская типография», 2017. 172 с.
9. Власенко Н.Г. К вопросу об агротехнологиях вообще и фитосанитарных технологиях в частности // Вестник защиты растений. 2008. № 2. С. 3–10.
10. Glinushkin P., Akimov T.A., Beloshapkina O.O., Molnar J., Sycheva I.I., Temirbekova S.K., Kvitko A.V., Dorozhkina L.A., Startsev V.I., Pestov G.V., Spiridonov Y.Y., Batalova G.A., Zakharenko V.A. Fungicidal Activity of Seed Disinfectants Against Root Rot of Wheat in Various Types of Soils // Entomology and Applied Science Letters. 2018. Vol. 5. N 2. P. 101–107.
11. Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Хомяк А.И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 1. С. 29–37. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus
12. Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве: монография. М.: «Издательство Агропрус», 2016. 288 с.

REFERENCES

1. Abelentsev V.I. Vozmozhnosti sovremennykh protравitelei semyan zernovykh kul'tur [Possibilities of modern seed disinfectants of grain crops]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2011, no. 2, pp. 19–21. (In Russian).
2. Zdrozhevskaya S.D., Grishechkina L.D. Vliyaniye pogodnykh uslovii na effektivnost' protравitelei [Influence of weather conditions on the effectiveness of disinfectants]. *Zashchita i karantin rasteni* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2019, no. 2. pp. 11–12. (In Russian).
3. Tyuterev S.L. *Mekhanizmy deistviya fungitsidov na fitopatogennyye griby* [The mechanisms of action of fungicides on phytopathogenic fungi]. St. Petersburg, IPK «Niva» Publ., 2010, 172 p. (In Russian).
4. *Zernovye kul'tury (vyrashchivaniye, uborka, dorabotka i ispol'zovaniye)* [Grains (cultivation, harvesting, refinement and use)]. Under the general editorship of D. Shpaara. Moscow, ID ООО «DLV АГРОДЕЛО» Publ., 2008, vol. 2, 656 p. (In Russian).

5. Toropova E.Yu., Vorob'eva I.G., Mustafina M.A., Selyuk M.P. Griby roda *Fusarium* v Za-padnoi Sibiri [Fungi of *Fusarium* genus on wheat grains in Western Siberia]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2019, no. 1, pp. 20–23. (In Russian).
6. Porsev I.N. *Adaptivnye fitosanitarnye tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v usloviyakh Zaural'ya*. Monografiya [Adaptive phytosanitary technologies of cultivation of agricultural crops in the conditions of Zauralye]. Edited by V.A. Chulkinoi. Shadrinsk, OGUP «Shadrinskii dom pečati» Publ., 2009. 320 p. (In Russian).
7. Kolomiets T.M., Pankratova L.F. Patogennyy kompleks vzbuditelei kornevoi gnili pshenitsy v raznykh regionakh Rossii [Pathogenic complex of pathogens of root rot of wheat in different regions of Russia]. *Zashchita i karantin rastenii*. [Board of Plant Protection and Quarantine], 2016, no. 2, pp. 37–40. (In Russian).
8. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. *Zashchita zernovykh kul'tur ot boleznei* [Protection of grain crops from diseases]. Kurtamysh, «Kurtamyshskaya tipografiya» Publ., 2017, 172 p. (In Russian).
9. Vlasenko N.G. K voprosu ob agrotekhnologiyakh voobshche i fitosanitarnykh tekhnologiyakh v chastnosti [On the issue of agricultural technologies in general and phytosanitary technologies in particular]. *Vestnik zashchity rastenii* [Plant Protection News], 2008, no. 2, pp. 3–10. (In Russian).
10. Glinushkin P., Akimov T.A., Beloshapkina O.O., Molnar J., Sycheva I. I., Temirbekova S.K., Kvitko A.V., Dorozhkina L.A., Startsev V.I., Pestsov G.V., Spiridonov Y.Y., Batalova G. A., Zakharenko V.A. Fungicidal Activity of Seed Disinfectants Against Root Rot of Wheat in Various Types of Soils. *Entomology and Applied Science Letters*, 2018, vol. 5, no. 2, pp. 101–107
11. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Khomyak A.I. Biologicheski aktivnye metabolity *Bacillus subtilis* i ikh rol' v kontrole fitopatogennykh mikroorganizmov [Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2018, vol. 53, no. 1, pp. 29–37. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.29 rus
12. Glinushkin A.P., Sokolov M.S., Toropova E. Yu. *Fitosanitarnye i gigienicheskie trebovaniya k zdorovoi pochve* [Phytosanitary and hygienic requirements for healthy soil]. Moscow, «Izdatel'stvo Agrorus», 2016, 288 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Кекало А.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории регуляторов роста и защиты растений; **адрес для переписки:** Россия, 620142, г. Екатеринбург, улица Белинского, 112а; e-mail: alena.kekalo@mail.ru

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

Филиппов А.С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

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

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kekalo A.Yu.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher of the laboratory of growth regulators and plant protection; **address:** 112a Belinskiy Street, Ekaterinburg, 620142, Russia; e-mail: alena.kekalo@mail.ru

Zargaryan N.Yu., Candidate of Science in Agriculture, Lead researcher

Filippov A.S., Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Nemchenko V.V., Doctor of Science in Agriculture, Professor, Chief Researcher

Дата поступления статьи 19.04.2019
Received by the editors 19.04.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-4

УДК: 632.4.01/08:535.37

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ, ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИЕ СОРТА ПРИ ГИПЕРТЕРМИИ

Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А.

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

Для цитирования: 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

For citation: Gurova T.A., Lugovskaya O.S., Svezhintseva E.A. Adaptivnye reaktsii prorostkov pshenitsy, differentsiruyushchie sorta pri gipertermii [Adaptive reactions of wheat seedlings differentiating varieties under hyperthermia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 31–40, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-4

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

При создании сортов, адаптированных к температурным стрессовым факторам, необходима диагностика их устойчивости к данным факторам. Методы диагностики должны обладать высокой дифференцирующей способностью: достоверно разделять по устойчивости близкородственные объекты – сорта одной культуры, растения из одной сортовой популяции. Для обеспечения дифференцирующей способности метода оценку устойчивости сортов культуры необходимо проводить при одной и той же силе стрессовой нагрузки и режимах воздействия факторов, позволяющих ранжировать сорта. В модельных лабораторных вегетационных опытах оценены адаптивные реакции 10-суточных проростков трех сортов яровой пшеницы по изменению показателей роста, сырой и сухой биомассы, проницаемости клеточных мембран проростков при гипертермии (прогреве семян) для определения температуры, дифференцирующей сорта. Проростки выращивали в рулонной культуре на водопроводной воде в климакамере при заданных параметрах микроклимата. Перед

ADAPTIVE REACTIONS OF WHEAT SEEDLINGS DIFFERENTIATING VARIETIES UNDER HYPERTHERMIA

Gurova T.A., Lugovskaya O.S.,
Svezhintseva E.A.

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

When creating varieties, adapted to temperature stress factors, it is necessary to carry out diagnostics of their resistance to stress factors. Diagnostic methods should have high differentiating ability in reliably distinguishing the resistance of closely related objects, such as varieties from the same crop or plants from the same variety population. To ensure the differentiating ability of the method, the assessment of resistance diagnostics towards stress factors should be conducted with the same strength of stress load and modes of stress factors that would enable to range varieties. In model laboratory vegetation experiments, the adaptive reactions of 10-day-old seedlings of three varieties of spring wheat were assessed according to changes in growth rates, wet and dry biomass, and permeability of cell membranes of seedlings under hyperthermia (warming the seeds) with the purpose of identifying the temperature that differentiates varieties. The seedlings were grown in roll culture on tap water in a climate chamber with preset parameters of microclimate. Before that, the seeds were pre-heated in hot water in

этим проводили предварительный прогрев семян в горячей воде в термостате при температурах 30, 43 и 54° С. Проростки контрольного варианта культивировали в аналогичных условиях без прогрева семян. Обнаружена сортовая специфика формирования адаптивных реакций у проростков яровой пшеницы сортов Новосибирская 18, Новосибирская 44 и Омская 18 при гипертермии семян. Адаптация сортов к одинаковым температурным факторам формировалась различными путями, что может быть обусловлено наследственной природой растений. По полученным в исследованиях максимальным значениям коэффициентов вариации биофизического и биометрических показателей проростков установлено значение температуры 43 °С, которая является дифференцирующей при оценке адаптации сортов яровой пшеницы к повышенной температуре. Данная температура применена в экспериментах по исследованию реакции сортов пшеницы на раздельное и совместное действие хлоридного засоления, инфицирования проростков возбудителем обыкновенной корневой гнили злаков и гипертермии.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, адаптация, гипертермия, температура, дифференцирующая сорта

thermostat at temperatures of 30, 43 и 54°C. The seedlings of control variety were cultivated in the same conditions without warming the seeds. The formation of adaptive reaction to hyperthermia of seeds differed across varieties of seedlings of spring wheat varieties Novosibirskaya 18, Novosibirskaya 44 and Omskaya 18. Adaptation of varieties to similar temperature factors formed in different ways, which can be explained by hereditary nature of plants. According to the results of the research, the maximum values of variation coefficient of biophysical and biometric indicators of seedlings was identified at the temperature of 43°C. This is the differentiating temperature in assessment of wheat crop varieties adaptation to the increased temperature. This temperature was applied in experiments to study the reaction of wheat varieties to separate and joint effects of chloride salinity, seed infection with common root rot and hyperthermia.

Keywords: spring common wheat, adaptation, hyperthermia, temperature differentiating varieties

ВВЕДЕНИЕ

Температура и ее флуктуации – один из наиболее значимых факторов внешней среды, лимитирующих рост, развитие и продуктивность растений [1, 2]. Как повышенные, так и пониженные температуры вызывают изменения структуры биополимеров, метаболических процессов в растительной клетке и при высокой напряженности приводят к повреждениям и гибели растений [3, 4]. По прогнозам, глобальные изменения климата, особенно повышение температуры, будут оказывать общее негативное влияние на рост и развитие растений, которое может привести к катастрофической потере урожая [1, 5, 6].

За три десятилетия (1980–2008) мировое производство пшеницы сократилось из-за теплового стресса на 3,8% и будет продолжать снижаться [6, 7]. Считается, что превышение оптимальной температуры для конкретного вида растений на 10–15 °С является стрессирующим фактором и вызывает в растениях цепь метаболических и физиологических процессов, направленных на повышение их устойчивости¹.

Многообразие погодных и климатических условий Сибири, отличающихся особенно резкими повышениями или понижениями температуры, требует создания и использования в производстве широкого спектра сортов, адаптированных к темпе-

¹Лебедева А.С. Влияние гипертермии и экзогенной гибберелловой кислоты на активность протеолитических и амилолитических ферментов в прорастающих семенах пшеницы: автореф. дис... канд. биол. наук. М.: ИФР РАН, 2010. 17 с.

ратурным стрессовым факторам^{2,3}. При создании сортов необходима диагностика их устойчивости к действующим стрессовым факторам, которая проводится с использованием прямых и косвенных методов [8–10].

Практическая ценность и возможность использования того или иного метода диагностики определяется тем, в какой мере он отвечает общим требованиям. Наиболее существенным из них наряду с прочими (достоверность оценки, количественный критерий учета, техническая (инструментальная) база метода, степень трудоемкости, длительность оценки и пропускная способность метода) является дифференцирующая способность метода⁴. Она определяется тем, насколько достоверно удастся разделить по устойчивости близкородственные объекты (сорта одной культуры, растения из одной сортовой популяции). Невозможность сортовой диагностики снижает пригодность метода в селекционных и растениеводческих работах. Для обеспечения дифференцирующей способности метода оценку устойчивости сортов культуры необходимо проводить при одной и той же силе стрессовой нагрузки и режимах воздействия факторов, позволяющих ранжировать сорта.

Цель исследования – оценить диапазон изменчивости показателей роста, биомассы, проницаемости клеточных мембран проростков мягкой яровой пшеницы при гипертермии для определения температуры, дифференцирующей сорта.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа выполнена в лаборатории изучения физических процессов в агрофитоценозах Сибирского физико-технического института СФНЦА РАН. Исследования проводили в лабораторных условиях в вегетационных опытах на районированных сортах пшеницы: Омская 18 (селекции Омского НИИСХ); Новосибирская 44, Новосибирская 18 (селекции СибНИИРС – ИЦиГ СО РАН). Варианты опыта: а) контроль – семена без прогрева; б) прогрев семян при температуре 30 °С; в) при 43 °С; г) при 54 °С.

Семена предварительно стерилизовали 90%-м этиловым спиртом в течение 1 мин с последующим трехкратным промыванием дистиллированной водой. Прогрев семян проводили в течение 20 мин в горячей воде в термостате по методике ВИР (см. сноску 4). Затем семена подсушивали, раскладывали в чашки Петри с увлажненной фильтровальной бумагой и проращивали в термостате при температуре 21 °С в течение трех суток. Далее проростки выращивали в рулонной культуре на водопроводной воде в климакере «Биотрон-6» (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 при действии повышенной температуры (прогрев семян) оценивали по комплексу следующих показателей: изменению проницаемости клеточных мембран по удельной электропроводности (УЭП) настояв листьев, линейным размерам и накоплению сырой и сухой биомассы ростков и корней проростков⁵.

²Программа работ селекцентра Сибирского НИИ растениеводства до 2030 года: вып. 3 / Сибирское региональное отделение Россельхозакадемии ГНУ СибНИИРС. Новосибирск. 2011. 141 с.

³Программа работ селекцентра Сибирского НИИ сельского хозяйства до 2030 года: вып. 3 / Сибирское региональное отделение Россельхозакадемии ГНУ СибНИИСХ. Омск. 2011. 141 с.

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

⁵Оценка стрессоустойчивости сортов зерновых культур кондуктометрическим методом: научно-методические рекомендации / Л.Н. Коробова, Т.А. Гурова Е.А. Голошапова, Н.С. Куцерубова, О.С. Луговская, В.В. Минеев. Новосибирск: СибФТИ СО РАСХН, 2010. 48 с.

В исследованиях использовали компьютерный лабораторный кондуктометр КЛ-С-К (ОАО «Сибпромприбор-Аналит», г. Барнаул) с программным обеспечением «Terminal RS323C» для регистрации и записи экспериментальных данных в персональный компьютер с пакетом программ Microsoft Office 2003/2010 (Excel, Word, Access)⁶ для систематизации, структурирования и хранения результатов экспериментальных исследований. Репрезентативная выборка – 200 проростков в каждом варианте опыта. Повторность опытов 4–6-кратная. Экспериментальные данные математически обрабатывали с помощью программы Statistica 6,0.

Ошибка среднего не превышала 3–5%. Проведено три серии экспериментов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одно из характерных свойств адаптации растений – их способность противостоять действующему стрессовому фактору в условиях, когда воздействие фактора еще не вызывает необратимых повреждений, но приводит к формированию нового уровня гомеостаза. Чтобы сохранить жизнеспособность в условиях повышения температуры, растения обладают рядом адаптивных, избегающих или акклиматизирующих механизмов, включающих многочисленные физиологические, биохимические и молекулярные реакции, чувствительные к гипертермии [11, 12]. Отклик растений на тепловой стресс варьирует в значительных пределах в зависимости от степени напряженности стрессора, его продолжительности, а также от вида растения.

Важная составляющая методики оценки адаптации сортов при стрессовых температурных воздействиях – выбор дифференцирующей концентрации стрессового фактора, которая обеспечивает проявление значимого влияния стрессора на исследуемые геноти-

пы. Ранее установлено, что закаливающий эффект для пшеницы проявляется при температуре 30 °С, температура 43 °С приводит к повреждениям [13], а температура 54 °С используется для дифференциации сортов по устойчивости (см. сноску 4).

В наших исследованиях для определения температуры, дифференцирующей сорта при гипертермии, оценивали диапазон изменчивости показателей роста, биомассы, проницаемости клеточных мембран проростков яровой пшеницы после воздействия на семена повышенных температур 30, 43 и 54 °С. Применение в качестве диагностического показателя изменения проницаемости клеточных мембран обусловлено тем, что она определяет стабильность тканей, клеток и клеточных органелл и характеризует статическую генетически обусловленную потенциальную устойчивость генотипа при стрессовых воздействиях на клеточном уровне. Нарушение проницаемости клеточных мембран определяется кондуктометрическим методом по выходу электролитов из растительных тканей [14, 15].

Известно, что наиболее эффективная организменная адаптация к длительно действующим стрессовым факторам осуществляется через новообразование более устойчивых к стрессу клеток и органов в процессе роста. Ростовые реакции, очевидно, являются интегрирующими при определении адаптации растений к стрессовым условиям [16, 17].

Изменения ростовых показателей и удельной электропроводности клеточных мембран проростков трех сортов яровой пшеницы при действии повышенных температур (прогрев семян) представлены в табл. 1. Установлено, что данные температуры вызывали разнонаправленные изменения теплоустойчивости проростков сортов пшеницы – от увеличения до значительного снижения или отсутствия изменений по сравнению с контролем.

⁶Гурова Т.А., Денисюк С.Г., Луговская О.С., Свежинцева Е.А., Минеев В.В. Методические положения ранней диагностики устойчивости сортов яровой пшеницы и ячменя к совокупному действию стрессоров. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. 62 с.

Табл. 1. Влияние повышенной температуры (прогрев семян) на показатели проростков сортов яровой пшеницы ($M \pm m$)
Table 1. The effect of increased temperature (warming of seeds) on seedlings of spring wheat varieties ($M \pm m$)

Вариант	Удельная электропроводность, См/м	Длина (на одно растение), мм			Сырая биомасса (на одно растение), мг			Сухая биомасса (на одно растение), мг		
		ростков	корней	проростков	ростков	корней	проростков	ростков	корней	проростков
Новосибирская 44										
Контроль	2,1 ± 0,2	16,4 ± 0,4	7,8 ± 0,1	24,2 ± 0,5	97,5 ± 1,5	63,5 ± 1,5	161,0 ± 2,5	15,0 ± 0,5	5,5 ± 5,0	20,5 ± 0,5
30 °С	2,1 ± 0,1	16,3 ± 1,1	5,9 ± 0,7*	22,2 ± 1,7	84,0 ± 2,0*	47,5 ± 4,5*	131,5 ± 4,0*	14,0 ± 1,0	4,5 ± 4,0*	18,5 ± 2,0
43 °С	2,6 ± 0,3*	15,2 ± 2,3	5,8 ± 0,3*	21,0 ± 2,6*	80,0 ± 1,2*	38,5 ± 3,5*	118,5 ± 2,1*	11,5 ± 2,5*	4,0 ± 1,0*	15,5 ± 3,0*
54 °С	1,8 ± 0,4*	15,7 ± 0,2	8,6 ± 0,1*	24,3 ± 0,5	91,5 ± 0,5	66,5 ± 1,5	158,0 ± 2,5	13,0 ± 1,0*	6,5 ± 0,5*	19,5 ± 0,5
Новосибирская 18										
Контроль	2,4 ± 0,4	13,1 ± 0	9,5 ± 0,5	22,6 ± 0,5	65,0 ± 3,0	45,0 ± 5,0	110,0 ± 4,0	11,0 ± 1,0	4,5 ± 0,5	15,5 ± 0,5
30 °С	2,2 ± 0,3	16,3 ± 0,1*	10,9 ± 0,1	27,2 ± 0,1	75,0 ± 2,0*	64,0 ± 0*	139,0 ± 3,5*	13,0 ± 1,0*	6,0 ± 0,4*	19,0 ± 1,0*
43 °С	2,8 ± 0,5*	17,3 ± 0,3*	8,9 ± 1,4*	26,2 ± 1,2	76,0 ± 0,9*	43,0 ± 4,0	119,0 ± 3,0	11,5 ± 0,5	4,5 ± 0,5	16,0 ± 1,0
54 °С	2,5 ± 0,1	14,5 ± 0,4*	5,7 ± 0,7*	20,2 ± 1,1	68,0 ± 0,8	31,5 ± 0,5*	99,5 ± 0,5	11,0 ± 0	3,0 ± 0,3*	14,0 ± 0,5
Омская 18										
Контроль	2,9 ± 0	16,4 ± 0,2	10,8 ± 0,4	27,2 ± 0,6	93,0 ± 2,3	79,0 ± 2,0	172,0 ± 2,7	15,2 ± 1,1	7,8 ± 1,5	23,0 ± 0,5
30 °С	2,5 ± 0,2*	17,8 ± 0,1	11,9 ± 0,1	29,7 ± 0,2	100,0 ± 2,2	91,0 ± 1,7*	191,0 ± 2,5	17,4 ± 1,0*	9,3 ± 0,8*	26,7 ± 1,4*
43 °С	2,6 ± 0,1*	16,8 ± 1,3	12,0 ± 1,3	28,8 ± 1,1	93,0 ± 3,1	93,0 ± 2,5*	186,0 ± 3,7	16,7 ± 0,7	9,4 ± 0,5*	26,1 ± 1,5
54 °С	2,4 ± 0,3	13,9 ± 0,4*	10,3 ± 0,6	24,2 ± 1,0	75,0 ± 2,1*	73,0 ± 1,5	148,0 ± 1,5*	12,5 ± 1,8*	6,9 ± 0,9*	19,4 ± 1,6*

*Различия с контролем достоверны на 5%-м уровне значимости.

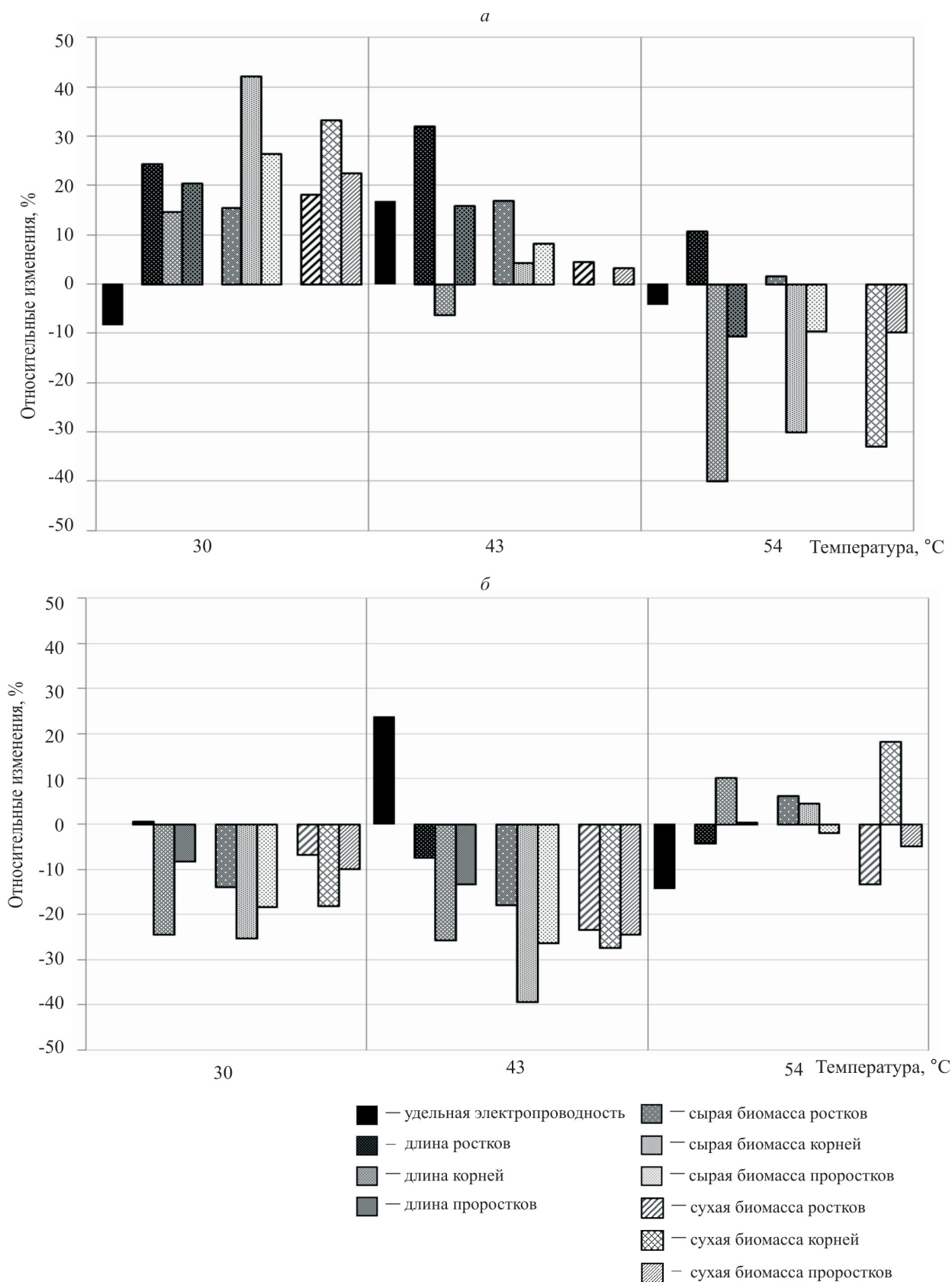
У сорта Новосибирская 44 при температурах 30 и 43 °С наблюдали достоверное нарастание ингибирования ростовых процессов, накопления сырой и сухой биомассы, увеличение УЭП по сравнению с контролем. При действии на семена температуры 54 °С отмечено повышение теплоустойчивости проростков. Выражалось это в недостоверных изменениях по сравнению с контролем всех показателей проростков, кроме УЭП и сухой биомассы (достоверные изменения на 14,3 и 18,2% соответственно). Аналогичная тенденция по возрастанию теплоустойчивости у растений при действии температур, близких к повреждающим, отмечена в работах В.Я. Александрова [13]. У сорта Новосибирская 18 наблюдали формирование адаптивной реакции к стрессу, выраженной при действии температуры 30 °С на семена. Происходили стимуляция роста, накопления сухой и сырой биомассы и снижение УЭП – достоверные изменения от 14,7% (длина корней) до 42,2% (сырая биомасса корней) по сравнению с контролем. С нарастанием температуры до 43 °С адаптивная реакция была наиболее выражена только у показателей длины ростков, проростка, сырой биомассы и УЭП (32,1; 15,9; 16,9 и 16,7% соответственно). У остальных показателей – недостоверные изменения по сравнению с контролем. При действии на семена температуры 54 °С отмечено значительное снижение теплоустойчивости корневой системы проростков – достоверное ингибирование длины, сырой и сухой биомассы корней на 40, 30 и 33% соответственно. У сорта Омская 18 защитно-адаптивная реакция к прогреву семян при температуре 30 °С выражена как достоверное увеличение накопления сырой биомассы корней (15,2%), сухой биомассы ростков, корней, проростка и снижении УЭП (14,5; 19,2; 16,1 и 13,8% соответственно) по сравнению с контро-

лем. При прогреве семян при температуре 43 °С она аналогично выражена как достоверное увеличение сырой биомассы корней, сухой биомассы корней, проростка и снижение УЭП (17,8; 20,5; 13,5; 17,2% соответственно). У остальных показателей – недостоверные изменения по сравнению с контролем. При действии на семена температуры 54 °С установлено проявление ингибирующего действия температурного стрессора на рост проростков – достоверное уменьшение длины ростка, сырой и сухой биомассы ростков и проростков на 15,2; 19,4; 14,0; 17,8 и 15,7% соответственно. Таким образом, при действии повышенных температур (прогрев семян) наблюдается сортовая специфика формирования адаптивных реакций:

- нарастание ингибирования ростовых процессов, накопления сырой и сухой биомассы, увеличение УЭП при повышении температуры прогрева семян от 30 до 43 °С, затем формирование адаптации при действии температуры 54 °С у проростков сорта Новосибирская 44;

- закаливающий эффект у пшеницы сорта Новосибирская 18 при действии температуры 30 °С, заключающийся в стимуляции роста, увеличении накопления сухой и сырой биомассы и снижении УЭП с последующим снижением адаптационной способности при дальнейшем повышении температуры (см. рисунок).

У сорта Омская 18 закаливающий эффект при прогреве семян до 30 и 43 °С заключался в стимуляции накопления сырой биомассы корней, сухой биомассы ростков, корней и проростка, снижении УЭП. При температуре прогрева 54 °С происходило снижение адаптационной способности проростков. Полученные результаты свидетельствуют о том, что адаптация сортов к одинаковым температурным факторам формируется различными путями и может быть обусловлена наследственной природой растений.



Изменение параметров проростков мягкой яровой пшеницы при действии повышенной температуры (прогрев семян):
a – Новосибирская 18; *b* – Новосибирская 44

The change of parameters of common spring wheat seedlings under the increased temperature (warming of seeds):
a – Novosibirskaya 18; *b* – Novosibirskaya 44

Табл. 2. Коэффициенты вариации параметров сортов пшеницы при температурном воздействии (прогрев семян), среднее по трем сортам, %**Table 2.** Variation coefficients of parameters of wheat varieties under temperature exposure (warming of seeds), average for three varieties, %

Показатель	Контроль (без прогрева)	Температура прогрева, °C		
		30	43	54
Длина ростков	1,7	5	11,7	2,9
Длина корней	4,4	8	14,1	9
Длина проростков	2,9	5,5	11,7	5
Сырая биомасса ростков	6,5	5,4	10,5	0,4
Сырая биомасса корней	9,5	8,2	25,0	2,7
Сырая биомасса проростков	6,1	4	16,1	1,5
Сухая биомасса ростков	6,5	10,5	18,4	5,5
Сухая биомасса корней	7,9	7,9	25,6	5,5
Сухая биомасса проростков	3,9	11,2	17,7	4,3
Удельная электропроводность	3,5	5,3	6,9	5,4
Среднее по параметрам	5,3	7,1	15,8	4,2

Для определения информативности анализируемых показателей с целью оценки адаптивных реакций и устойчивости сортов использовали коэффициент вариации. Высокий коэффициент вариации результатов показывает разнородность образцов, оцениваемых по исследуемому признаку.

При действии температуры 54 °C коэффициенты вариации показателей роста, накопления биомассы и УЭП уменьшаются, что свидетельствует о сглаживании сортовых различий при более высоком уровне гипертермии (см. табл. 2).

В условиях проведенных экспериментов максимальные значения коэффициентов вариации биофизического и биометрических показателей, особенно сырой и сухой биомассы, наблюдали при прогреве семян температурой 43 °C. Это дает возможность использовать данную температуру в качестве дифференцирующей для исследования адаптивных реакций и устойчивости сортов яровой пшеницы на стадии проростков. Данная температура была применена нами в экспериментах по исследованию адаптивных реакций сортов пшеницы на раздельное и совместное действие хлоридного засоления, инфицирования проростков возбудителем обыкновенной корневой

гнили злаков и гипертермии с последующим ранжированием сортов по устойчивости к стрессорам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях проведенного эксперимента обнаружена сортовая специфика формирования адаптивных реакций у проростков яровой пшеницы сортов Новосибирская 18, Новосибирская 44 и Омская 18 при гипертермии семян (30, 43 и 54 °C). Адаптация сортов к одинаковым температурным факторам формируется различными путями, что может быть обусловлено наследственной природой растений.

По полученным в исследованиях максимальным значениям коэффициентов вариации биофизического и биометрических показателей проростков установлено значение температуры 43 °C. Она является дифференцирующей при оценке адаптации исследуемых сортов яровой пшеницы к повышенной температуре. Это дает возможность применять ее в экспериментах по оценке стрессоустойчивости сортов при раздельном и совместном действии хлоридного засоления, инфицирования проростков возбудителем обыкновенной корневой гнили злаков и гипертермии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kaur Gurpreet Goraya, Kaur Balraj, Asthir Bavita, Bala Shashi, Kaur Gurpreet and Farooq Muhammad. Rapid Injuries of High Temperature in Plants // *Journal of Plant Biology*. 2017. Vol. 60, P. 298–305. DOI: 10.1007/s12374-016-0365-0.
2. Parvaiz Ahmad, M.N.V. Prasad. Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. New York: Springer. 2012. P. 297–324.
3. Hatfield Jerry L., Prueger John H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development // *Weather and Climate Extremes*. 2015. Vol. 10. P. 4–10.
4. Титов А.Ф., Таланова В.В. Локальное действие высоких и низких температур на растения. Петрозаводск: КарНЦ, 2011. 166 с.
5. Barlow K.M., Christy B.P., O'Leary G.J., Riffkin P.A., Nuttall J.G. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production // *Field Crops Research*. 2015. Vol. 171 (1). P. 109–119.
6. Hatfield J.L., Ziska L.H., Boote K.J., Izaurralde R.C., Kimball B.A., Ort D., Thomson A.M., Wolfe D.W. Climate impacts on agriculture: implications for crop production // *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103. P. 351–370. DOI: 10.2134/agronj2010.0303.
7. Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980 // *Science*. 2011. Vol. 333. P. 616–620.
8. Карманенко Н.М. Адаптация зерновых культур к стрессовым факторам: монография. М.: Издательство ВНИИА, 2014. 160 с.
9. Полонский В.И. Оценка функционального состояния растений: продукционные, селекционные и экологические аспекты: монография. Красноярск: Издательство Красноярского государственного аграрного университета, 2014. 408 с.
10. 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 стрессов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017. № 5 (151). С. 9–15.
11. Hasanuzzaman Mirza, Nahar Kamrun, Alam Md. Mahabub, Roychowdhury Rajib Physiological, Biochemical, and Molecular Mechanisms of Heat Stress Tolerance in Plants // *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. Vol. 14 (5). P. 9643–9684. DOI: 10.3390/ijms14059643.
12. Zandalinas Sara I., Mittler Ron, Balfagyna Damián, Arbona Vicent and Gmez-Cadenas. Aurelio Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures // *Physiologia Plantarum*. 2017. Vol. 162 (1). P. 2–12. DOI: 10.1111/ppl.12540.
13. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений: монография. М.: Наука. 1982. 280 с.
14. Demidchik V., Straltsova D., Medvedev S.S., Pozhvanov G.A., Sokolik A., Yurin V. Stress – induced electrolyte leakage: the role of K⁺ permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment // *Journal of Experimental Botany*. 2014. Vol. 65 (5). P. 1259–1270. DOI: 10.1093/jxb/eru 004.
15. Хохлова Л.П., Валиулина Р.Н., Мудер Д.Р., Акберова Н.И. Термостабильность мембран и экспрессия генов низкомолекулярных белков теплового шока при действии на растения повышенных температур и водного дефицита // *Биологические мембраны*. 2015. Т. 33. № 1. С. 59–71.
16. Li B.I., Gao K.I., Ren H.I., Tang W.I. Molecular mechanisms governing plant responses to high temperatures // *Journal of Integrative Plant Biology*. 2018. Vol. 60 (9). P. 757–779. DOI: org/10.1111/jipb.12701.
17. Зобова Н.В., Коньшева Е.Н. Использование биотехнологических методов в повышении соле- и кислотоустойчивости ярового ячменя: монография. Новосибирск: СО РАСХН; КНИИСХ, 2007. 124 с.

REFERENCES

1. Kaur Gurpreet Goraya, Kaur Balraj, Asthir Bavita, Bala Shashi, Kaur Gurpreet and Farooq Muhammad. Rapid Injuries of High Temperature in Plants. *Journal of Plant Biology*, 2017, vol. 60, pp. 298–305. DOI: 10.1007/s12374-016-0365-0.
2. Parvaiz Ahmad, M.N.V. Prasad. Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. New York: Springer, 2012, pp. 297–324.
3. Hatfield Jerry L., Prueger John H. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 2015, vol. 10, pp. 4–10.
4. Titov A.F., Talanova V.V. Lokal'noe deistvie vysokikh i nizkikh temperatur na rasteniya [Local effect of high and low temperatures on plants]. Petrozavodsk: KarNTs Publ., 2011. 166 p. (In Russian).
5. Barlow K.M., Christy B.P., O'Leary G.J., Riffkin P.A., Nuttall J.G. Simulating the im-

- pact of extreme heat and frost events on wheat crop production. *Field Crops Research*, 2015, vol. 171 (1), pp. 109–119.
6. Hatfield J.L., Ziska L.H., Boote K.J., Izaurralde R.C., Kimball B.A., Ort D., Thomson A.M., Wolfe D.W. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal*, 2011, vol. 103, pp. 351–370. DOI: 10.2134/agronj2010.0303.
 7. Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 2011, vol. 333, pp. 616–620.
 8. Karmanenko N.M. *Adaptatsiya zernovykh kul'tur k stressovym faktoram* [Adaptation of crops to stress factors]. M.: VNIIA Publ., 2014. 160 p. (In Russian).
 9. Polonskii V.I. *Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya rastenii: produktsionnye, selektsionnye i ekologicheskie aspekty* [Evaluation of the functional state of plants: production, selection and environmental aspects]. Krasnoyarsk: Izdatel'stvo Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Publishing House of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2014, 408 p. (In Russian).
 10. Marchenkova L.A., Davydova N.V., Chaidar' R.F., Orlova T.G., Kazachenko A.O., Gracheva A.V., Shirokolava A.V. Otsenka adaptivnosti sortov i linii yarovoi pshenitsy na fone iskusstvenno modeliruemykh stressov [Evaluation of the adaptability of varieties and lines of spring wheat against the background of artificially simulated stresses]. *Vestnik Altaiskogo gosagrouniversiteta*. [Bulletin of Altai State Agrarian University] 2017, no. 5 (151), pp. 9–15. (In Russian).
 11. Hasanuzzaman Mirza, Nahar Kamrun, Alam Md. Mahabub, Roychowdhury Rajib. Physiological, Biochemical, and Molecular Mechanisms of Heat Stress Tolerance in Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, vol. 14 (5). pp. 9643–9684. DOI: 103390/ijms14059643.
 12. Zandalinas Sara I., Mittlerb Ron, Balfagyna Damiñn, Arbonaa Vicent, Gymeza-Cadenas. Aurelio Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 2017, vol. 162(1), pp. 2–12. DOI: 10.1111/ppl.12540.
 13. Genkel' P.A. *Fiziologiya zhara- i zasukhovostoi chivosti rastenii* [Physiology of heat and drought resistance of plants]. M.: Nauka [Nauka Publ.], 1982, 280 p. (In Russian).
 14. Demidchik V., Straltsova D., Medvedev S. S., Pozhvanov G.A., Sokolik A., Yurin V. Stress – induced electrolyte leakage: the role of K⁺ permeable channels and involvement in programmed cell death and metabolic adjustment. *Journal of Experimental Botany*, 2014, vol. 65 (5). p. 1259–1270. DOI: 10.1093/jxb/eru 004.
 15. Khokhlova L.P., Valiulina R.N., Mider D.R., Akberova N.I. Termostabil'nost' membran i ekspressiya genov nizkomolekulyarnykh belkov teplovogo shoka pri deistvii na rasteniya povyshennykh temperatur i vodnogo defitsita [Thermal stability of membranes and gene expression of low molecular weight heat shock proteins when exposed to plants at elevated temperatures and water deficiency]. *Biological membranes* [Biological membranes], 2015, vol. 33, no. 1. pp. 59–71. (In Russian).
 16. Li B.I., Gao K.I., Ren H.I., Tang W.I. Molecular mechanisms governing plant responses to high temperatures. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2018, vol. 60(9), pp. 757–779. DOI: org/10.1111/jipb.12701.
 17. Zobova N.V., Konysheva E.N. *Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh metodov v povyshenii sole-i kisloutoistoichivosti yarovogo yachmenya* [The use of biotechnological methods in increasing the salt and acid resistance of spring barley] Novosibirsk: SO RASKhN. KNIISKH Publ., 2007. 124 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Луговская О.С., научный сотрудник

Свежинцева Е.А., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

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

Lugovskaya O.S., Researcher

Svezhintseva E.A., Junior Researcher

Дата поступления статьи 27.04.2019
Received by the editors 27.04.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-5

УДК: 631.527:633.321

НОВЫЙ СОРТ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО ПРИМА

Полюдина Р.И.

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

Для цитирования: Полюдина Р.И. Новый сорт клевера лугового Прима // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 41–46. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-5

For citation: Polyudina R.I. Novyi sort klevera lugovogo Prima [New cultivar of red clover Prima]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 41–46. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-5

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Представлены результаты селекционной работы по созданию сорта клевера лугового Прима. С использованием метода гибридизации и отборов в условиях искусственного климата в 1990–2000 гг. выведена гибридная популяция (15-10Д (2х)). В условиях лесостепи Западной Сибири в 2000–2005 гг. проведены отборы зимостойких высокоурожайных форм из этой гибридной популяции. Испытанная в трех циклах конкурсного сортоиспытания (посев 2006, 2008, 2010 гг.) созданная популяция в 2015 г. передана на Государственное сортоиспытание под названием Прима. Новый сорт раннеспелого типа на диплоидной основе по результатам конкурсного сортоиспытания за 2007–2013 гг. показал высокую зимостойкость – 97–99%. Продолжительность вегетационного периода 115 дней (на уровне стандарта раннеспелого сорта Метеор на тетраплоидной основе). Урожайность зеленой массы за два укоса составляет от 19,6 до 58,7 т/га, сухого вещества – от 4,2 до 13,5 т/га, семян – от 276 до 392 кг/га. Средняя урожайность зеленой массы за два укоса нового сорта 38,8 т/га, сухого вещества – 8,7 т/га, семян – 317 кг/га, что выше стандарта Метеор на 52%. Обсемененность сорта Прима составляет 52%, Метеора – 38%. Содержание сырого протеина в сухой массе 16,1%,

NEW CULTIVAR OF RED CLOVER PRIMA

Polyudina R.I.

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

The results of breeding work on creation of the new cultivar of red clover are presented. The hybrid population (15-10-D (2n)) was created by the method of crossbreeding and selection in the conditions of artificial climate. Selection of winter-hardy high-yielding forms of this hybrid population was conducted in the forest-steppe zone of West Siberia. The population 15-10-D (2n) was tested in three cycles of competitive variety trial (crops of 2006, 2008 and 2010) and was submitted to the State variety testing under the name Prima. According to the results of the competitive variety trial during 2007–2013, the new early-ripening diploid cultivar Prima showed high winter hardiness of 97.0–99.0%. The duration of the growing season is 115 days (on the level of standard early-ripening tetraploid cultivar Meteor). The yield of green mass in two cuts is 19.6–58.7 t/ha, the yield of dry matter is 4.2–13.5 t/ha, the yield of seeds is 276–392 kg/ha. The average yield of green mass in two cuts of the new cultivar is 38.8 t/ha, the average yield of dry matter is 8.7 t/ha, the average yield of seeds is 317 kg/ha, which exceeds standard cultivar Meteor by 52%. The seed content of Prima cultivar is 52%, Meteor – 38%. The crude protein content in dry matter is 16.1%, the fiber content is 26.0%. Prima

клетчатки – 26,0%. Сорт Прима включен с 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону Российской Федерации. Получены авторское свидетельство и патент на селекционное достижение.

Ключевые слова: клевер луговой, селекция, гибридизация, отборы, сорт, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Среди многочисленных проблем животноводства в Сибири на одном из первых мест всегда стояла обеспеченность кормами, что связано с природно-климатическими и погодными условиями. Короткий вегетационный период, недостаток тепла во всех земледельческих районах, засушливость большинства регионов и юга Сибири ограничивают видовой состав кормовых культур и их продуктивность, приводят к большому колебанию урожайности и качества кормов [1].

Клевер луговой – важная высокобелковая культура для кормопроизводства, имеет большое агротехническое значение. Он способен накапливать азот в почве, улучшать физико-химические свойства и поэтому является хорошим предшественником [2]. В клеверосеянии большая роль принадлежит сорту. В различных зонах нашей страны районировано 105 сортов этой культуры, из них в Западно-Сибирском регионе – 19¹.

Традиционно возделываемые в зоне клеверосеяния одноукосные, местные позднеспелые сорта не удовлетворяют в полной мере потребностей производства. Эти сорта характеризуются растянутым периодом цветения и созревания семян, часто, особенно во влажные годы, сильно полегают еще до начала цветения, что приводит к большим потерям урожая и ухудшению его качества. Нестабильна и семенная продук-

cultivar has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation to be grown in the West Siberian region since 2019. The copyright certificate and patent for the breeding achievement were received.

Keywords: red clover, breeding, crossbreeding, selection, cultivar, yield

тивность этих сортов, что является причиной постоянного дефицита семян [3].

Создание наряду с позднеспелыми скороспелых двуукосных зимостойких сортов клевера представляет большое значение не только для северных регионов страны, но и в целом для всей клеверосеющей зоны России [4].

Метод гибридизации используется в селекционной работе с клевером луговым в Федеральном научном центре кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»). Здесь получены гибриды от скрещивания географически отдаленных дикорастущих популяций клевера Печорский, Кольский, обладающих высокой зимостойкостью, с высокоурожайными раннеспелыми, но слабозимостойкими формами. По урожаю сена в сумме за два года пользования все гибриды превышали стандарт, что служит доказательством биологической полезности перекрестного искусственного скрещивания географически отдаленных сортов и дикорастущих популяций клевера [2].

На основе этих методологических разработок в России созданы качественно новые сорта клевера лугового Ранний 2, Трио, Орлик, Метеор и другие, которые характеризуются высокой урожайностью (9–10 т сухого вещества/га) и семян (4–5 ц/га), повышенной зимостойкостью и раннеспелостью (созревают на 10–15 дней раньше стандарта ВИК 7, СибНИИК 10)

¹Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений. М., 2019. Т. 1. 320 с.

[4–7]. В результате сочетания методов решена сложная проблема селекции клевера лугового на скороспелость: преодолена генетическая отрицательная корреляционная связь между признаками зимостойкости и скороспелости генотипов клевера лугового на диплоидной основе [8].

Цель исследований – создать высокоурожайный по кормовой и семенной продуктивности зимостойкий сорт лугового клевера раннеспелого типа на диплоидной основе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Во Всероссийском научно-исследовательском институте (ВНИИ) кормов (1990–2000 гг.) в условиях искусственного климата с использованием метода гибридизации (ВИК 7 × Бурятский дикорастущий) и отборов создана гибридная популяция (15-10-Д (2х)). Исследования продолжены в Сибирском научно-исследовательском институте кормов Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИ кормов СФНЦА РАН) в условиях лесостепи Западной Сибири в 2000–2005 гг. Проведен отбор зимостойких высокоурожайных форм из гибридной популяции (15-10-Д (2х)). Созданная популяция испытана в трех циклах конкурсного сортоиспытания (посев 2006, 2008, 2010 гг.) при двух способах закладки: рядовым – на зеленую массу и широкорядным – на семена. Учетная площадь делянки 25 м². Результаты исследований обработаны по Б.А. Доспехову².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам конкурсного сортоиспытания за 2007–2013 гг. сорт Прима показал высокую зимостойкость – 97–99%, на уровне стандарта Метеор. Период от весеннего отрастания до первого укоса у сорта Прима составляет 60–74, от первого до второго укоса – 54–60, от отрастания

до созревания – 105–123 дня, у стандарта Метеор – 60–71, 54–60 и 101–123 дня соответственно.

Сорт дает два полноценных укоса. Урожайность зеленой массы в первом укосе у сорта Прима варьировала в зависимости от погодных условий и от года пользования травостоя от 101 до 450 ц/га, во втором укосе от 39 до 334 ц/га. Максимальная урожайность за два укоса у сорта установлена 587 ц/га. Урожайность сухого вещества за два укоса у сорта Прима составила 42–135 ц/га, средняя за шесть лет изучения – 87 ц/га, что было на уровне стандарта Метеор (см. таблицу).

Облиственность в первом укосе у сорта Прима 37,5–44,0%, во втором укосе 39,0–45,5%; у стандарта Метеор – 39–45 и 39,5–41,0% соответственно. Необходимо отметить, что облиственность растений 1-го года пользования у тетраплоидной популяции Метеор была выше, чем у растений 2-го года пользования в первом и втором укосах. У сорта Прима облиственность была на 1% выше, чем у стандарта Метеор.

Сорт Прима имел содержание протеина (16,1%), что на уровне раннеспелого тетраплоидного сорта Метеор, клетчатки (26%) на 1,1% ниже, чем у стандарта Метеор.

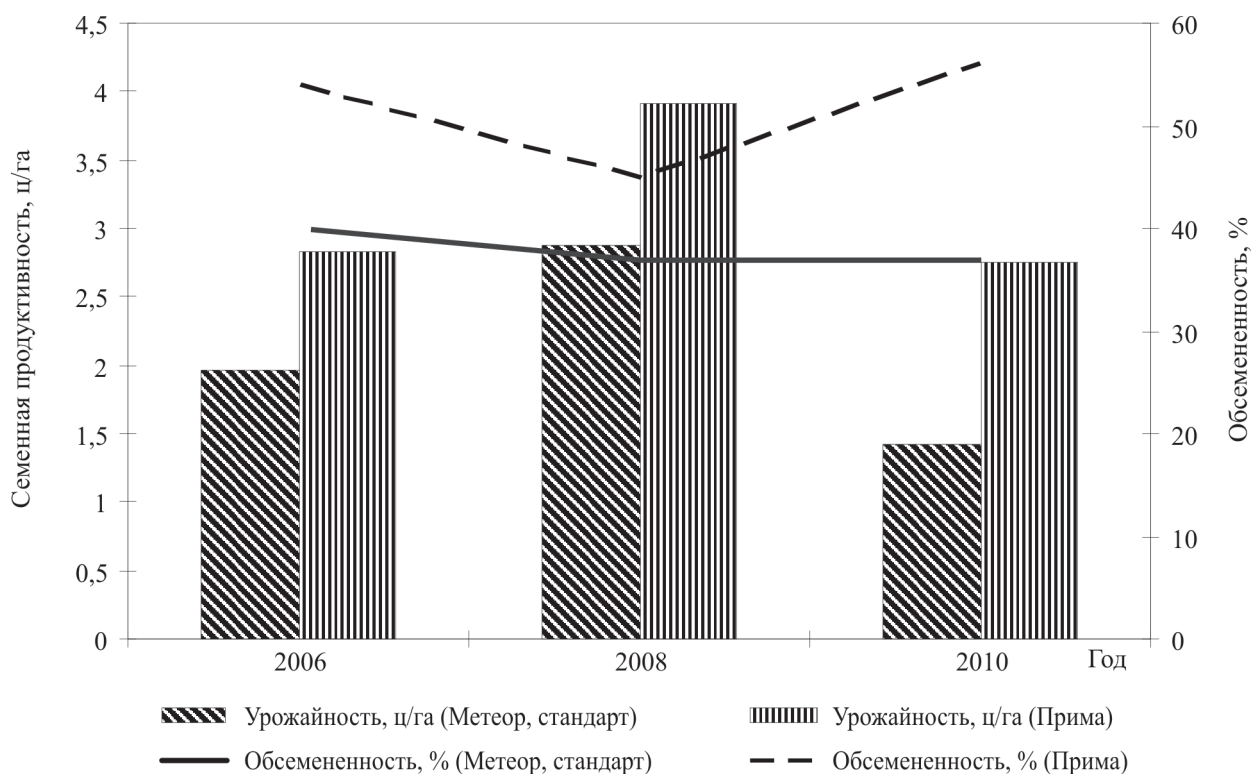
Урожайность семян у нового сорта варьировала по годам от 2,76 до 3,92 ц/га, в сравнении с тетраплоидным стандартом Метеор диплоидный сорт Прима превышал по этому показателю на 36–93% (см. рисунок). Семена созревают у раннеспелых сортов Прима и Метеор во II–III декадах августа (в засушливые годы в I декаде).

Обсемененность диплоидного сорта Прима составляет 52%, у Метеора (4х) – 38% (см. рисунок). Это соответствует результатам наших исследований по сортам клевера лугового, проведенным в 1987–2001 гг., где установлено, что у диплоид-

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

Урожайность зеленой массы клевера лугового Прима (конкурсное сортоиспытание), ц/га
Green mass yield of red clover Prima (competitive variety trial), centner/ha

Сортообразец	1-й год пользования				2-й год пользования			
	первый укос	второй укос	сумма за два укоса	% к стандарту	первый укос	второй укос	сумма за два укоса	% к стандарту
<i>Посев 2006 г.</i>								
Прима	450	97	547	81	183	39	222	74
Метеор	546	129	674	100	217	84	300	100
НСР ₀₅	27,9	11,3	31,1		37,2	16,0	41,3	
<i>Посев 2008 г.</i>								
Прима	401	186	587	86	101	103	204	119
Метеор	437	245	682	100	93	79	172	100
НСР ₀₅	45,1	66,1	68,8		46,8	32,8	48,0	
<i>Посев 2010 г.</i>								
Прима	143	54	196	94	240	334	574	83
Метеор	133	75	208	100	259	436	695	100
НСР ₀₅	2,96	2,9	2,96		42,3	34,9	61,3	
<i>Среднее</i>								
Прима	331	112	443	85	175	159	334	86
Метеор	372	150	522	100	190	200	390	100



Урожайность семян и обсемененность клевера лугового растений первого года пользования сорта Прима (конкурсное сортоиспытание)
Seed yield and seed content of red clover cultivar Prima of the first year (competitive variety trial)

ных сортов (в среднем по годам посева и пользования и способам посева) по обсемененности выделился синтетический сорт Атлант (53,7%), а среди тетраплоидных – зимостойкий двуукосный сорт Метеор (29,3%)³.

Сложногибридная популяция 15-10-Д (2х) совместно с ВНИИ кормов передана на Государственное сортоиспытание как сорт Прима в 2015 г.

Морфологические признаки сорта клевера лугового Прима

Сорт относится к двуукосному ранне-спелому типу, диплоидный (2х), имеет многостебельчатый (47–59 стеблей) полупрямостоячий куст высотой до 95 см.

Облиственность стебля первого укоса до 45%, второго – до 47%. Масса 1000 семян 1,97 г.

По урожайности семян новый сорт Прима превысил в среднем за три цикла испытания сорт Метеор на 52%.

Сорт зимостойкий и более устойчив к мучнистой росе и фузариозному увяданию. Содержание протеина составляет 16,1%.

Полученные данные свидетельствуют о пластичности и высокой потенциальной возможности диплоидного сорта Прима, который имеет существенное преимущество по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам над стандартом тетраплоидным сортом Метеор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для условий Западной Сибири создан зимостойкий (98%), раннеспелый (двуукосный) сорт клевера лугового Прима на диплоидной основе. Сорт выведен методом гибридизации (ВИК 7 × Бурятский дикорастущий) и отборов. Авторы сорта: Полюдина Р.И. (Сибирский НИИ кормов СФНЦА РАН), Новосёлова А.С., Новосёлов М.Ю. (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»).

Вегетационный период нового сорта 115 дней. Средняя урожайность зеленой массы за два укоса составляет 388 ц/га, сухого вещества – 87, семян – 3,17 ц/га (+ 52% к стандарту), обсемененность 52% (+ 14% к стандарту). Содержание сырого протеина в сухой массе 16,1%, клетчатки 26,0%. Зимостойкость 98%.

Сорт Прима включен с 2019 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону (авторское свидетельство № 66979 от 24.04.2019, патент №10248 от 24.04.2019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каишев Н.И.* Кормопроизводство в Сибирском регионе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2004. № 4. С. 45–50.
2. *Новоселова А.С.* Селекция и семеноводство клевера: монография. М.: Агропромиздат, 1986. 199 с.
3. *Полюдина Р.И.* Селекционный потенциал клевера лугового в Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 5. С. 106–112.
4. *Полюдина Р.И.* Клевер в Сибири: монография. Новосибирск: издательство СФНЦА РАН, 2017. 348 с.
5. *Новоселов М.Ю.* Состояние задачи и методы селекции // Клевер в России. Воронеж: Изд-во им. Е.А. Болховитинова, 2002. С. 29–40.
6. *Новоселов М.Ю.* Клевер луговой // Основные виды и сорта кормовых культур. М.: Наука, 2015. С. 22–74.
7. *Полюдина Р.И.* Экологическая селекция клевера лугового для создания сортов с повышенной адаптивностью к отрицательному воздействию температурных факторов среды в условиях Западно-Сибирского региона // Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового. Результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер». М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. С. 77–103.
8. *Новоселов М.Ю.* Селекция клевера лугового: монография. М., 1999. 183 с.

³Полюдина Р.И., Данилов В.П., Штрауб А.А. Обсемененность новых сортов клевера лугового // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана. Материалы 10-й Междунар. конф. по научному обеспечению азиатских территорий (г. Улан-Батор, 3–6 июля 2007 г.). Новосибирск, 2007. С. 176–177.

REFERENCES

1. Kashevarov N.I. Kormoproizvodstvo v Sibirskom regione [Fodder Production in Siberian region]. *Sibirskiy vestnik sel'skohozyaystvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2004, no. 4, pp. 45–50. (In Russian).
2. Novoselova A.S. *Selektsiya i semenovodstvo klevera* [Selection and seed breeding of red clover]. Moscow, Agropromisdat, 1986, 199 p. (In Russian).
3. Polyudina R.I. Selekcionniy potencial klevera lugovogo v Sibiri [Breeding potential of red clover in Siberia] *Sibirskiy vestnik sel'skohozyaystvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science]. 2016, no. 5, pp. 106–112. (In Russian).
4. Polyudina R.I. *Klever v Sibiri* [Clover in Siberia]. Novosibirsk, SFSCA RAS Publ., 2017, 348 p. (In Russian).
5. Novoselov M.Yu. Sostoyanie, zadachi i metody selekcii [Status, goals and methods of selection]. *Klever v Rossii* [Clover in Russia]. Voronezh, Publishing house n.a. E.A. Bolhovitinova, 2002, pp. 29–40. (In Russian).
6. Novoselov M.Yu. Klever lugovoy [The red clover]. *Osnovniye vidy i sorta kormovykh kultur* [Main species and cultivars of forage crops]. Moscow, Science Publ., 2015, pp. 22–74. (In Russian).
7. Polyudina R.I. Ekologicheskaya selektsiya klevera lugovogo dlya sozdaniya sortov s povyshennoy adaptivnostyu k otricatelnomu vozdeystviyu temperaturnykh faktorov sredy v usloviyakh Zapadno-Sibirskogo regiona [Ecological selection of red clover for creating cultivars with increased adaptability to negative impact of temperature factors in conditions of West Siberia]. *Ekologicheskaya selektsiya i semenovodstvo klevera kugovogo. Rezultaty 25-letnykh issledovaniy tvorcheskogo obedineniya TOS "Klever"* [Ecological selection and seed breeding of red clover. The results of 25-year research of creative association CAS "Clover"]. Moscow, LLC "Elphir IPR", 2012, pp. 77–103. (In Russian).
8. Novoselov M.Yu. *Selektsiya klevera lugovogo* [Selection of red clover]. Moscow, 1999, 183 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Полюдина Р.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, руководитель селекционного центра по кормовым культурам; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: polyudina@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Polyudina R.I.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher, Head of the Breeding Centre for Fodder Crops; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: polyudina@ngs.ru

Дата поступления статьи 29.04.2019
Received by the editors 29.04.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-6

УДК: 595.773.4

ТАХИНЫ (DIPTERA: TACHINIDAE, TACHININAE) – ПАЗАРИТЫ НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ

¹Маркова Т.О., ²Маслов М.В., ¹Репш Н.В., ¹Сахнов А.С.

¹Дальневосточный федеральный университет (Школа педагогики)
г. Уссурийск, Приморский край, Россия

²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Владивосток, Россия

Для цитирования: Маркова Т.О., Маслов М.В., Репш Н.В., Сахнов А.С. Тахины (Diptera: Tachinidae, Tachininae) – паразиты насекомых-вредителей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 47–54. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-6

For citation: Markova T.O., Maslov M.V., Repsh N.V., Sakhnov A.S. Tachiny (Diptera: Tachinidae, Tachininae) – parazity nasekomykh-vrediteli. [Tachinid flies (Diptera: Tachinidae, Tachininae) – parasites of insect pests]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 47–54. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-6

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

TACHINID FLIES (DIPTERA: TACHINIDAE, TACHININAE) – PARASITES OF INSECT PESTS

¹Markova T.O., ²Maslov M.V.,
¹Repsh N.V., ¹Sakhnov A.S.

¹Far Eastern Federal University (School of Pedagogy)

Ussuriysk, Primorsky Territory, Russia

²Federal Scientific Center of the East Asia
Terrestrial Biodiversity of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences

Vladivostok, Russia

Изучены 127 видов паразитов подсемейства Tachininae (Diptera: Tachinidae), относящихся к 53 родам и 14 трибам. Исследования проведены в 2008–2018 гг. на территории Приморского края. В настоящее время список тахинин с известными хозяевами составляет 52 вида (40,9% от общего числа). Tachininae паразитируют в насекомых отрядов Lepidoptera (86,6% от общего числа видов с известными данными), Coleoptera (9,6), Diptera (1,9), Dermaptera (1,9%). Среди представителей Lepidoptera преобладают виды семейств Noctuidae (34,1%), Lymantriidae (10,7) и Tortricidae (9,2%). Выявлено 28 видов хозяев тахинин отряда Lepidoptera, являющихся вредителями сельскохозяйственных культур, садово-парковых и лесных насаждений. Эти насекомые в личиночной стадии питаются листьями, бутонами, цветками и плодами древесно-кустарниковых растений, повреждают плодовые деревья, парковые насаждения, сеянцы в посадках, зер-

The study area included 127 species of parasites from the Tachininae subfamily (Diptera: Tachinidae) belonging to 53 genera and 14 tribes. The study was conducted in 2008–2018 in Primorsky Territory. Presently the list of tachinid flies with known hosts is made up of 52 species (40.9% of the total number). The Tachininae parasitize insect orders of Lepidoptera (86.6% of the total number of species with known data), Coleoptera (9.6%), Diptera (1.9%), Dermaptera (1.9%). Among representatives of Lepidoptera, species of Noctuidae (34.1%), Lymantriidae (10.7%) and Tortricidae (9.2%) families prevail. During the study, 28 host species of tachinids flies were revealed in the Lepidoptera order which are pests of agricultural crops, park, garden and forest vegetation. These insects, in the larval stage, feed on leaves, flower buds, flowers and fruits of trees and shrubs. They also damage fruit trees, park plants, sown seedlings, grain crops, basal parts and stems of vegetables. In the order

новые культуры, прикорневые части и стебли овощных культур. В отряде Coleoptera к вредителям отнесено три вида из семейства Scarabaeidae. Впервые приведены сведения о паразитировании *Tachina fera* L. в гусеницах *Spodoptera exigua* Hbn. (Lepidoptera: Noctuidae), *Parhamaxia discalis* Mesn. в имаго *Holotrichia parallela* Motsch. (Coleoptera: Scarabaeidae), *Hamaxia incongrua* Walk. в имаго *Gametis jucunda* (Fald.) и *Anomala luculenta* Er. (Coleoptera: Scarabaeidae), *Mikia tepens* Walk. в гусеницах *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae). Изучение фауны Tachinidae и трофических связей в личиночной стадии имеет важное научное и практическое значение в борьбе с насекомыми-вредителями сельского и лесного хозяйства.

Ключевые слова: Diptera, Tachinidae, насекомые, вредители, энтомофаги

ВВЕДЕНИЕ

К факторам, снижающим урожайность, относятся вредители и болезни культурных растений. Среди насекомых по числу вредящих видов лидирующее положение занимают представители отрядов чешуекрылых и жесткокрылых. Степень заселенности сельскохозяйственных культур вредящими насекомыми зависит от погодных условий и хозяйственной деятельности сельхозпроизводителей в течение вегетационного периода растений. Создание монокультур на больших площадях и введение в культуру новых растений наряду с климатическими изменениями способствуют переходу видов вредителей с диких растений на культурные, что может сопровождаться вспышками их массового размножения.

В условиях развития сельского и лесного хозяйства в Приморском крае возрастает необходимость в постоянном мониторинге вредящих видов насекомых, которые снижают урожай сельскохозяйственных культур, повреждают сеянцы растений в посадках. Возрастает роль методической и практической помощи сельскохозяйственным и лесным производителям с целью

повышения экономической эффективности их деятельности.

В настоящее время для территории Приморского края опубликованы аннотированные списки видов вредителей и сведения о хозяевах тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейств Dexiinae, Exoristinae и Phasiinae [1–4]. Однако сведения об энтомофагах насекомых, наносящих существенный вред сельскому и лесному хозяйству, недостаточны.

Keywords: Diptera, Tachinidae, insects, pests, entomophages.

Цель исследований – выявить трофические связи тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Tachininae с насекомыми-вредителями сельского и лесного хозяйства в Приморском крае.

Приведенные сведения могут быть учтены при разработке научно обоснованных методов борьбы с насекомыми-вредителями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использован материал, собранный в 2008–2018 гг. на территории Приморского края, а также литературные сведения. За время исследований собрано более 1000 экз. насекомых – потенциальных хозяев Tachinidae. Насекомых среднего

размера размещали по 10–15 шт. в широкогорлые банки емкостью 1 л (личинок чешуекрылых – по 7–10 шт. в емкости 2–3 л) с просеянным грунтом на дне и закрытых марлевыми крышками. На банках указывали дату поимки и номер биотопа согласно лабораторному журналу. Для того чтобы условия содержания были приближены к естественным, банки расставляли на стеллажах на открытом воздухе и прикрывали от прямых солнечных лучей и дождей. В качестве источника питания растительноядных насекомых использовали плоды, цветки и срезанные стебли растений, с которых они были собраны. В бюксы с водой помещали небольшие веточки растений, которые регулярно обновляли для поддержания естественной среды и хорошего питания насекомых. В кормлении зоофагов использовали мелких насекомых, в том числе гусениц чешуекрылых [5]. Грунт просматривали каждые 2 дня с целью обнаружения пупариев и удаления погибших насекомых, которых вскрывали, так как личинка могла оказаться недоразвитой или не выйти из хозяина. Пупарии по отдельности содержали в сосудах небольшой емкости, закрытых марлевой крышкой, с пометкой даты формирования и номера биотопа. Содержание хозяев составляло около 4 нед, учитывая средние сроки развития паразитов [5]. Хозяев и выведенных двукрылых сохраняли в коллекционном виде. Тахин накалывали на энтомологические булавки с прикреплением двух этикеток: на одной фиксировали полевые сведения сбора хозяев, на второй – даты появления пупария и вылета имаго. Чешуекрылых в личиночной стадии фотографировали, также дублировали материал выведением имаго. Для определения насекомых была использована специальная литература [6, 7], также консультации с узкими специалистами-энтомологами.

Для дополнения представленных нами данных требуются дальнейшие исследования. Сведения о Tachininae, выведенных в

ходе исследований на исследованной территории, приведены ниже (* хозяева указаны впервые).

***Tachina fera* L.** Паразит гусениц Noctuidae (*Paradiarsia glareosa* Esper, *Melanchra pisi* L., *Mythimna obsoleta* Htibn., *M. separata* Walk., *Panolis flammea* Den. et Schiff., *Heliothis peltigera* Schiff.). Нами приводятся сведения о паразитировании в гусеницах **Spodoptera exigua* Hbn. (Noctuidae). **Материал.** Из **Spodoptera exigua* (1 экз.). Приморский край, Уссурийский городской округ (УГО), с. Каймановка, садовый участок, 12.07.16. (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 15.08.16.

***Tachina magnicornis* Ztt.** Паразит гусениц Noctuidae (*Agrotis segetum* Den. et Schiff., *Spodoptera exigua* Hbn., *Panolis flammea* Den. et Schiff.) и Lasiocampidae (*Malacosoma* sp.). **Материал.** Из *Spodoptera exigua* (1 экз.). Приморский край, УГО, с. Каймановка, садовый участок, 18.07.16. (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 15.08.16.

***Parhamaxia discalis* Mesn.** Паразит имаго хрущей *Holotrichia diomphalia* Bat., *H. sichotana* Brsk. (Coleoptera: Scarabaeidae). Приведены сведения о паразитировании в имаго **Holotrichia parallela* Motsch. **Материал.** Из *Holotrichia diomphalia* (2 экз.). Приморский край, Чугуевский район, с. Ясное, агроценоз, горох. 10.08.08; 02.08.09. (Маркова). Вылет имаго 11.09.08; 20.08.09. Из **Holotrichia parallela* (2 экз.). 23.07.15; 25.07.18. Приморский край, УГО, с. Каймановка, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 11.08.15; 12.08.18.

***Hamaxia incongrua* Walk.** Паразит имаго Scarabaeidae (*Popillia quadriguttata japonica* Newm., *Adoretus tenuimaculatus* Waterh., *Anomala rufocuprea* Motsch., *Cetonia magnifica* Ball., *Rhombonyx testaceipes* Motsch.). Приведены сведения о паразитировании в имаго *Gametis jucunda* (Fald.), *Anomala luculenta* Er. (Scarabaeidae). **Материал.** Из *Cetonia magnifica* (2 экз.). Приморский край,

Табл. 1. Хозяева тахин подсемейства Tachininae – вредители сельского и лесного хозяйства в Приморском крае

Table 1. The hosts of the tachinid flies of the Tachininae subfamily are pests of agriculture and forestry in Primorsky Territory

Хозяева – вредители		Вид паразитов
Lepidoptera		
Noctuidae	<i>Agrotis exclamationis</i> L.	<i>Linnaemya comta</i> Fall.
	<i>Agrotis ipsilon</i> Hufn.	<i>Linnaemya comta</i> Fall., <i>L. picta</i> Mg., <i>Siphona collini</i> Mesn.
	<i>Agrotis segetum</i> Den. et Schiff.	<i>Linnaemya comta</i> Fall., <i>Siphona collini</i> Mesn., <i>Tachina magnicornis</i> Ztt.
	<i>Cerapteiix graminis</i> L.	<i>Siphona collini</i> Mesn.
	<i>Cosmia trapezina</i> L.	<i>Panzeria laevigata</i> Mg.
	<i>Lacanobia oleracea</i> L.	<i>Eurithia anthophila</i> R.-D.
	<i>Mamestra brassicae</i> L.	<i>Tachina nupta micado</i> Kirby, <i>Peleteria varia</i> F., <i>Linnaemya picta</i> Mg., <i>Eurithia consobrina</i> Mg.
	<i>Mythimna separata</i> Walk.	<i>Tachina fera</i> L., <i>T. nupta micado</i> Kirby, <i>Linnaemya zachvatkini</i> Zim., <i>Ceromya silacea</i> Mg.
	<i>Protoschinia scutosa</i> Den. et Schiff.	<i>Tachina praeceps</i> Mg.
	<i>Spodoptera exigua</i> Hubn.	* <i>Tachina fera</i> L., <i>T. magnicornis</i> Ztt.
Arctiidae	<i>Xestia c-nigrum</i> L.	<i>Linnaemya picta</i> Mg., <i>L. tessellans</i> R.-D.
	<i>Hyphantria cunea</i> Dr.	<i>Peleteria ferina</i> Ztt.
	<i>Spilosoma lubricipedium</i> L.	<i>Nemoraeta pellucida</i> Mg., <i>Eurithia anthophila</i> R.-D.
Lasiocampidae	<i>Rhyparia purpurata</i> L.	<i>Tachina praeceps</i> Mg.
	<i>Dendrolimus superans sibiricus</i> Tschetv.	<i>Tachina praeceps</i> Mg., <i>Mikia tepens</i> Walk.
Lymantriidae	<i>Malacosoma neustria</i> L.	<i>Tachina magnicornis</i> Ztt.
	<i>Calliteara abietis</i> Den. et Schiff.,	<i>Tachina magna</i> Giglio-Tos, <i>Aphantorhaphopsis samarensis</i> Vill., <i>Mikia tepens</i> Walk.
	<i>Lymantria monacha</i> L.	<i>Tachina magna</i> Giglio-Tos, <i>Aphantorhaphopsis samarensis</i> Vill., * <i>Mikia tepens</i> Walk.
	<i>Lymantria dispar</i> L.	<i>Linnaemya medina</i> Zim.
Notodontidae	<i>Leucoma candida</i> Str., <i>L. salicis</i> L.	
	<i>Furcula furcula</i> Clerck.	<i>Peribaea tibialis</i> R.-D.
	<i>Ptilodon capucina</i> L.	<i>Eurithia anthophila</i> R.-D.
Geometridae	<i>Phalera bucephala</i> L.	<i>Tachina magna</i> Giglio-Tos
	<i>Operophtera brumata</i> L.	<i>Lypha dubia</i> Fall.
Coleoptera		
Scarabaeidae	<i>Holotrichia diomphalia</i> Bat., <i>H. sichotana</i> Brsk.	<i>Parhamaxia discalis</i> Mesn., <i>Hamaxia incongrua</i> Walk.
	<i>Holotrichia parallela</i> Motsch.	* <i>Parhamaxia discalis</i> Mesn.

* Вид указан впервые.

Табл. 2. Распределение насекомых вредителей по основным типам биоценозов

Table 2. Distribution of insect pests by major types of biocenoses

№ п/п	Вид насекомых	Тип биоценоза								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lepidoptera										
1	<i>Agrotis exclamationis</i> (совка восклицательная)	+	+	+		+				
2	<i>A. ipsilon</i> (совка-ипсесон)	+	+	+	+			+		
3	<i>A. segetum</i> (совка озимая)	+	+	+						
4	<i>Cerapteiyx graminis</i> (совка травяная)	+			+	+				
5	<i>Cosmia trapezina</i> (совка многоядная)						+	+		
6	<i>Lacanobia oleracea</i> (совка огородная)	+	+				+	+		
7	<i>Mamestra brassicae</i> (совка капустная)		+							
8	<i>Mythimna separata</i> (совка восточная луговая)	+			+					
9	<i>Protoschinia scutosa</i> (совка полынная)		+	+	+					
10	<i>Spodoptera exigua</i> (совка малая наземная)	+			+					
11	<i>Xestia c-nigrum</i> (совка с-черное)	+	+				+	+		
12	<i>Hyphantria cunea</i> (американская белая бабочка)						+	+	+	
13	<i>Spilosoma lubricipedum</i> (медведица крапчатая)		+		+	+				
14	<i>Rhyparia purpurata</i> (медведица пурпурная)						+	+		
15	<i>Dendrolimus superans sibiricus</i> (шелкопряд сибирский)									+
16	<i>Malacosoma neustria</i> (шелкопряд кольчатый)						+	+	+	
17	<i>Calliteara abietis</i> (волнянка хвойная)									+
18	<i>Lymantria monacha</i> (монашенка)								+	
20	<i>Leucoma candida</i> (волнянка ивовая сибирская)							+		
21	<i>L. salicis</i> (волнянка ивовая)							+		
22	<i>Furcula furcula</i> (вилохвост осиновый)							+		
23	<i>Ptilodon capucina</i> (хохлатка верблюдка)							+		
24	<i>Phalera bucephala</i> (лунка серебристая)							+		
25	<i>Operophtera brumata</i> (пяденица зимняя)						+	+	+	
26	<i>Archips oporana</i> (листовертка еловая)								+	+
27	<i>Choristoneura diversana</i> (листовертка дымчатая)				+		+	+		
28	<i>Sparganothis pilleriana</i> (листовертка виноградная)	+					+	+		
Coleoptera										
29	<i>Holotrichia diomphalia</i> (хрущ дальневосточный черный)		+				+			
30	<i>H. sichotana</i> (хрущ дальневосточный рыжий)		+				+			
31	<i>H. parallela</i> (хрущ дальневосточный матовый)		+				+			

Основные биоценозы: 1 – посевы хлебных зерновых культур; 2 – посадки овощных культур; 3 – посадки бахчевых культур; 4 – посадки кормовых бобовых культур; 5 – посевы кормовых злаковых культур; 6 – посадки плодово-ягодных культур; 7 – парковые насаждения; 8 – лесные насаждения (широколиственные и хвойные растения); 9 – лесные насаждения (хвойные растения).

УГО, с. Каменушка, окраина леса, *Rubus crataegifolius* Bunge. 05.07.16; 10.07.17. (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 21.07.16; 28.07.17. Из **Gametis jucunda* (1 экз.). Там же, с. Каймановка, *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br. 17.07.18. (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 17.08.18. Там же, из **Anomala luculenta* (1 экз.) 10.08.11. (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 11.09.11.

***Mikia tepens* Walk.** Паразит гусениц *Dendrolimus superans sibiricus* Tschetv., *D. pini* L. (Lasiocampidae), *Lymantria monacha* L., *Calliteara abietis* Den. et Schiff. (Lymantriidae). Приведены сведения о паразитировании в гусеницах *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae). **Материал.** Из **Lymantria dispar* (2 экз.). Приморский край, УГО, с. Каймановка, окраина леса, *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb. 15.07.16; 18.07.17 (Маркова; Маслов). Вылет имаго – 25.07.16; 28.07.17.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подсемейство Tachininae на исследованной территории включает 127 видов, относящихся к 53 родам и 14 трибам. Список тахинин с известными хозяевами в настоящее время составляет 52 вида (40,9% от общего числа). Tachininae в Приморском крае паразитируют в насекомых отрядов Lepidoptera (86,6% от общего числа видов с известными данными), Coleoptera (9,6), Diptera (1,9), Dermaptera (1,9%). Среди Lepidoptera преобладают виды семейств Noctuidae (34,1%), Lymantriidae (10,7) и Tortricidae (9,2%).

Сведения о Tachininae, паразитирующих в насекомых-вредителях сельскохозяйственных культур, садово-парковых и лесных насаждений и распределении хозяев по основным типам биоценозов в Приморском крае обобщены в табл. 1–2. Список видов составлен с учетом фундаментальных сводок [8–11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время известно 28 видов хозяев тахинин отряда Lepidoptera, являющихся вредителями сельскохозяйственных культур, садово-парковых и лесных насаждений. Эти насекомые в личиночной стадии питаются листьями, бутонами, цветками и плодами древесно-кустарниковых растений, повреждают плодовые деревья, парковые насаждения, сеянцы в посадках, зерновые культуры, прикорневые части и стебли овощных культур. В отряде Coleoptera к вредителям отнесено два вида: *Holotrichia diomphalia*, *H. sichotana*. С 2009 г. на территории Южного Приморья серьезным вредителем огородных культур является *H. parallela*. Хрущи питаются листьями и цветками полевых, садовых культур и огородных растений в имагинальной стадии, подгрызают корни, вызывая увядание и гибель растений – в личиночной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маркова Т.О., Манжела К.А. Тахины (Diptera, Tachinidae) – паразиты Чешуекрылых семейства Волнянки (Lepidoptera, Lymantriidae) на территории Приморского края // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 6 (155). С. 155–158.
2. Маркова Т.О., Маслов М.В., Репш Н.В., Кистерная Н.Ю. Фаунистический обзор и трофические связи личинок тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Dexiinae Южного Приморья // Научные ведомости Белгородского государственного университета, 2015. Т. 30. № 3 (200). С. 57–66.
3. Маркова Т.О., Маслов М.В., Репш Н.В., Сахнов А.С. Фаунистический состав и трофические связи личинок тахин (Diptera: Tachinidae) подсемейства Exoristinae Приморского края Дальнего Востока России // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (141). С. 225–229.
4. Markova T.O. New host and distribution data of tachinid flies of subfamily Phasiinae (Diptera, Tachinidae) in Siberia and Russian Far East // Far Eastern Entomologist. 1999. № 75. P. 1–8.

5. Маркова Т.О., Маслов М.В., Репш Н.В., Боловцов Е.Н., Гуляева В.А. Методы сбора и содержания насекомых – потенциальных хозяев тахин (Diptera, Tachinidae) в Приморском крае Дальнего Востока России // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 3 (203). С. 68–72.
6. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР: монография. Л.: Наука. 1989. Т. 3. Ч. 1. 572 с.
7. Определитель насекомых Дальнего Востока России: монография. Т. 5. Владивосток: Дальнаука. 1997. Ч. 1. 539 с.; 1999. Ч. 2. 671 с.; 2001. Ч. 3. 621 с.; 2003. Ч. 4. 688 с.; 2004. Т. 6. Ч. 3. С. 148–398; 2005. Ч. 5. 575 с.
8. Беляев Е.А., Ермолаев В.П., Кирпичникова В.А., Кононенко В.С., Чистяков Ю.А. Бабочки – вредители сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока: монография. Владивосток: ДВО АН СССР. 1988. 288 с.
9. Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. Чешуекрылые: монография. СПб.: Наука, 1994. Т. 3. Ч. 1. 315 с.; 1999. Т. 3. Ч. 2. 386 с.
10. Чистяков Ю.А., Кононенко В.С., Кирпичникова В.А., Беляев Е.А. Отряд *Lepidoptera* – Чешуекрылые, или бабочки // Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1995. С. 117–179.
11. Швыдкая В.Д., Шереметьева В.И., Фрейман Т.Я., Шалимова А.Ф. Карантинные вредители // Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1995. С. 199–204.
3. Markova T.O., Maslov M.V., Repsh N.V., Sakhnov A.S. Faunisticheskiy sostav i troficheskie svyazi lichinok takhin (Diptera: Tachinidae) podsemeistva Exoristinae Primorskogo kraja Dal'nego Vostoka Rossii [Faunistic composition and evaluation of trophic relations of Tachinid flies' larvae (Diptera: Tachinidae), Exoristinae subfamily, in the Primorye territory of the Far East of Russia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of KrasGAU], 2018, no. 6 (141), pp. 225–229. (In Russian).
4. Markova T.O. New host and distribution data of tachinid flies of *Phasiinae* subfamily (Diptera, Tachinidae) in Siberia and Russian Far East. *Far Eastern Entomologist*, 1999, no. 75, pp. 1–8.
5. Markova T.O., Maslov M.V., Repsh N.V., Boloitsov E.N., Gulyaeva V.A. Metody sbora i soderzhaniya nasekomykh – potentsial'nykh khozyaev takhin (Diptera, Tachinidae) v Primorskom krae Dal'nego Vostoka Rossii [Methods of collecting and keeping of insects – potential hosts of Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) in the Primorye territory of the Far East of Russia] *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University], 2017. № 3 (203). P. 68–72. (In Russian).
6. *Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka SSSR* [Index of insects of the Far East of the USSR]. Leningrad: Science Publ. 1989, vol. 3, part 1, 572 p. (In Russian).
7. *Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka Rossii* [Index of insects of the Russian Far East]. Vladivostok: Dal'nauka Publ. vol. 5. 1997. part 1. 539 p.; 1999. part 2. 671 p.; 2001. part 3. 621 p.; 2003. part 4. 688 p.; 2005. part 5. 575 p. 2004. vol. 6. part 3. pp. 148–398. (In Russian).
8. Belyaev E.A., Ermolaev V.P., Kirpichnikova V.A., Kononenko V.S., Chistyakov Yu.A. *Babochki – vrediteli sel'skogo i lesnogo khozyaistva Dal'nego Vostoka* [Butterflies are pests of agriculture and forestry of the Far East].

REFERENCES

1. Markova T.O., Manzhela K.A. Takhiny (Diptera, Tachinidae) – parazity Cheshuekrylykh semeistva Volnyanki (Lepidoptera, Lymantriidae) na territorii Primorskogo kraja [Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) are Lepidoptera parasites of Lymantriidae family (Lepidoptera, Lymantriidae) in Primorskii Territory]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University], 2013. no. 6 (155), pp. 156–159. (In Russian).
2. Markova T.O., Maslov M.V., Repsh N.V., Kisternaya N.Yu. Faunisticheskiy obzor i troficheskie svyazi lichinok takhin (Diptera, Tachinidae) podsemeistva Dexiinae Yuzhnogo

- Vladivostok: Far East Branch of the USSR Academy of Sciences Publ. 1988. 288 p. (In Russian).
9. *Nasekomye i kleshchi – vrediteli sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Cheshuekrylye* [Insects and mites are pests of agricultural crops. Lepidoptera.]. St. Petersburg: Science Publ., 1994, vol. 3, part 1, 315 p.; 1999. vol. 3, part 2, 386 p. (In Russian).
10. Chistyakov Yu.A., Kononenko V.S., Kirpichnikova V.A., Belyaev E.A. Otryad Lepidoptera – Cheshuekrylye, ili babochki [Lepidoptera order – Lepidoptera, or butterflies]. *Nasekomye – vrediteli sel'skogo khozyaistva Dal'nego Vostoka* [Insect pests of agriculture in the Far East]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1995, pp. 117–179. (In Russian).
11. Shvydkaya V.D., Sheremetyeva V.I., Freiman T.Ya., Shalimova A.F. Karantinnye vrediteli [Quarantine pests]. *Nasekomye – vrediteli sel'skogo khozyaistva Dal'nego Vostoka* [Insect pests of agriculture in the Far East]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 1995, pp. 199–204. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Маркова Т.О.**, доцент, кандидат биологических наук; **адрес для переписки:** Россия, 692500, Приморский край, г. Уссурийск, ул. Некрасова, 35; e-mail: martania@mail.ru

Маслов М.В., научный сотрудник

Репш Н.В., доцент, кандидат биологических наук

Сахнов А.С., бакалавр

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Markova T.O.**, Associate Professor, Candidate of Science in Biology; **address:** 35, ul. Nekrasova, Ussuriisk, Primorsky Territory, 692500, Russia; e-mail: martania@mail.ru

Maslov M.V., Researcher

Repsh N.V., Associate Professor, Candidate of Science in Biology

Sakhnov A.S., Bachelor of Sciences

Дата поступления статьи 15.04.2019
Received by the editors 15.04.2019

УСТОЙЧИВОСТЬ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА К ГОЛОВНЕВЫМ ГРИБАМ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

^{1,2}Исачкова О.А., ^{1,2}Ганичев Б.Л., ¹Логина А.О.

¹Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук Кемеровская область, пос. Новостройка, Россия

²Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт Кемерово, Россия

Для цитирования: Исачкова О.А., Ганичев Б.Л., Логина А.О. Устойчивость голозерного овса к головневым грибам в Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 55–61. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-7

For citation: Isachkova O.A., Ganichev B.L., Loginova A.O. Ustoichivost' голозерного овса k golovnevym gribam v Zapadnoi Sibiri [Resistance of hulless oats to smut fungi in Western Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 55–61. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-7

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения образцов голозерного овса мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова и сортов собственной селекции на устойчивость к поражению головневыми заболеваниями. Исследования проведены в полевом опыте на искусственном инфекционном фоне в 2008–2018 гг. Отмечено влияние метеорологических факторов в период вегетации растений голозерного овса на степень поражения заболеванием. Усиление происходило в годы с достаточной и избыточной влагообеспеченностью на фоне повышенной температуры воздуха, уменьшение поражения – при засушливых условиях. Результатами фитопатологического анализа 230 коллекционных образцов голозерного овса в 2008–2011 гг. выявлено, что большому поражению головневыми грибами подвержены среднеспелые образцы (27,2% в среднем по группе). С увеличением продолжительности вегетационного периода восприимчивость к патогену снижалась. В среднем по группам среди среднеспелых образцов поражены 26,5%, позднеспелых – 25,4, очень позднеспелых – 20,0%. При дальнейшем изучении (2012–2018 гг.) 35 устойчивых образцов данной коллекции отмечено снижение устойчивости к патогену. Выделены иммунные образцы, обладающие высокими

RESISTANCE OF HULLESS OATS TO SMUT FUNGI IN WESTERN SIBERIA

^{1,2}Isachkova O.A., ^{1,2}Ganichev B.L., ¹Loginova A.O.

¹Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Novostroyka, Kemerovo Region, Russia

²Kemerovo State Agricultural Institute Kemerovo, Russia

The work presents the results of the study of naked oat samples from the world collection of The N.I. Vavilov All Russian Institute of Plant Genetic Resources and locally bred varieties for resistance to smut diseases. The research was carried out in 2008–2018 in the field experiment against an artificial infection background. It was noted that during the growing season meteorological factors affected the extent of lesion of naked oats with the disease. A higher degree of lesion was observed in years with sufficient and excessive moisture supply alongside increased air temperatures, whereas less damage was discovered under dry conditions. The results of phytopathological analysis of 230 collection samples of hulless oats in 2008–2011 revealed that mid-ripening specimens are more susceptible to damage by smut fungi (27.2% on average in the group). With an increase in the length of the growing season, susceptibility to the pathogen decreases. The degree of lesion in mid-late samples was 26.5%, on average in the group, in late-ripening – 25.4%, in very late-ripening – 20.0%. During further study (2012–2018) of 35 resistant samples of this collection, a decrease in resistance to the pathogen was noted. Immune

показателями структуры метелки, крупностью зерна, устойчивостью к полеганию. Данные образцы включены в программу скрещиваний для получения высокоурожайных генотипов, устойчивых к поражению местной популяцией головневых грибов. В результате создан новый сорт голозерного овса Офеня пищевого и фуражного направления, превосходящий стандартный районированный сорт по урожайности, технологическим, биохимическим показателям, устойчивый к полеганию и головне.

Ключевые слова: голозерный овес, головневые грибы, патоген, устойчивость

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время общепризнано значение селекции на устойчивость к болезням. В сложившейся экономической ситуации роль устойчивого сорта возрастает и как одного из компонентов, улучшающего экологическую обстановку, и как фактора ресурсосберегающих технологий возделывания.

Академиком Н.И. Вавиловым в середине XX в. высказано утверждение о значимости использования сортов, базирующихся на естественном иммунитете, как о наиболее целесообразном и экономически выгодном способе борьбы с инфекционными болезнями [1, 2]. На протяжении целого столетия это положение не потеряло своей актуальности и стало одним из важнейших направлений в селекционной работе с овсом во многих регионах¹ [3–7].

Одним из негативных признаков голозерного овса является его сильная восприимчивость к различным заболеваниям. Наиболее распространены и вредоносны для голозерного овса в Западной Сибири пыль-

samples characterized by high panicle structure, large size of grain and lodging resistance were selected and included in the cross-breeding program to produce high-yielding genotypes resistant to local populations of smut fungi. As a result, a new variety of naked oats Ofenya was created, surpassing the standard recognized variety in terms of yield, technological, biochemical parameters, as well as resistant to lodging and smut.

Keywords: naked oats, smut fungi, pathogen, resistance

ная (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.) и твердая (*Ustilago kolleri* Wille) виды головни. Несмотря на внедрение в производство различных мер борьбы с головней, сводящихся к предпосевному химическому обеззараживанию семян², создание устойчивых к головне сортов голозерного овса – первоочередная и основная задача селекции этой культуры [8–11]. Для выведения таких сортов требуются разнообразные доноры и источники устойчивости. Основная задача селекции на иммунитет – восстановление утраченного генетического разнообразия культурного овса по устойчивости к болезням. В связи с этим фитопатологические исследования способствуют выделению и использованию новых источников и доноров устойчивости для расширения генетической основы создаваемых сортов голозерного овса³ [12].

Цель исследования – изучить устойчивость образцов голозерного овса к головневым грибам и выявить невосприимчивые к патогену генотипы путем скрининга коллекционного и селекционного материала.

¹Дейнес Н.В., Борадулина В.А. Селекция овса на устойчивость к пыльной головне в Алтайском НИИСХ // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы I междунар. науч.-практ. интернет-конф. (Соленое Займище, 29 февраля 2016 г.). Соленое Займище, 2016. С. 2514–2516.

²Прудникова А.С., Медведева И.Н., Каменских Н.Ю. Влияние приемов защиты от листостебельных инфекций на урожайность зерна овса в Предуралье // Актуальные проблемы науки и агропромышленного комплекса в процессе европейской интеграции: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 13–15 ноября 2013 г.). Пермь, 2013. С. 106–111.

³Гордеева Е.И., Крюкова А.В., Курбатова З.И. Иммуитет растений: учебное пособие. Великие Луки: ФГОУ ВПО «Великолукская ГСХА», 2011. 127 с.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытном поле Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН) в 2008–2018 гг. Метеорологические условия в период исследований отличались нестабильностью по годам и в пределах одной вегетации, что позволило выявить лучшие генотипы с устойчивостью к головневым грибам. Благоприятным по гидротермическим условиям для роста и развития растений голозерного овса был 2009 г. Высокой температурой воздуха и отсутствием осадков в период всходы – выметывание и переувлажнением в период выметывание – созревание отмечены 2008, 2010, 2013, 2014, 2016 и 2017 гг. Вегетационные периоды 2011, 2012 и 2015 гг. характеризовались как засушливые, 2018 г. – с избыточным увлажнением.

Для изучения устойчивости образцов голозерного овса к головневым грибам ежегодно закладывали инфекционный питомник. Заражение семян проводили по методу В.И. Кривченко⁴ посредством заражения семян за 14 дней до посева. Использовали водную суспензию хорошо прорастающих спор возбудителя пыльной головни (*Ustilago avenae* (Pers.) Jens.). Для этого 2 г споровой массы, собранной предварительно с пораженных растений, вводили в 1 л воды, хорошо перемешивали, процеживали через сито мелкого плетения. Затем в этой суспензии замачивали семена анализируемых образцов. После семена высушивали и ссыпали в индивидуальные пакетики с соответствующей маркировкой. В качестве сорта-индикатора служил

восприимчивый к головневым грибам образец Nogen havte (Финляндия).

Закладка питомников, учет поражения проведены в соответствии с утвержденными методическими указаниями^{5,6}. Посев инокулированных образцов проводили в I–III декадах мая на учетной делянке площадью 0,25 м² в двукратной повторности. Оценку устойчивости проводили в фазу цветения и восковой спелости зерна подсчетом больных и здоровых метелок на делянке. Классификацию устойчивости осуществляли по девятибалльной шкале: 9 баллов – устойчивость очень высокая (поражение отсутствует), 7 – высокая (до 5%), 5 – средняя (5,1–25,0%), 3 – низкая (25,1–50,0%), 1 балл – очень низкая (поражение более 50%).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для создания сортов голозерного овса с устойчивостью к головневым грибам необходимо наличие соответствующего исходного материала. В 2008–2011 гг. проведено изучение 230 образцов голозерного овса мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) и сортов собственной селекции на устойчивость к патогену. В условиях резко континентального климата Западной Сибири наблюдаются резкие колебания режимов температуры и влажности, что неизменно сказывается на результатах, получаемых в условиях искусственного инфекционного фона. Поражение коллекционных образцов голозерного овса в 2008 г. в среднем по питомнику составило 30,1%, в 2009 г. – 41,9, в 2010 г. – 31,7, в 2011 г. – 12,4%.

Наибольшую степень поражения образцов головневыми грибами наблюдали в 2009 г. (41,9%), так как благоприятные климатические условия для роста и раз-

⁴Кривченко В.И. Изучение головнеустойчивости зерновых колосовых культур (методические указания). Л., 1987. 144 с.

⁵Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 30 с.

⁶Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 270 с.

вития растений голозерного овса также являются оптимальными для развития патогена (ГТК = 2,45). Меньшее поражение выявлено в 2011 г. (12,4%), чему способствовала сильная атмосферная и почвенная засуха в период кущение – цветение овса (ГТК = 0,95).

Испытание коллекции на искусственном фоне показало значительное варьирование восприимчивости сортов к патогену (от 0 до 100%), которое зависит от генетической защиты сорта. Изученные образцы голозерного овса дифференцированы по группам устойчивости к возбудителям болезни по сравнению с сильновосприимчивым сортом-индикатором Nogen havre (Финляндия). В зависимости от условий года сорт-индикатор был поражен на 65,0–94,5%. Поражение головневыми грибами на естественном фоне не выявлено.

По результатам оценки коллекции голозерного овса при искусственном заражении головневыми грибами определено, что около 24% образцов обладают исключительной устойчивостью к поражению пыльной головней (0%), 10% образцов являются практически устойчивыми (степень поражения до 5%). В группу слабовосприимчивых (5,1–25,0%) вошли 17% образцов. Большинство образцов (30%) отмечены средневосприимчивыми (25,1–50,0%), 19% образцов коллекционного питомника имеют очень высокую степень поражения (более 50%).

Результатами фитопатологического анализа выявлено, что большему поражению головневыми грибами подвержены среднеспелые образцы (27,2% в среднем по группе). С увеличением продолжительности вегетационного периода образцов голозерного овса восприимчивость к патогену снижается. У среднепоздних образцов в среднем по группе степень поражения составляет 26,5%, позднеспелых – 25,4, очень позднеспелых – 20,0%.

Из 54 образцов, имеющих абсолютную устойчивость к головневым грибам, 34 отнесены к группе среднепоздних, 15 – к группе поздних и только 3 образца вошли в среднеспелую группу. Наибольшее количество практически устойчивых к головне образцов также входят в среднепозднюю группу спелости.

В результате многолетнего изучения обширного исходного материала сформирована рабочая коллекция голозерного овса, включающая 22 устойчивых и 13 практически устойчивых образцов к пыльной головне. При дальнейшем изучении в 2012–2018 гг. выделенных образцов отмечено, что лишь у 12 сортов сохранилась устойчивость к головне, у остальных образцов поражение составило от 0,3 до 54,8%. При этом наибольший интерес для дальнейшей селекционной работы представляли высокопродуктивные иммунные сорта, обладающие высокими показателями структуры метелки, крупностью зерна, устойчивостью к полеганию (см. таблицу).

Источники устойчивости к пыльной головне с высокой продуктивностью и крупностью зерна голозерного овса (2008–2018 гг.)

Sources of resistance to loose smut of naked oats with high productivity and large grain size (2008–2018)

Номер каталога ВИР	Сорт	Происхождение	Поражение головневыми грибами, %	Период вегетации, дни	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м ²
15439	Гаврош (стандарт)	Россия	0,0	69–96	21,5–23,9	147–305
15117	Помор (стандарт)	»	0,0	80–102	23,4–24,8	165–329
7776	Large Hulles x Morkton	США	0,0	75–96	16,8–20,8	155–341
14344	Pennline 2005	»	0,0	80–102	23,2–25,6	167–402
14919	AC Gwen	Канада	0,0	81–112	34,3–40,8	189–313
15305	Gehl	»	0,0	71–102	23,2–29,7	181–410

Представленные образцы включены в программу скрещиваний для получения высокоурожайных генотипов, устойчивых к поражению местной популяцией головневых грибов.

Полученный селекционный материал также ежегодно проверяли в условиях искусственного инфекционного фона. Из 385 проанализированных линий наибольшее количество составляли образцы с очень высокой и средней устойчивостью к патогену (соответственно 31,4 и 30,5% от числа изученных). Количество форм с высокой, низкой и очень низкой устойчивостью составило 14,5; 11,4 и 12,2% соответственно. Образцы с поражением более 5% из дальнейшей работы исключали. В результате многолетней селекционной работы с целенаправленным отбором на устойчивость к головневым грибам создан иммунный сорт голозерного овса *Офеня* пищевого и фуражного направления, с вегетационным периодом 87–92 дня, средней урожайностью 3,20 т/га, максимальной – до 4,5 т/га, содержанием белка в зерне до 18%, масла до 9%, обменной энергии 11,5–12,3 МДж, массой 1000 зерен 27–28 г, выщеплением пленчатых зерен на уровне 1,3%. Сорт устойчив к полеганию, прорастанию зерна на корню, осыпанию. Опушение зерновки среднее. Крупяные показатели: натурный вес 590–610 г/л, выравненность 87%, выход крупы 90%, цвет и вкус каши 4,0–4,5 балла, разваримость 2,6. Передан на Государственное сортоиспытание в 2017 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетнего анализа устойчивости коллекционных образцов голозерного овса к головневым грибам в условиях искусственного инфекционного фона выделены источники устойчивости к возбудителю пыльной головни, характеризующиеся высокой урожайностью, крупностью зерна, устойчивостью к полеганию. Создан новый селекционный материал голозерного овса. На Государствен-

ное сортоиспытание передан сорт *Офеня*, сочетающий высокие агробиологические показатели и иммунитет к местной популяции головневых грибов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вавилов Н.И.* Законы естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям // Избранные труды. М.; Л., 1964. С. 458–462.
2. *Вавилов Н.И.* Селекция иммунных сортов // Иммунитет растений к инфекционным болезням. М., 1986. С. 355–358.
3. *Федорова В.С.* Устойчивость сортов и перспективных образцов овса к пыльной головне и эффективность протравливания // Вестник защиты растений. 2014. № 1. С. 68–69.
4. *Сайнакова А.Б.* Устойчивые к пыльной головне линии овса // Научная жизнь. 2015. № 2. С. 27–31.
5. *Мишенькина О.Г., Захаров В.Г.* Новые высокопродуктивные ценные по качеству сорта овса для производства безопасных продуктов питания // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 91–96.
6. *Кабашов А.Д., Корелина В.А., Зинина Н.П.* Устойчивость овса посевного к пыльной головне и красно-бурой пятнистости на естественном фоне развития болезни в условиях северного региона РФ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. № 4. С. 43–48. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-43-48
7. *Макарова М.А., Карачева Г.С.* Оценка перспективных сортов и селекционных линий овса на устойчивость к пыльной головне в Приамурье // Защита и карантин растений. 2010. № 9. С. 38–39.
8. *Темирбекова С.К., Лоскутов И.Г., Абугалиева А.И., Сардарова И.И.* Исходный материал для селекции плёчатого и голозёрного овса на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессовым факторам // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 10. С. 97–103.
9. *Русакова И.И., Баталова Г.А., Реп С., Вологжанина Е.Н., Жуйкова О.А., Тулякова М.В.* Селекционная оценка образцов голозерного овса в условиях Волго-Вятского региона // Аграрная наука евро-северо-востока. 2017. № 2 (57). С. 4–11.
10. *Свиркова С.В., Старцев А.А., Заушинцева А.В.* Болезни овса в Западной Сибири и

- генетические источники устойчивости // Известия ТСХА. 2016. № 1. С. 108–115.
11. Шешегова Т.К., Градобоева Т.П., Баталова Г.А., Щенникова И.Н. Источники устойчивости овса и ячменя к болезням и их использование в селекции в НИИСХ Северо-Востока // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013. Т. 171. С. 64–69.
 12. Лоскутов И.Г. Овес (*Avena* L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность: монография. СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2007. 336 с.
- ## REFERENCES
1. Vavilov N.I. Zakony estestvennogo immuniteta rastenij k infekcionnym zabolevaniyam [Laws of natural immunity of plants to infectious diseases]. *Izbrannyye. trudy* [Selected works]. Moscow, Leningrad, 1964, pp. 458–462. (In Russian).
 2. Vavilov N.I. Selekcija immunnykh sortov [Selection of immune varieties] *Immunitet rastenij k infekcionnym boleznyam* [Plant immunity to infectious diseases]. Moscow, 1986, pp. 355–358. (In Russian).
 3. Fedorova V.S. Ustojchivost' sortov i perspektivnykh obrazcov ovsa k pyl'noj golovne i ehffektivnost' protravlivaniya [The resistance of varieties and advanced samples of oats to loose smut and effectiveness of treatment]. *Vestnik zashchity rastenij* [Plant Protection News], 2014, no. 1, pp. 68–69. (In Russian).
 4. Sajnakova A.B. Ustojchivye k pyl'noj golovne linii ovsa [Oat lines resistant to loose smut]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life], 2015, no. 2, pp. 27–31. (In Russian).
 5. Mishen'kina O.G., Zaharov V.G. Novye vysokoproduktivnye cennye po kachestvu sorta ovsa dlya proizvodstva bezopasnykh produktov pitaniya [New high-yielding valuable oat varieties for the production of safe food]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and grain crops], 2017, no. 4 (24), pp. 91–96. (In Russian).
 6. Kabashov A.D., Korelina V.A., Zinina N.P. Ustojchivost' ovsa posevnogo k pyl'noj golovne i krasno-buroj pyatnistosti na estestvennom fone razvitiya bolezni v usloviyakh severnogo regiona RF [Resistance of oats to loose smut and red-brown spot against the natural background of the disease development in the Northern region of the Russian Federation]. *Trudy po priklad-*
 - noj botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on applied botany, genetics and breeding], 2017, no. 4, pp. 43–48. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-43-48
 7. Makarova M.A., Karacheva G.S. Ocenka perspektivnykh sortov i selekcionnykh linii ovsa na ustojchivost' k pyl'noj golovne v Priamur'e [Evaluation of promising varieties and breeding lines of oats for resistance to loose smut in the Amur region] *Zashchita i karantin rastenij* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2010, no. 9, pp. 38–39. (In Russian).
 8. Temirbekova S.K., Loskutov I.G., Abugaliev A.I., Sardarova I.I. Iskhodnyj material dlya selekcii plyonchatogo i golozyornogo ovsa na ustojchivost' k abioticheskim i bioticheskim stressovym faktoram [Source material for selection of chaffy and naked oats for resistance to abiotic and biotic stress factors]. *Uspekhi sovremennoj nauki* [Modern Science Success]. 2017, vol. 2, no. 10, pp. 97–103. (In Russian).
 9. Rusakova I.I., Batalova G.A., Ren C., Vologzhanina E.N., Zhujkova O.A., Tulyakova M.V. Selekcionnaya ocenka obrazcov golozyornogo ovsa v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona [Selection evaluation of samples of naked oats in the conditions of the Volga-Vyatka region]. *Agrarnaya nauka evro-severo-vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East], 2017, no. 2 (57), pp. 4–11. (In Russian).
 10. Svirskova S.V., Starcev A.A., Zaushincena A.V. Bolezni ovsa v Zapadnoj Sibiri i geneticheskie istochniki ustojchivosti [Diseases of oats in Western Siberia and genetic sources of resistance]. *Izvestiya TSKHA* [News of TAA], 2016, no. 1, pp. 108–115. (In Russian).
 11. Sheshegova T.K., Gradoboeva T.P., Batalova G.A., Shennikova I.N. Istochniki ustojchivosti ovsa i yachmenya k boleznyam i ih ispol'zovanie v selekcii v NIISKH Severo-Vostoka [Sources of oats and barley resistance to diseases and their use in breeding in the Research Institute of Agriculture of the North-East]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* [Proceedings on applied botany, genetics and breeding], 2013, vol. 171. pp. 64–69. (In Russian).
 12. Loskutov I.G. Oves (*Avena* L.). *Rasprostraneniye, sistematika, ehvoluciya i selekcionnaya cennost'* [Oats (*Avena* L.). Distribution, taxonomy, evolution and breeding value]. St. Petersburg, SSC RF VIR Publ., 2007, 336 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Исачкова О.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 650510, Кемеровская область, Кемеровский р-н, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47, e-mail: isachkova2410@mail.ru

Ганичев Б.Л., научный сотрудник

Логинова А.О., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Isachkova O.A.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 47, Tsentralnaya street, Novostroika, Kemerovo district, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: isachkova2410@mail.ru

Ganichev B.L., Researcher

Loginova A.O., Junior Researcher

Дата поступления статьи 19.04.2019
Received by the editors 19.04.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-8

УДК: 636.32/38.03

ПРОДУКТИВНЫЕ И ПЛЕМЕННЫЕ КАЧЕСТВА ОВЕЦ АГИНСКОЙ ПОРОДЫ ЗУГАЛАЙСКОГО ТИПА

^{1,2}Хамируев Т.Н., ¹Волков И.В., ¹Базарон Б.З.

¹Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального университета научного центра агробиотехнологий Российской академии наук Забайкальский край, Чита, Россия

²Забайкальский аграрный институт – филиал Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского Забайкальский край, Чита, Россия

Для цитирования: Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З. Продуктивные и племенные качества овец агинской породы зугалайского типа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 62–69. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-8

For citation: Khamiruev T.N., Volkov I.V., Bazaron B.Z. Produktivnye i plemennye kachestva ovets aginskoi porody zugalaiskogo tipa [Productive and breeding qualities of the sheep of Aginskaya breed, Zugalai type]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 62–69. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-8

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведена оценка генетического потенциала шерстной и мясной продуктивности полугрубшерстных овец для формирования массивов животных, отвечающих требованиям желательного типа. Представлены результаты изучения продуктивности и племенных качеств полугрубшерстных овец агинской породы зугалайского типа шерстно-мясного направления. Исследования проведены в племенных репродукторах Забайкальского края. Изучены продуктивные и племенные качества различных половозрастных групп. Установлено, что по классному составу овцы агинской породы зугалайского типа на 37,5% соответствуют классу «элита», на 51,7 – первому классу и на 10,8% – второму. Полугрубшерстные бараны-производители зугалайского типа превосходят стандарт породы по живой массе на 37,4%, бараны ремонтные – на 38,0, матки – на 15,4, ярки – на 25,7%, по на-

PRODUCTIVE AND BREEDING QUALITIES OF THE SHEEP OF AGINSKAYA BREED, ZUGALAI TYPE

^{1,2}Khamiruev T.N., ¹Volkov I.V., ¹Bazaron B.Z.

¹Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

²Trans-Baikal Agrarian Institute – Branch of Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

The genetic potential of wool and meat productivity of semi-coarse wool sheep was evaluated for the creation of animal groups that would meet requirements of the desirable type. The article presents the results of the study of productivity and breeding abilities of semi-coarse wool sheep of Aginskaya breed, Zugalai type, belonging to mutton-wool production type. The study was carried out in the pedigree breeding unit of Trans-Baikal Territory. The scope of research was to study productive and breeding qualities of sheep of various age and gender groups. It was established that sheep of Aginskaya breed, Zugalai type, correspond to the elite class by 37.5%, first class – by 51.7% and second class – by 10.8%. Zugalai type semi-coarse wool rams exceed the breed standard in live weight by 37.4%, replacement rams – by 38.0%, ewes – by 15.4% and young ewes – by 25.7%, and

стригу чистой шерсти – на 28,6; 25,0; 7,7 и 8,3% соответственно. У полугрубошерстных овец определили настриг и выход шерсти, ее длину, морфологический состав шерсти, тонины шерсти по фракциям. Полугрубая шерсть овец зугалайского типа неоднородная и состоит из пуха (79,5–80,6%), переходного волокна (12,7–13,4%) и ости (6,0–7,8%). Тонина волокон по фракциям варьирует в пределах 21,4–22,9 мкм у пуха, 39,7–40,2 – у переходного волокна и 72,2–77,3 мкм у ости. Результаты контрольного убоя полугрубошерстных баранчиков в возрасте 6 мес свидетельствуют об их достаточной высокой мясной продуктивности. Убойная масса у особей зугалайского типа составила 18,5 кг, убойный выход – 50,9%, выход мяса первого сорта – 92,9%, коэффициент мясности – 3,8.

Ключевые слова: овцы, агинская порода, зугалайский тип, шерстная продуктивность, мясная продуктивность

in terms of pure wool production – by 28.6; 25.0; 7.7 and 8.3%, respectively. Production and yield of wool, its length, morphological composition and fineness by fractions of semi-coarse wool sheep were identified. The semi-coarse wool of Zugalayan sheep is heterogeneous and consists of fine fleece (79.5-80.6%), medullated fibers (12.7-13.4%) and coarse hair (6.0-7.8%). The fineness of fibers by fractions varies between 21.4-22.9 microns for fine fleece, 39.7-40.2 for medullated fibers and 72.2-77.3 for coarse hair. The results of the control slaughter of semi-coarse wool rams at the age of 6 months show their reasonably high meat productivity. The slaughter mass of Zugalai type specimens is 18.5 kg, the slaughter yield is 50.9%, first grade meat yield is 92.9%, the meatiness ratio is 3.8.

Keywords: sheep, Aginskaya breed, Zugalai type, wool productivity, meat productivity

ВВЕДЕНИЕ

Важное условие при совершенствовании племенных и продуктивных качеств овец – создание внутривидовых типов, а среди отдельных племенных стад – высокопродуктивных селекционных групп. Необходимость создания внутри отдельного стада генетически однородных животных вызывается тем, что порода или отдельное ее стадо не может быть усовершенствовано сразу по всей численности. В связи с этим целесообразно сначала улучшить какую-то ее часть, а затем это улучшение распространить на все стадо или всю породу.

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включает 15 пород и 10 типов тонкорунных овец, 2 породы и 1 тип полугрубошерстных овец¹. И.М. Дунин и др.² сообщают, что в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации 2 полугру-

бошерстные породы овец с численностью 20,9 тыс. гол. За последние 15 лет создано и включено в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2 породы и 1 тип полугрубошерстных овец. В Забайкальском крае за этот период создано два селекционных достижения – агинская порода мясосально-шерстного направления продуктивности [1] и зугалайский тип полугрубошерстных овец агинской породы [2].

Создание новых генотипов и породных групп овец в специфических эколого-географических условиях Забайкалья, обладающих теми или иными биологическими особенностями и продуктивными качествами, предусматривает применение различных методов межпородного скрещивания с целью получения помесных животных желательного типа с заданными параметрами продуктивности для дальнейшей селекции.

¹Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Породы животных: официальное издание. М.: Росинформагротех, 2016. Т. 2. 172 с.

²Дунин И.М. и др. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации. М., 2016. 352 с.

Мясосальное овцеводство в регионе в зависимости от зоны разведения является эффективной отраслью в пастбищном животноводстве и источником производства качественной полугрубошерстной шерсти, овчинного и шубно-мехового сырья, молодой баранины и ягнятины [3–5].

В настоящее время практически во всех странах с развитым овцеводством производство мяса ягнят и молодой баранины в общей стоимости валовой продукции этой отрасли занимает более 90%. Основным источником дохода в производстве баранины служит растущий молодняк. Молодая баранина отличается превосходными органолептическими качествами и питательными свойствами, которые зависят от возраста животных и условий их выращивания [6–9].

Цель исследования – оценить генетический потенциал шерстной и мясной продуктивности полугрубошерстных овец для формирования массивов животных, отвечающих требованиям желательного типа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы по оценке генетического потенциала шерстной и мясной продуктивности созданного генотипа полугрубошерстных овец выполнена в племенных репродукторах Забайкальского края. Объект исследований – полугрубошерстные особи желательного типа агинской породы. Оценка племенных качеств осуществлена в соответствии с порядком и условиями проведения бонитировки племенных овец полугрубошерстных пород³.

Для оценки мясных качеств проведен контрольный убой баранчиков в возрасте 6 мес по общепринятым методикам ВИЖ (1970, 1978 гг.).

Оценку качественных показателей шерсти и отбор образцов у особей селекци-

онного достижения провели по методике ВИЖ (1969 г.), ВАСХНИЛ (1970 г.).

У полугрубошерстных овец определили настриг и выход шерсти, ее длину, морфологический состав, тонины по фракциям.

Биометрическую обработку полученных цифровых материалов проводили методом вариационной статистики⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зугалайский тип полугрубошерстных овец агинской породы разводят в племенных репродукторах-оригинаторах АКФ им. Ленина и ООО «Гэрэл» Могойтуйского района. В отчетном году в указанных хозяйствах оценено 8056 гол., в том числе маток – 6470 гол. Овцы в течение года содержатся на пастбище, основным кормом является трава естественных угодий.

Животные достаточно крупные, крепкой конституции с хорошо выраженными мясными формами телосложения. Имеют хорошо развитый костяк. Бараны и матки комолые. Голова средней величины, профиль у маток прямой и слегка горбоносый, у баранов – горбоносый, уши большие, полусвислые.

Шея средней длины и мускулистая, грудь глубокая и широкая, холка широкая, спина прямая, крестец широкий и прямой или слегка спущенный. Ноги высокие, крепкие и правильно поставленные. Копыта черного цвета. Хвост короткий жирный.

Руно косичного строения. Шерсть неоднородная, полугрубая, коврового типа, эластичная, с небольшим блеском и мягкой волнистостью, белая или светло-серая. Косицы мягкие, содержащие в основном пуховые, переходные волокна и небольшое количество тонкой ости, форма косиц – волнистая и прямая. Цвет кроющего

³Порядок и условия проведения бонитировки племенных овец полугрубошерстных пород: произв.-практ. издание. М.: Росинформгротех, 2015. 20 с.

⁴Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии: учеб. пособие. Ставрополь: АГРУС, 2013. 91 с.

волоса черный. Уравненность шерсти по площади руна удовлетворительная.

На рис. 1 представлены данные по качественному составу полугрубошерстных овец агинской породы зугалайского типа.

Представленные данные свидетельствуют, что полугрубошерстные овцы созданного генотипа отличаются достаточно высоким качественным составом. Так, удельный вес особей, оцененных высшим бонитировочным классом от общего поголовья составляет 37,5%, доля первоклассных животных равна 51,7, второклассных – 10,8%.

Основными показателями, характеризующими продуктивные и племенные качества овец, являются живая масса, настриг и длина шерсти (см. табл. 1).

Анализ представленных данных указывает на то, что особи нового типа по средней живой массе превосходят стандарт по-

роды (I класс): бараны-производители – на 37,4%, бараны ремонтные – на 38,0, матки – на 15,4, ярки-годовики – на 25,7%; по настригу шерсти – на 28,6; 25,0; 7,7 и 8,3% соответственно.

По данным Л.Н. Григоряна [10], средний настриг чистой шерсти с одной головы по полугрубошерстным породам в племенных заводах и репродукторах в 2014 г. составил 1,6 кг. Средний настриг невыттой шерсти у тувинско-сараджинских полугрубошерстных баранов составляет 3,61 кг при выходе чистого волокна, равном 63,4%, у маток – 2,35 кг и 69,3% соответственно [11].

Длина пуха у овец селекционного достижения варьирует в пределах 9,7–10,4 см, ости – 15,4–16,4 см. По длине ости животные всех половозрастных групп соответствовали минимальным требованиям к показателям продуктивности.

В табл. 2 представлены результаты изучения качественных показателей шерсти у молодняка в возрасте один год.

Результаты исследований морфологического состава неоднородной полугрубой шерсти показали, что наибольший удельный вес приходится на пух (79,5–80,6%), наименьший – на ость (6,0–7,8%), доля переходного волокна в образцах шерсти молодняка составляет 12,7–13,4%.

Тонина пуховых волокон варьирует в пределах 21,4–22,9 мкм (качество 64), переходных – 39,7–40,2 и ости – 72,2–

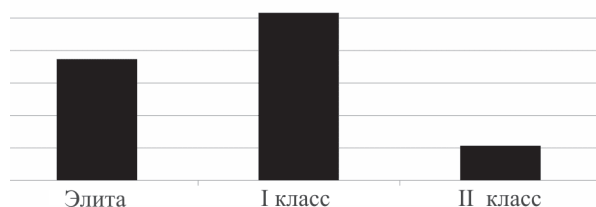


Рис. 1. Классный состав полугрубошерстных овец агинской породы зугалайского типа, %

Fig. 1. Class composition of semi-coarse wool sheep of Aginskaya breed, Zugalai type, %

Табл. 1. Продуктивность овец зугалайского типа

Table 1. Wool yield of sheep of Zugalai type

Половозрастная группа	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг	Длина шерсти, см	
			пух	ость
Бараны:				
основные	96,2 ± 1,48	2,7 ± 0,13	10,4 ± 0,11	16,4 ± 0,22
пробники	91,3 ± 1,55	2,7 ± 0,21	10,1 ± 0,09	16,2 ± 0,27
ремонтные	62,1 ± 0,78	2,0 ± 0,17	10,0 ± 0,14	15,9 ± 0,15
для продажи	56,4 ± 0,49	1,8 ± 0,14	9,7 ± 0,16	15,4 ± 0,17
Матки	57,7 ± 1,13	1,4 ± 0,11	10,0 ± 0,08	15,5 ± 0,17
Ярки-годовики	44,0 ± 0,38	1,3 ± 0,18	9,9 ± 0,07	16,0 ± 0,21

Табл. 2. Качественные показатели шерсти молодняка овец**Table 2.** Quality characteristics of wool of the young sheep

Показатель	Баранчик	Ярка
Число голов	10	10
Содержание в шерсти, %:		
пуха	80,6 ± 2,68	79,5 ± 4,62
переходного волокна	13,4 ± 2,78	12,7 ± 2,09
ости	6,0 ± 1,26	7,8 ± 3,88
Тонина волокон, мкм:		
пуховых	22,9 ± 0,44	21,4 ± 0,62
переходных	40,2 ± 1,71	39,7 ± 1,01
остевых	72,2 ± 4,40	77,3 ± 4,41
Средняя толщина по всем типам волокон, мкм	28,9 ± 1,34	25,7 ± 1,39
Число извитков, шт. на 1 см	1,1	0,9
Разрывная нагрузка, СН/ТЕКС	9,2 ± 0,21	9,0 ± 0,47

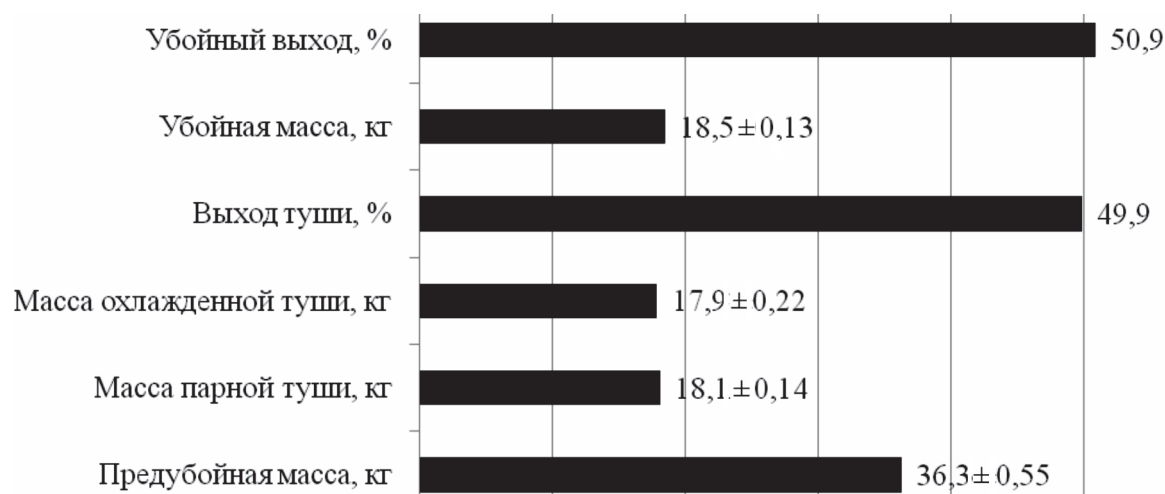
77,3 мкм при средней толщине шерсти 25,7–28,9 мкм.

Уровень мясной продуктивности определяется не только генетическими факторами, но и условиями кормления и содержания, упитанностью животного, а также возрастом при убое⁵ [12]. Ягнята наиболее скороспелы и сохраняют высокую энергию роста в основном от рождения до 7 мес.

На рис. 2 представлены результаты контрольного убоя баранчиков зугалайского типа агинской породы в возрасте 6 мес.

Особи созданного типа отличаются достаточно хорошей мясной продуктивностью. Масса парной туши составила 18,1 кг, охлажденной – 17,9, убойная масса – 18,5 кг при убойном выходе, равном 50,9%. К.Х. Кесаев и др. [13] сообщают, что предубойная живая масса баранчиков тушинской породы в возрасте 6 мес в условиях РСО-Алания составила 27,8 кг, убойная масса – 13,67 кг и убойный выход – 49,0%.

В табл. 3 и 4 представлены данные по сортовому и морфологическому составу туш убойных баранчиков.

**Рис. 2.** Результаты контрольного убоя баранчиков ($n = 3$)**Fig. 2.** Results of control slaughter of rams ($n = 3$)

⁵Гаджиев З.К. Генофонд грубошерстных овец Северного Кавказа: сохранение, совершенствование и рациональное использование: дис. ... д-ра биол. наук. Ставрополь, 2011. 293 с.

Табл. 3. Сортовой состав туш баранчиков ($n = 3$)

Table 3. Grading of ram carcasses ($n = 3$)

Показатель	Значение показателя	
	кг	%
Масса охлажденной туши	$17,9 \pm 0,44$	100,0
<i>Первый сорт</i>		
Всего	$16,6 \pm 0,43$	92,9
Лопаточно-спинной	$7,6 \pm 0,25$	45,8
Поясничный	$3,9 \pm 0,12$	23,3
Тазобедренный	$5,1 \pm 0,23$	30,9
<i>Второй сорт</i>		
Всего	$1,3 \pm 0,03$	7,1
Зарез	$0,26 \pm 0,006$	20,5
Предплечье	$0,58 \pm 0,015$	45,9
Задняя голяшка	$0,43 \pm 0,039$	33,6

Табл. 4. Морфологический состав туш баранчиков ($n = 3$)

Table 4. Morphological composition of ram carcasses ($n = 3$)

Показатель	Значение показателя	
	кг	%
Масса охлажденной туши	$17,9 \pm 0,44$	100,0
Масса костей	$3,7 \pm 0,19$	20,9
Масса мякоти	$14,1 \pm 0,48$	79,1
Коэффициент мясности	$3,8 \pm 0,26$	

При убое баранчиков выход мяса первого сорта составил 16,6 кг, или 92,9%, второго – 1,3 и 7,1% соответственно. В исследованиях [14] при изучении сортового состава баранчиков карачаевской породы в возрасте 6 мес установлено, что выход мяса первого сорта составил 88,2%, второго – 11,8%, тушинской породы – 84,47 и 15,53% соответственно [13].

В наших исследованиях индекс мясности составил 3,8. По данным А.Ф. Шевхужева с соавт. [14], соотношение масса мякоти к массе костей при убое 6-месячных баранчиков карачаевской породы – 3,1, тушинской породы – 4,28 [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по изучению шерстной и мясной продуктивности полугрубошерстных овец агинской породы зугалайского типа в условиях круглогодичного пастбищного содержания позволили

выявить достаточно высокие показатели их продуктивности.

По живой массе преимущество особей зугалайского типа над стандартом породы составило 15,4–38,0%, по настригу мытой шерсти – 7,7–28,6%. Убойная масса баранчиков в возрасте 6 мес 18,5 кг, убойный выход – 50,9%, выход мяса первого сорта – 92,9%, соотношение массы мякоти к массе костей – 3,8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черных В.Г., Волков И.В., Хаамируев Т.Н., Базарон Б.З. Агинская порода овец: монография. Чита: Читинская городская типография, 2015. 187 с.
2. Волков Т.Н., Хаамируев Т.Н., Базарон Б.З., Черных В.Г., Дабаев О.Д. Создание в полугрубошерстном овцеводстве нового типа агинской породы // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 3. С. 30–33.
3. Салаев Б.К., Юлдашбаев Ю.А., Пахомова Е.В. Эффективность скрещивания грозненских тонкорунных маток с баранами

- калмыцкой курдючной породы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 84–96.
4. Забелина М.В., Радаев Р.В. Мясная продуктивность баранчиков бакурской породы и ее помесей с эдильбаевскими баранами // Овцы, козы, шерстяное дело. 2013. № 4. С. 13–14.
 5. Двалишвили В.Г., Лоптев П.Е. Эффективность скрещивания романовских маток с баранами эдильбаевской породы // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 3. С. 74–75.
 6. Мороз В.А. Вокруг селекции в овцеводстве // Зоотехния. 2002. № 5. С. 6–8.
 7. Morris S.T. Economics of sheep production // Small Ruminant Research. 2009. Vol. 86. P. 59–62.
 8. Font I.F.M. Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers // Meat Science. 2009. N 81(1). P. 196–202.
 9. Resconi V.C. Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems // Meat Science. 2009. N 83 (1). P. 31–37.
 10. Григорян Л.Н., Хатамаев С.А. Численность и племенная база полугрубошерстных и грубошерстных пород овец, разводимых в России // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 1. С. 9–12.
 11. Монгуш С.С. Сравнительная оценка настрига и свойств шерсти тувинско-сараджинских полугрубошерстных и местных тувинских овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 1. С. 24–26.
 12. Шевхужев А.Ф., Бовкун Ю.И. Развитие мясошерстного кроссбредного овцеводства в Карачаево-Черкесии // Зоотехния. 2000. № 7. С. 8–10.
 13. Кесаев К.Х., Гогаев О.К., Демурова А.Р., Цховребов А.Р. Возрастные изменения количественных и качественных показателей мясной продуктивности овец тушинской породы // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 1. С. 62–67.
 14. Шевхужев А.Ф., Смакуев Д.Р., Пономарева А.И. Мясная продуктивность молодняка овец карачаевской породы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (49). С. 102–107.

REFERENCES

1. Chernykh V.G., Volkov I.V., Khamiruev T.N., Bazaron B.Z. *Aginskaya poroda ovets* [Aginskaya breed of sheep]. Chita: Chitinskaya gorodskaya tipografiya [Chita: Chita city printing office], 2015, 187 p. (In Russian).
2. Volkov T.N., Khamiruev T.N., Bazaron B.Z., Chernykh V.G., Dabaev O.D. Sozdanie v polugrubosherstnom ovtsevodstve novogo tipa aginskoi porody [Creation of the new type of Aginskaya breed in semi-coarse wool sheep breeding]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian agricultural science], 2018, no. 3, pp. 30–33. (In Russian).
3. Salaev B.K., Yuldashbaev Yu.A., Pakhomova E.V. Effektivnost' skreshchivaniya groznenskikh tonkorunnykh matok s baranami kalmytskoi kurdyuchnoi porody [The effectiveness of crossing "Grozny" fine-wool dams with rams of fat-tailed "Kalmyk" breed]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [News of Timiryazev Agricultural Academy], 2014, no. 3, pp. 84–96. (In Russian).
4. Zabelina M.V., Radaev R.V. Miasnaya produktivnost' baranchikov bakurskoi porody i ee pomesei s edil'baevskimi baranami [Meat productivity of rams of Bakurskaya breed and its hybrids with Edilbaevsky rams]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats and wool business], 2013, no. 4, pp. 13–14. (In Russian).
5. Dvalishvili V.G., Loptev P.E. Effektivnost' skreshchivaniya romanovskikh matok s baranami edil'baevskoi porody [Efficiency of crossing Romanov ewes with rams of Edilbayevskaya breed]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2013, no. 3, pp. 74–75. (In Russian).
6. Moroz V.A. Vokrug selektsii v ovtsevodstve [About selection in sheep breeding]. *Zootekhnika* [magazine Zootechnika], 2002, no. 5, pp. 6–8.
7. Morris S.T. Economics of sheep production. *Small Ruminant Research*, 2009, vol. 86, pp. 59–62.
8. Font I.F.M. Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. *Meat Science*, 2009, no. 81 (1), pp. 196–202.
9. Resconi V.C. Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems. *Meat Science*, 2009, no. 83 (1), pp. 31–37.

10. Grigoryan L.N., Khatataev S.A. Chislennost' i plemennaya baza polugrubosherstnykh i grubosherstnykh porod ovets, razvodimyykh v Rossii [The number of semi-coarse wool and coarse wool sheep breeds and their pedigree base in agricultural enterprises of the Russian Federation]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats and wool business], 2015, no. 1, pp. 9–12. (In Russian).
11. Mongush S.S. Sravnitel'naya otsenka nastriga i svoystv shersti tuvinsko-saradzhinskikh polugrubosherstnykh i mestnykh tuvinskikh ovets [Comparative evaluation of the amount of wool shorn and properties of the wool of Tuvan-Sarajin semi-coarse wool rams and local Tuvan sheep]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats and wool business], 2018, no. 1, pp. 24–26. (In Russian).
12. Shevkhuzhev A.F., Bovkun Yu.I. Razvitie myasosherstnogo krossbrednogo ovtsevodstva v Karachaevo-Cherkessii [Development of mutton-wool cross-bred sheep breeding in Karachaevo-Cherkessiya]. *Zootekhnika* [magazine Zootekhnika], 2000, no. 7, pp. 8–10. (In Russian).
13. Kesaev K.Kh., Gogaev O.K., Demurova A.R., Tskhovrebov A.R. Vozrastnye izmeneniya kolichestvennykh i kachestvennykh pokazatelei myasnoi produktivnosti ovets tushinskoi porody [Age-related changes in quantitative and qualitative indicators of Tushin sheep meat productivity]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Gorsky State Agrarian University], 2017, vol. 54, no. 1, pp. 62–67. (In Russian).
14. Shevkhuzhev A.F., Smakuev D.R., Ponomareva A.I. Myasnaya produktivnost' molodnyaka ovets karachaevskoi porody [Meat productivity of lambs of Karachai breed]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Saint-Petersburg Agrarian University], 2017, no. 4 (49), pp. 102–107. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Хамируев Т.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 672039, Забайкальский край, Чита, ул. Кирова, 49; e-mail: tnik0979@mail.ru

Волков И.В., старший научный сотрудник

Базарон Б.З., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Khamiruev T.N.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 49 Kirova street, Chita, Trans-Baikal Territory, 672039, Russia; e-mail: tnik0979@mail.ru

Volkov I.V., Senior Researcher

Bazaron B.Z., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи 27.03.2019
Received by the editors 27.03.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-9

УДК: 528.952: 631.9

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

^{1,2}Павлова А.И., ¹Каличкин В.К., ¹Каличкин А.В.

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

²Новосибирский государственный университет экономики и управления
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Павлова А.И., Каличкин В.К., Каличкин А.В. Создание цифровой модели рельефа с использованием беспилотного летательного аппарата // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 70–78. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-9

For citation: Pavlova A.I., Kalichkin V.K., Kalichkin A.V. Sozdanie tsifrovoi modeli rel'efa s ispol'zovaniem bespilotnogo letatel'nogo apparata [Creation of the digital elevation model with the use of unmanned aerial vehicle]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 70–78. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-9

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Определена необходимая последовательность этапов и осуществлена реализация беспилотной технологии создания цифровой модели рельефа на примере землепользования Новосибирской области. Технология состоит из совокупности этапов: рекогносцировки местности, закрепления опорных знаков, спутниковых измерений, аэрофотосъемочных полетов, обработки результатов аэрофотосъемки и построения цифровой модели рельефа. На технологический процесс существенно влияли неблагоприятные погодные условия — низкая облачность, порывистый ветер, высокая влажность воздуха. Дистанционные исследования с помощью беспилотного летательного аппарата самолетного типа Supercam S 250 F позволили создать крупномасштабный ортофотоплан и цифровую модель рельефа на территорию хозяйства (М 1 : 1000). Для фотограмметрической обработки цифровых данных, получаемых с беспилотного летательного аппарата, на территории хозяйства создано съемочное

CREATION OF THE DIGITAL ELEVATION MODEL WITH THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE

^{1,2}Pavlova A.I., ¹Kalichkin V.K., ¹Kalichkin A.V.

¹Siberian Federal Scientific Centre
of Agro-BioTechnologies

of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Novosibirsk State University
of Economics and Management

Novosibirsk, Russia

The necessary sequence of stages has been developed and the unmanned technology for creating a digital elevation model by the example of the land use of Novosibirsk region has been implemented. The technology consists of a set of stages: reconnaissance of the terrain, fixing reference signs, satellite measurements, aerial photography flights, processing the results of aerial photography and the construction of digital elevation model. The technological process was significantly affected by unfavorable weather conditions - low clouds, gusty wind, high air humidity. Remote sensing study with the use of unmanned aerial vehicle of the Supercam S 250 F type made it possible to create a large-scale orthophotoplan and a digital elevation model on the farm territory (M 1 : 1000). For photogrammetric processing of digital data obtained on the farm, a two-stage method of satellite determination was used. The essence of this method was to obtain

обоснование в виде сети опорных пунктов. Для обработки данных использован двухэтапный метод спутниковых определений. Суть данного метода состояла в получении большого количества спутниковых измерений в статическом режиме и дальнейшей статистической обработке. При статистической обработке спутниковых измерений использованы сведения о координатном местоположении двух базовых наземных станций спутниковой сети Новосибирской области – Коченево и Новосибирск. Удаленность опорных пунктов от наземной спутниковой станции Новосибирск составила более 90 км. В результате уравнительных вычислений полученные средние квадратические ошибки смещений планового и высотного положения опорных пунктов в различных полигонах составили в плане менее 0,02 м, по высоте – менее 0,03 м. В процессе фотограмметрической обработки результатов аэрофотосъемки с беспилотным летательным аппаратом решались задачи перевода положения точек на цифровом снимке в систему пиксельных координат в систему координат местности, построение по ним цифровых нерегулярных и регулярных моделей поверхности, а на их основе текстурированных моделей местности и ортофотопланов.

Ключевые слова: беспилотные технологии, беспилотный летательный аппарат, ортофотоплан, цифровая модель рельефа, спутниковые измерения

ВВЕДЕНИЕ

Роль рельефа в формировании агроэкологических условий сельскохозяйственных земель общепризнана. Изменения рельефа в пространстве и во времени оказывают влияние на агроклиматические условия, сток поверхностных вод, эрозионные процессы и др. [1, 2]. Развитие современных технологий обработки информации дает возможность формализованного описания рельефа, представления этой информации в удобном для моделирования виде. Одним из возможных решений представляется использование количественных характеристик рельефа [3, 4], а также непрерывных цифровых данных высот высоко пространственного разрешения (high-resolution, continuous, digital

a large number of satellite measurements in a static mode and further statistical processing. For statistical processing of satellite measurements, information was used on the coordinate location of two base ground stations of the Novosibirsk Region satellite network - Kochenevo and Novosibirsk. Remoteness of support points from the ground satellite station of Novosibirsk was at a distance of over 90 km. As a result of equalization calculations, the obtained average square displacement errors of the planned and high-altitude position of the support points in various test sites were under 0.02 m in the plan, and under 0.03 m by height. In the process of photogrammetric processing of the results of aerial photography with the use of unmanned aerial vehicle, the tasks of transferring the position of points on a digital image in the pixel coordinate system into the coordinate system of the area, building digital irregular (TIN, Triangulated Irregular Network) and regular (DEM, Digital Elevation Model) surface models, and based on them, textured terrain models (TTM, Textured Terrain Model) and orthophotoplans, were solved.

Keywords: unmanned technologies, unmanned aerial vehicle, orthophotoplan, digital elevation model, satellite measurements.

elevation data) и разработка новых компьютеризированных методов анализа [5].

В настоящее время применяется морфодинамический метод, обладающий возможностями математического анализа данных о рельефе [6–8]. В общем виде морфодинамический анализ позволяет разделить территорию на элементарные поверхности (ЭП), ограниченные структурными линиями и характерными точками. ЭП обладают сходными генетическими свойствами, а также одинаковым влиянием водных, литодинамических потоков и терморегима склонов на формирование и свойства почв. Применение метода ручным способом по топографической карте является сложной процедурой, связанной с трудностями определения границ между континуальными

формами поверхности. Однако применение метода в сочетании с моделированием рельефа позволяет оперировать цифровой матрицей высот и автоматизированно вычислять различные параметры рельефа. Этот метод мы впервые применили для задач классификации сельскохозяйственных земель [9]. На современном этапе в сравнении с картографическими материалами более актуальную информацию о рельефе можно получить с использованием данных дистанционного зондирования земли – глобальных цифровых моделей рельефа (ASTER GDEM, SRTM, ALOS DSM и др.)¹ [10, 11]. Однако для агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель и их классификации на внутрихозяйственном уровне применение этих моделей ограничивается из-за низкой разрешающей способности.

В связи с этим актуальны исследования по разработке технологий получения цифровых моделей рельефа (ЦМР) на основе применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Такие возможности появились с начала 1990-х годов XX в. благодаря появлению цифровых фотокамер, характеристики которых позволили заменить аэрофотоаппараты. Активность использования БПЛА вызвана легкой развертываемостью, мобильностью, оперативностью, низкой стоимостью и возможностью использования полезной нагрузки для получения данных сверхвысокого пространственного разрешения [12–14]. По сообщению в работе [15], ортофотопланы, полученные с помощью БПЛА, оценены различными пространственными тестами качества, используемыми национальными картографическими агентствами, и получили высокую оценку.

Цель исследований – разработать необходимую последовательность этапов и осуществить реализацию беспилотных технологий для создания цифровой модели рельефа землепользования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на территории землепользования ЗАО «Мирный» Коченевского района Новосибирской области (54°56'24"с.ш., 82°06'12"в.д.). На землях хозяйства исследовано два ключевых участка общей площадью 1639 га, различающихся по рельефу.

Для выполнения аэрофотосъемки использовали легкий БПЛА самолетного типа Supercam S 250 F массой 5 кг и с дальностью радиуса радиосигнала до 70 км. БПЛА приобретен на средства федерального бюджета по Программе развития СФНЦА РАН. Оснащен беззеркальной фотокамерой с объективом Sony A6000. Фотокамера имеет матрицу для записи данных Exmor APS HD CMOS, быстрый гибридный автофокус, процессор Bionz X, матрицу APS-C с разрешением 24 Мп (мегапикселей), электронный видеискатель. Фотокамера Sony обладает различными режимами фокусирования на автоматический, ручной, покадровый, непрерывный и полуавтоматический объекты. Процессор Bionz X позволяет улучшать изображение и снижать уровень шума для получения качественных снимков.

Для фотограмметрической обработки цифровых данных, получаемых с БПЛА, создали съемочное обоснование в виде сети опорных пунктов, которое представляет собой специально установленные геодезические знаки. Сеть пунктов съемочного обоснования стала основой для последующей фотограмметрической обработки цифровых снимков. В исследованиях использован двухэтапный метод спутниковых определений: получение большого количества спутниковых измерений и дальнейшая статистическая обработка с определением координат точек съемочного обоснования.

В процессе фотограмметрической обработки результатов аэрофотосъемки с

¹U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data. URL: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

БПЛА решались задачи перевода положения точек на цифровом снимке в систему пиксельных координат в систему координат местности, построение по ним цифровых нерегулярных (TIN, Triangulated Irregular Network) и регулярных (DEM, Digital Elevation Model) моделей поверхности, а на их основе текстурированных моделей местности (TMM, Textured Terrain Model) и ортофотопланов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основная суть технологии получения ЦМР на основе применения беспилотного летательного аппарата заключается в последовательном выполнении этапов, предусмотренных инструкцией по фотограмметрическим работам². В ходе выполнения работ создано съёмочное обоснование (июнь 2018 г.), выполнена аэрофотосъёмка местности (октябрь 2018 г.), созданы ортофотоплан местности и цифровые модели рельефа (ноябрь 2018 г.).

Построение съёмочного обоснования предусматривало рекогносцировку местности, закрепление пунктов опорными знаками, выполнение спутниковых измерений, вычислительную обработку по получению координат пунктов съёмочной сети. Рекогносцировку местности производили с целью предварительного выбора расположения и закрепления опорных пунктов, выбора стартовой площадки для выполнения аэрофотосъёмочных полетов. Спутниковые измерения осуществляли в статическом режиме с использованием высокоточного геодезического приемника TRIUMPH-LS.

С помощью встроенного программного обеспечения анализировали помехи в процессе измерений с определением частот сигнала спутников глобальных навигационных систем: Global Position Systems (GPS) и ГЛОНАСС.

Спутниковые наблюдения реализуются в простых по функциональным возможностям одночастотных GPS-приемниках с реализацией C/A кода или в двухчастотных приемниках реализуется P-код с сигналами частот L1 и L2. Современный многоканальный GPS-приемник TRIUMPH-LS характеризуется возможностями взаимодействия с большим числом спутниковых систем для выполнения достаточного количества избыточных измерений. В статическом режиме измерений приемник располагался в точке съёмочного обоснования (опорный пункт) в течение одного часа. По завершении сеансов наблюдений осуществляли запись файлов измерений в рабочий проект TRIUMPH-LS с предварительной проверкой объема файлов, отображения местоположения на карте. В результате уравнительных вычислений определяли плановые и высотные координаты опорных пунктов с учетом известного координатного местоположения двух базовых наземных станций спутниковой сети Новосибирской области – Коченево и Новосибирск. При удаленности опорных пунктов от наземной спутниковой станции Новосибирск на расстоянии более 90 км полученные величины смещений планового и высотного положения опорных пунктов в различных полигонах (геодезическая фигура, используемая в уравнительных вычислениях спутниковых измерений) оказались меньше допустимых, а полученные величины средних квадратических ошибок (СКО) составили в плане менее 0,02 м, по высоте – менее 0,03 м (см. табл. 1).

Аэрофотосъёмку с применением БПЛА проводили при высоте над подстилающей поверхностью 170–200 м с поперечным перекрытием снимками, равным 60% согласно³. В процессе фотограмметрической

²Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. URL: http://www.opengost.ru/iso/07_gosty_iso/07040_gost_iso/2685-gkinp-02-036-02-gnta-02-036-02-instrukciya-po-fotogrammetricheskim-rabotam-pri-sozdanii-kart.html

³Основные положения по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. ГКИНП-09-32-80. URL: http://www.opengost.ru/iso/07_gosty_iso/07040_gost_iso/2704-gkinp-09-32-80-osnovnye-polozheniya-po-aerofotosemke-vypolnyaemoy-dlya-obnovleniya-kart-i-planov.html

Табл. 1. Координаты опорных пунктов и результаты оценки точности положения пунктов
Table 1. Coordinates of support points and results of accuracy assessment of the points' position

Опознак	СКО, м	
	в плане	по высоте
ОР30	0,004	0,007
ОР31	0,005	0,009
ОР32	0,005	0,007
ОР33	0,006	0,009
ОР34	0,006	0,011
ОР40	0,009	0,014
ОР41	0,008	0,010
ОР70	0,004	0,007
ОР71	0,005	0,007
ОР72	0,005	0,007

обработки получены координаты большого количества точек на цифровых снимках, а также 3D-модель текстурированной поверхности и ортофотоплан.

В результате цифровой обработки аэрофотосъемки созданы крупномасштабные ортофотопланы территории исследований (М 1 : 1000) и ЦМР с высотой сечения 0,5 м. При низкой облачности наблюдается слабая пропускная способность радиосигнала между спутниковым приемником БПЛА и наземной спутниковой станцией

или радиосигнал отсутствует. Вследствие этого часть снимков невозможно обработать (на рис. 1, а необработанные снимки показаны красным цветом). На ортофотоплане (см. рис. 1, б) отображены тени от облаков и «пропуски», соответствующие низким облакам. Определено, что при низкой облачности выполнять аэрофотосъемку местности нельзя.

Был выполнен сравнительный анализ ЦМР, построенных по космическому снимку ALOS DSM и крупномасштабным ортофотопланам. Космический снимок ALOS DSM характеризуется пространственным разрешением ячейки растра 30 м и содержит артефакты, связанные с отображением понижений и депрессий. В связи с этим осуществлена коррекция исходной цифровой модели рельефа с помощью алгоритма Priority-Flood Algorithm, PFA [16]. Это позволило устранить артефакты и построить гидрологически корректную цифровую модель рельефа.

Для сравнительного анализа ЦМР использованы основные статистические показатели для двух ключевых участков: минимальная и максимальные абсолютные высоты, среднее значение высоты и стандартное отклонение. В табл. 2 приведены показатели исходной ЦМР на основе космического снимка (ЦМР1) скорректированной цифро-

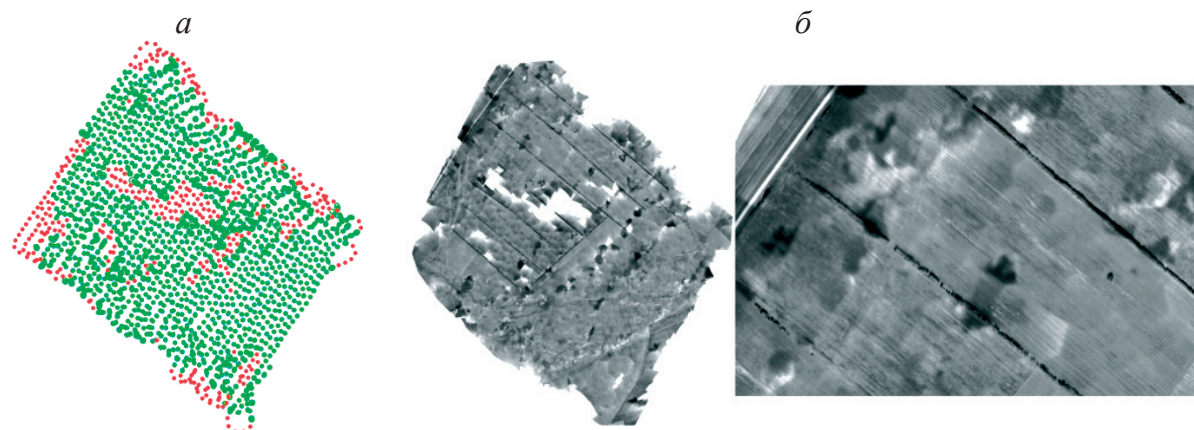


Рис. 1. Результаты влияния низкой облачности на построение ортофотоплана
Fig. 1. Results of the effect of low clouds on building orthophotoplan

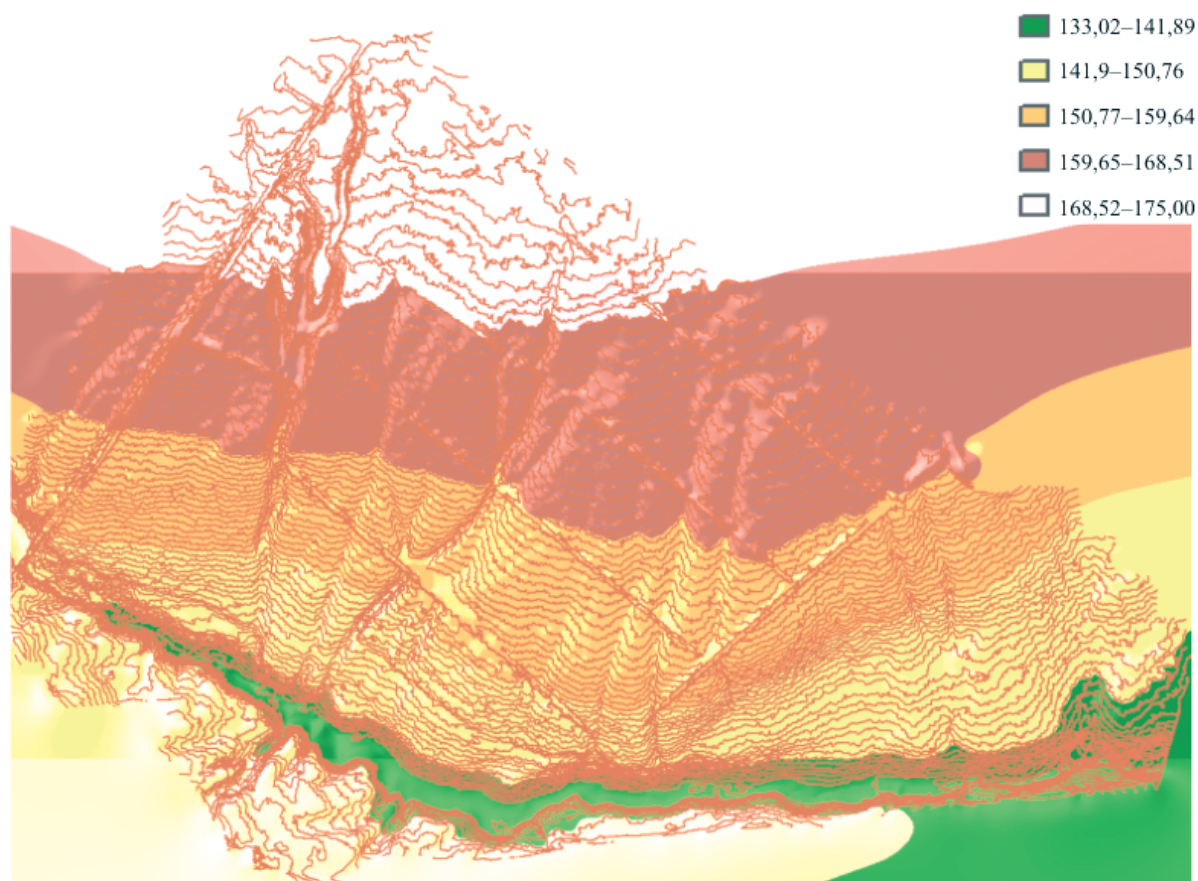


Рис. 2. Цифровая модель рельефа первого ключевого участка (абсолютные высоты, м)

Fig. 2. Digital elevation model of the first key site (absolute elevation, m)

Табл. 2. Основные показатели цифровых моделей рельефа, построенных на основе космического снимка и результатов аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата

Table 2. The main data of digital elevation models built on the basis of a space photograph and aerial photography results from the unmanned aerial vehicle

Показатель, м	ЦМР1		ЦМР2		ЦМР3	
	Участок					
	первый	второй	первый	второй	первый	второй
Минимальное значение высоты	124,00	137,00	134,63	145,93	133	147
Максимальное значение высоты	180,00	180,00	172,42	173,21	174	174
Среднее значение высоты	148,49	154,72	158,40	158,51	159,1	159,0
Стандартное отклонение	11,39	6,69	9,26	4,47	8,86	4,85

вой модели рельефа (ЦМР2) и ЦМР, полученной на основе применения беспилотного летательного аппарата (ЦМР3).

Цифровая модель рельефа, построенная с применением космического снимка ALOS DSM, характеризуется более низким пространственным разрешением в

сравнении с результатами аэрофотосъемки БПЛА. Это приводит к ошибкам вычислений абсолютных высот и связанных с ними производными параметрами рельефа: значения абсолютных высот на первом участке отличаются на 10,5 м при стандартном отклонении 11,39 м, на втором – до

4,3 м при стандартном отклонении, равном 4,85 м. Скорректированная модель рельефа не содержит артефактов, однако средние значения высот в сравнении с ЦМРЗ на первом участке различаются на 0,7 м, на втором – на 0,5 м (см. табл. 2).

Вследствие низкого пространственного разрешения на космическом снимке не отражаются микроформы рельефа. Например, на первом ключевом участке встречаются ложбины стока, имеющие выраженный уклон к речке Шариха.

Таким образом, в результате дистанционного зондирования с использованием БПЛА самолетного типа Supercam S 250 F построена цифровая модель рельефа в растровой и векторной моделях данных геоинформационных систем с высотой сечения рельефа 0,5 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование БПЛА и методов анализа данных позволяет оперативно, в отличие от традиционных подходов наземной топографической съемки, получать ортофотопланы и ЦМР крупного масштаба для сельскохозяйственной оценки земель, почвенного картографирования и др. Для этого необходимо выполнение технологических процессов, предусматривающих полевую рекогносцировку и закрепление опорных знаков на местности, спутниковые измерения по определению координат опознаков и последовательных уравнивательных вычислений, аэрофотосъемочные полеты, а также камеральные работы по обработке результатов аэрофотосъемки и построению ЦМР. При этом на качество ортофотопланов оказывают значительное влияние погодные условия: сильный порывистый ветер, облачность, дождь, высокая влажность воздуха и др. Технология позволяет создавать ЦМР с более высоким пространственным разрешением в сравнении с глобальными цифровыми моделями высот и изучать особенности рельефа территории хозяйства на мезо- и микроуровнях.

Применение БПЛА позволяет оперативно выполнить аэрофотосъемку местности, построить крупномасштабные карты, включающие актуальные сведения о рельефе и объектах топографии. При отсутствии крупномасштабных топографических карт внутрихозяйственного землепользования беспилотная технология служит альтернативным и эффективным инструментом построения ЦМР. При этом необходимо понимать, что для создания ортофотопланов требуется привлечение высококвалифицированных специалистов, обладающих специальными знаниями в области космической геодезии, геоинформатики, фотограмметрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Танасиенко А.А.* Специфика эрозии почв в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 175 с.
2. *Рейнгард Я.Р.* Деградация почв экосистем юга Западной Сибири. Омск, Лодзь (Польша), 2009. 634 с.
3. *Hengl T., Evans I.S.* Mathematical and digital models of the land surface // *Developments in soil science*. 2009. Vol. 33. P. 31–63. DOI: 10.1016/s0166-2481(08)00002-0.
4. *James L.A., Hodgson M.E., Ghoshal S., Latiolais M.M.* Geomorphic change detection using historic maps and DEM differencing: The temporal dimension of geospatial analysis // *Geomorphology*. 2012. Vol. 137. N 1. P. 181–198. (DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.10.039)
5. *Florinsky I.* Digital terrain analysis in soil science and geology. Academic Press, 2016. 486 p.
6. *Ласточкин А.Н.* Системно-морфологическое основание наук о Земле (геотопология, структурная география и общая теория геосистем): монография. СПб.: Издательство СПбГУ, 2002. 762 с.
7. *Шарый П.А.* Геоморфометрия в науках о земле и экологии, обзор методов и приложений // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2006. Т. 8. № 2. С. 459–473.
8. *Grohmann C.H.* Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R // *Computers & Geosciences*. 2004. Vol. 30. N 9–10. P. 1055–1067. DOI: 10.1016/j.cageo.2004.08.002.

9. Каличкин В.К., Павлова А.И. Агрономические геоинформационные системы: монография. Новосибирск: Издательство СФНЦА РАН, 2018. 347 с.
10. Tadono T., Ishida H., Oda F., Naito S., Minakawa K., Iwamoto H. Precise Global DEM Generation By ALOS PRISM // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2014. Vol. II-4. P. 71–76. URL: https://www.aw3d.jp/wp/wp-content/themes/AW3DEnglish/technology/doc/pdf/technology_03.pdf
11. Takaku J., Tadono T., Tsutsui K., Ichikawa M. Validation of AW3D Global DSM Generated from ALOS PRISM // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2016. Vol. III-4. P. 25–31. URL: https://www.aw3d.jp/wp/wp-content/themes/AW3DJapanese/technology/doc/pdf/technology_01.pdf
12. Tahar K.N. Multi rotor UAV at different altitudes for slope mapping studies // International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015. Vol. 40. N 1. P. 9–16. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-9-2015.
13. Krsak B., Blistan P., Paulikova A., Puskarova P., Kovanic L., Palkova J., Zeliznakova V. Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study // Measurement. 2016. Vol. 91. P. 276–287. DOI: 10.1016/j.measurement.2016.05.028
14. Rinaudo F., Chiabrando F., Lingua A., Spanm A. Archaeological site monitoring: UAV photogrammetry can be an answer // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. (XXII ISPRS Congress). 2012. Vol. 39. N B5. P. 583–588. DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B5-583-2012.
15. Mesas-Carrascosa F.J., Rumbao I.C., Berrocal J.A.B., Porras A.G.-F. Positional quality assessment of orthophotos obtained from sensors onboard multi-rotor UAV platforms // Sensors. 2014. Vol. 14. N 12. P. 22394–22407. DOI: 10.3390/s141222394.
16. Wang L., Liu H. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling // International Journal of Geographical Information Science. 2006. Vol. 20. N 2. P. 193–213. DOI: 10.1080/13658810500433453)

REFERENCES

1. Tanasienko A.A. Spetsifika erozii pochv v Sibiri: monografiya. [Specificity of soil erosion in Siberia] Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN [Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences], 2003, 175 p. (In Russian).
2. Reinhard J.R. Degradatsiya pochv ekosistem yuga Zapadnoy Sibiri. [Soil degradation of ecosystems of the south of Western Siberia]. Omsk, Lodz (Poland), 2009, 634 p. (In Russian).
3. Hengl T., Evans I.S. Mathematical and digital models of the land surface. *Developments in soil science*, 2009, vol. 33, pp. 31–63. DOI: 10.1016 / s0166-2481 (08) 00002-0.
4. James L.A., Hodgson M.E., Ghoshal S., Latiolais M.M. Geomorphic change detection using historic geography and DEM differencing: The temporal dimension of geospatial analysis. *Geomorphology*, 2012, vol. 137, no. 1, pp. 181–198. DOI: 10.1016 / j.geomorph. 2010.10.039
5. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. *Academic Press*, 2016, 486 p.
6. Lastochkin A.N. Sistemno-morfologicheskoye osnovaniye nauk o Zemle (geotopologiya. strukturnaya geografiya i obshchaya teoriya geosistem). [The system-morphological basis of earth sciences (geotopology, structural geography and the general theory of geosystems)] SPb: Izdatelstvo SPbGU [St. Petersburg: St. Petersburg State University Publ.], 2002, 762 p. (In Russian).
7. Shary P.A. Geomorfometriya v naukakh o zemle i ekologii. obzor metodov i prilozheniy [Geomorphometry in earth sciences and ecology, review of methods and applications]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2006, vol. 8, no. 2, pp. 459–473. (In Russian).
8. Grohmann C.H. Morphometric analysis in geographic information systems: applications of free software GRASS and R. *Computers & Geosciences*, 2004, vol. 30, no. 9–10, pp. 1055–1067. DOI: 10.1016 / j.cageo 2004.08.002.
9. Kalichkin V.K., Pavlova A.I. Agronomicheskiye geoinformatsionnyye sistemy: monografiya [Agronomic geographic information systems]. Novosibirsk: Izdatelstvo SFNTSA RAN [Novo-

- sibirsk: SFSCA RAS Publ.], 2018, 347 p. (In Russian).
10. Tadono T., Ishida H., Oda F., Naito S., Minakawa K., Iwamoto H. Precise Global DEM Generation By ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2014, vol. II-4, pp. 71–76. URL: https://www.aw3d.jp/wp/wp-content/themes/AW3DEnglish/technology/doc/pdf/technology_03.pdf
 11. Takaku J., Tadono T., Tsutsui K., Ichikawa M. Validation of AW3D Global DSM Generated from ALOS PRISM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016, vol. III-4, pp. 25–31. URL: https://www.aw3d.jp/wp/wp-content/themes/AW3DJapanese/technology/doc/pdf/technology_01.pdf
 12. Tahar K.N. Multi rotor UAV at different altitudes for slope mapping studies. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2015, Vol. 40, no. 1, pp. 9–16. DOI: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-9-2015.
 13. Krsak B., Blistan P., Paulikova A., Puskarova P., Kovanic L., Palkova J., Zeliznakova V. Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study. *Measurement*, 2016, vol. 91, pp. 276–287. DOI: 10.1016/j.measurement.2016.05.028.
 14. Rinaudo F., Chiabrando F., Lingua A., Spant A. Archaeological site monitoring: UAV photogrammetry can be an answer. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. (XXII ISPRS Congress)*, 2012, vol. 39, no. B5, pp. 583–588. DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B5-583-2012.
 15. Mesas-Carrascosa F.J., Rumbao I.C., Berrocal J.A.B., Porras A.G.-F. Positional quality assessment of orthophotos obtained from sensors onboard multi-rotor UAV platforms. *Sensors*, 2014, vol. 14, no. 12, pp. 22394–22407. DOI: 10.3390/s141222394.
 16. Wang L., Liu H. An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling. *International Journal of Geographical Information Science*, 2006, vol. 20, no. 2., pp. 193–213. DOI: 10.1080/13658810500433453.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Павлова А.И., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент; e-mail: annstab@mail.ru

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

Каличкин А.В., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Pavlova A.I., Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher, Associate Professor; e-mail: annstab@mail.ru

✉ **Kalichkin V.K.**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: kvk@ngs.ru

Kalichkin A.V., Researcher

Дата поступления статьи 27.04.2019
Received by the editors 27.04.2019

ОБОСНОВАНИЕ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ КРУПНОГАБАРИТНОГО УКРЫТИЯ ЭКРАННОГО ТИПА

Усольцев С.Ф., Нестяк В.С., Ивакин О.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В.

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

Для цитирования: Усольцев С.Ф., Нестяк В.С., Ивакин О.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В. Обоснование привода механизма управления вентиляцией крупногабаритного укрытия экранного типа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 79–86. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-10

For citation: Usoltsev S.F., Nestyak V.S., Ivakin O.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V. Obosnovanie privoda mekhanizma upravleniya ventilyatsiei krupnogabaritnogo ukrytiya ekrannogo tipa [Feasibility evaluation of the ventilation control mechanism drive of a large screen canopy] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 79–86. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-10

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены исследования по повышению эффективности использования солнечной энергии и снижению технологических рисков при выращивании крупноплодных высокорослых сортов томатов в условиях недостаточной теплообеспеченности за счет автоматического управления приточно-вытяжной вентиляцией. Высокая вероятность поздних возвратных и ранних осенних заморозков в Западной Сибири создает угрозу полной потери урожая теплолюбивых овощных культур. Повышение теплообеспеченности периода вегетации возможно за счет использования парникового эффекта, возникающего в укрытиях и теплицах. В летний период дополнительная энергия создает опасность перегрева, которую можно устранить за счет автоматически управляемой приточно-вытяжной вентиляции. Проведенные в лабораторных условиях исследования показали, что автоматическое устройство за счет изменения ширины вытяжного проема стабильно удерживает температуру воздуха в пределах 26–27 °С, соответствующих биологическим требованиям растений. Открытие приточного проема повышает интенсивность потоков воздуха внутри укрытия. Гидравлический привод механизма управления вентиляцией путем автоматического регулирования ширины вытяжного проема устойчиво поддерживает температуру воздуха внутри установки в процессе нагрева,

FEASIBILITY EVALUATION OF THE VENTILATION CONTROL MECHANISM DRIVE OF A LARGE SCREEN CANOPY

Usoltsev S.F., Nestyak V.S., Ivakin O.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V.

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

The study was carried out on how to enhance the effectiveness of solar energy and reduce technological risks connected with growing large-fruited tall tomato varieties in conditions of insufficient heat supply by using automatically controlled inflow-and-exhaust ventilation. High probability of late recurring and early autumn frosts in Western Siberia poses a threat of complete harvest loss of thermophilic vegetable crops. Improvement of the heat supply during the growing period is possible due to the greenhouse effect occurring in canopies and greenhouses. In summer, additional energy creates the danger of overheating, which can be eliminated by an automatically controlled inflow-and-exhaust ventilation. Laboratory experiments showed that the automatic device consistently maintains air temperature within 26–27°C, which meets biological requirements of plants, by changing the width of the exhaust air aperture. Opening of the inflow air aperture increases the intensity of air flow inside the canopy. The hydraulic drive of the ventilation control mechanism consistently maintains the air temperature inside the canopy in the process of heating by means of automatic regulation of exhaust air aperture width, but it is ineffective in the cooling process due to high thermal inertia. Changing the height of the inflow

но неэффективен в процессе охлаждения из-за высокой тепловой инерции. Изменение высоты приточного проема от 0 до 0,3 м способствует повышению интенсивности воздухообмена и снижению температуры воздуха.

Ключевые слова: вентиляция, вентиляционный проем, воздушный поток, температура воздуха, лабораторная установка

ВВЕДЕНИЕ

В условиях Сибири при выращивании теплолюбивых овощных культур основным источником технологических рисков является недостаток тепла. По климатическим условиям лесостепной зоны Западной Сибири для теплолюбивых овощных культур на первое место выходит фактор теплообеспеченности. Высокая вероятность поздних возвратных и ранних осенних заморозков создает реальную угрозу полной потери урожая [1–3].

На втором месте среди рисков находится влагообеспеченность. Недостаток влаги, особенно в период приживаемости рассады и интенсивного роста плодов, не приводит к гибели растений, но существенно снижает урожайность.

На третьем месте находится наличие питательных веществ, запасы которых в почве всегда присутствуют. Однако контроль за соотношением количества различных элементов питания в почве затруднен необходимостью выполнения большого количества химических анализов, поэтому в некоторых случаях значение фактора может повышаться.

На четвертое место можно поместить наличие солнечной радиации, которой в нашей зоне достаточно для развития растений.

В соответствии с предложенным ранжированием факторов следует подбирать

air aperture from 0 to 0.3 m makes the intensity of air exchange increase and the air temperature decrease.

Keywords: ventilation, ventilation aperture, airflow, air temperature, laboratory installation

технологические процессы и комплексы технических средств, необходимые для приближения лимитирующих факторов к зоне оптимума.

Научная гипотеза заключается в том, что если в состав теплового баланса системы «почва – растение – приземный слой воздуха» ввести дополнительный элемент «парниковый эффект», снижающий отток тепла из системы за счет отражения части уходящей энергии внутрь, а также управляемый элемент «вентиляция», который изменяет отток энергии из системы за счет воздухообмена с внешней средой, то можно более эффективно использовать возобновляемый природный ресурс «солнечная энергия» для снижения технологических рисков потери урожая от недостатка тепла в начале и в конце вегетационного периода и избытка тепла – в середине¹ [4, 5].

Цель исследования – повысить эффективность использования солнечной энергии и снизить технологические риски при выращивании крупноплодных высокорослых сортов томатов в крупногабаритных укрытиях за счет автоматического управления приточно-вытяжной вентиляцией.

Задача исследования – изучить взаимосвязь температуры и скорости воздушных потоков с размерами вентиляционных проемов крупногабаритного укрытия экранного типа.

¹Бурлаков В.С. Разработка и исследование принципиальных конструкций гелеоэлектрических установок для подогрева воды и воздуха // Сб. науч. трудов ХЗВИ. Харьков, 2001. Вып. 9. Ч. 3. С. 261–264.

Повышение температуры воздуха в зоне роста растений достигается путем использования различных защитных сооружений – от простейших укрытий, устанавливаемых на период угрозы заморозков, до автоматизированных тепличных комплексов [6].

Крупногабаритные укрытия занимают промежуточное положение между укрытиями экранного типа, разработанными в СибИМЭ, и грунтовыми арочными теплицами с поликарбонатным покрытием, получившими широкое распространение в Сибири. Все три типа защитных сооружений предназначены для повышения температуры воздуха в зоне растений в течение всего периода вегетации.

В промежутки времени, когда температура воздуха не опускается ниже биологических требований растений, теплообеспеченность перестает быть лимитирующим фактором, а высокие дневные температуры создают опасность перегрева. В это время необходимо решать обратную задачу – обеспечить удаление нагретого воздуха из укрытий с помощью естественной управляемой приточно-вытяжной вентиляции [7–9].

Для осуществления естественной приточно-вытяжной вентиляции необходимо иметь два управляемых проема: приточный и вытяжной. Процесс управления вентиляцией заключается в открытии и закрытии проемов в зависимости от температуры воздуха внутри укрытия. В качестве исполнительных механизмов можно применять:

- электропривод;
- тепловое объемное расширение жидкости или твердого тела;
- линейное расширение биметаллических пластин.

Применение теплового расширения жидкости в гидроцилиндрах – наиболее простой и дешевый способ управления от-

крытием вентиляции. Данный способ применяют в теплицах, парниках и в других культивационных сооружениях. Обратный ход механизма при охлаждении происходит за счет пружин, сжимаемых при открытии вентиляционных проемов. Ветровые колебания двери блокируются гидравлическим амортизатором [10].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Лабораторная установка (см. рис. 1) для обоснования параметров механизма открытия вентиляции спроектирована и изготовлена на основе патента на способ моделирования температурных полей [11]. Корпус установки состоит из боковых и торцовых стенок. Промежуток между верхними краями боковых стенок образует верхний вытяжной проем. Края боковых стенок через плоский рычажный механизм связаны с управляющими гидроцилиндрами. Выход штока гидроцилиндра зависит от температуры находящегося внутри рабочего вещества. В установке использован готовый термопривод для открывания дверей [12]:

- регулируемая длина устройства 33–44 см;
- величина хода штока 10 см;
- температурный диапазон $-40^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$;
- температура открытия $+22^{\circ}\text{C}$;
- температура закрытия $+24^{\circ}\text{C}$.

Измерение температуры и скорости воздушных потоков проводили в плоскостях приточного и вытяжного проемов и внутри укрытия с применением термоанометров ТТМ 2-04. Дополнительно измеряли температуру воздуха внутри укрытия и температуру поверхности корпуса гидроцилиндра путем установки датчиков температуры ДТС034-50М. Для регистрации и архивирования результатов измерений использовали комплект приборов, в который входят модуль сбора данных МСД 100, адаптеры RS485-USB, ноутбук.

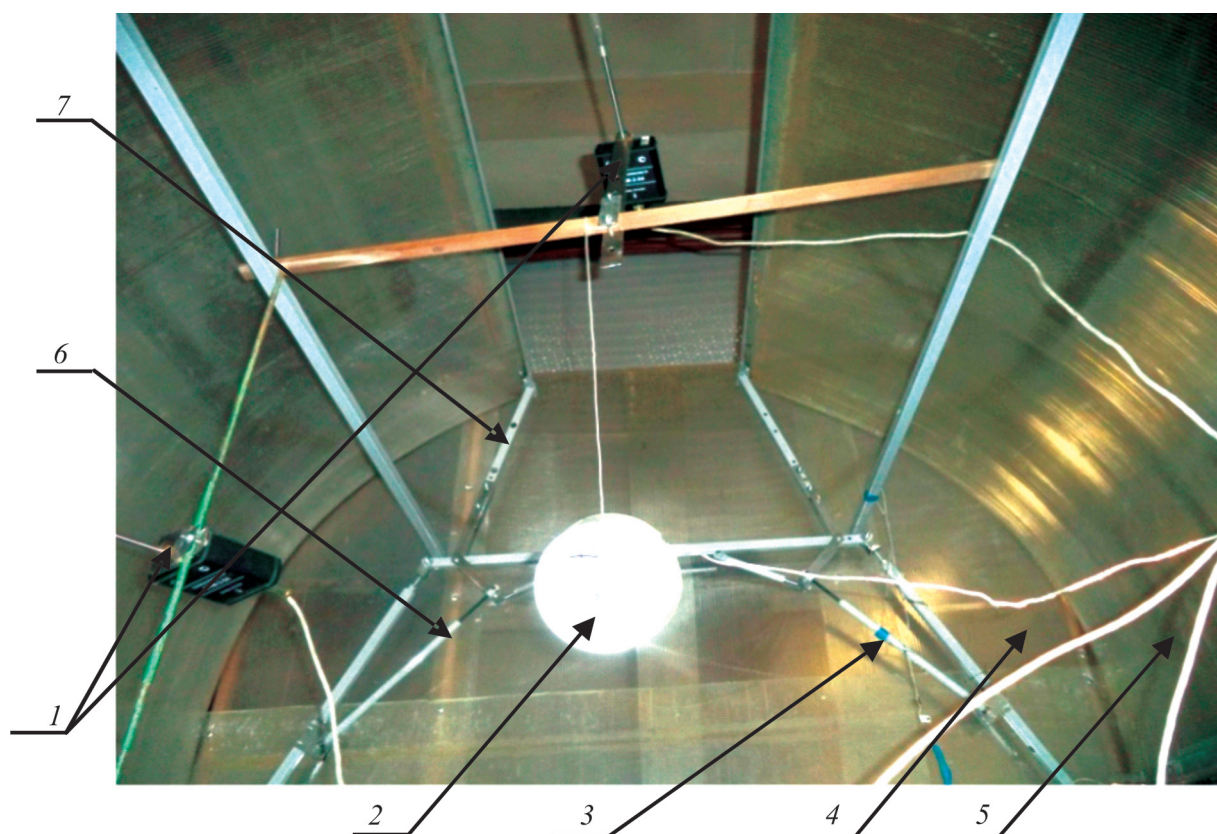


Рис. 1. Лабораторная установка:

1 – термоанемометры ТТМ 2-04; 2 – датчик температуры воздуха внутри укрытия; 3 – датчик температуры корпуса гидроцилиндра; 4 – торцевая стенка; 5 – боковая стенка; 6 – гидроцилиндр; 7 – рычажный механизм

Fig. 1. Laboratory installation:

1 – heat loss anemometers TTM 2-04; 2 – sensor of the air temperature inside the canopy, 3 – temperature sensor of the hydraulic cylinder frame; 4 – back wall, 5 – side wall; 6 – hydraulic cylinder; 7 – leverage mechanism

Высоту приточного (нижнего) проема устанавливали вручную и изменяли от 0 до 0,3 м с интервалом 0,1 м. Пределы варьирования фактора выбраны исходя из рекомендаций площади вентиляционных проемов в теплицах – 25% от площади ограждения [11].

Температура воздуха в помещении, где проходил эксперимент, составляла 18–20 °С, поэтому в исходном состоянии вытяжной проем был полностью закрыт. Нагрев воздуха внутри установки осуществляли за счет нагревательных лент «теплый пол». Опыты проводили следующим образом.

После установки высоты приточного проема включали нагревательные элементы и через каждые 5 мин проводили изме-

рение ширины вытяжного проема. Опыт длился до тех пор, пока не прекращался рост измеряемой ширины проема. После этого нагревательные элементы отключали, а измерения продолжали до полного закрытия вытяжного проема. Результаты измерения остальных параметров автоматически записывались в память компьютера. Обработку результатов измерений проводили с помощью программы «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате опытов получена динамика изменения температуры и скорости воздушных потоков внутри укрытия при изменении ширины вытяжного проема. Из приведенного на рис. 2 графика следует, что открытие приточного проема повыша-

ет интенсивность потоков воздуха внутри укрытия. В результате равновесное состояние между притоком тепла от нагревателей и его выносом устанавливается при температуре воздуха в укрытии около 30°C и ширине вытяжного проема $0,5\text{ м}$. Длительность периода снижения температуры удаляемого воздуха после выключения нагрева составляет 45 мин .

Зависимости параметров воздушного потока и ширины вытяжного проема от высоты приточного проема приведены на рис. 3.

С увеличением высоты приточного проема до $0,2\text{--}0,3\text{ м}$ скорость воздушного потока стабилизируется в диапазоне $0,15\text{--}0,17\text{ м/с}$. Температура воздуха в установившемся режиме не превышает 25°C при ширине вытяжного проема не более $0,3\text{ м}$. Длительность периода снижения температуры удаляемого воздуха после выключения нагрева составляет 30 мин . Отсюда следует, что управление размером приточного проема оказывает существен-

ное влияние на интенсивность вентиляции и является необходимым элементом автоматической системы приточно-вытяжной вентиляции. Недостаток заключается в высокой инерции системы. После выключения нагревателей корпус гидроцилиндра остывает медленнее воздуха, поэтому закрытие вентиляции заканчивается при температуре воздуха 20°C , что существенно ниже оптимальной.

Из приведенных графиков следует, что ширина вытяжного проема, а также скорости и температуры воздушных потоков в укрытии линейны и обратно пропорциональны размерам приточного проема. Это объясняется тем, что температура внешнего воздуха значительно ниже температуры воздуха внутри укрытия. Справедливость полученных зависимостей при более высокой температуре внешнего воздуха требует дальнейшей экспериментальной проверки.

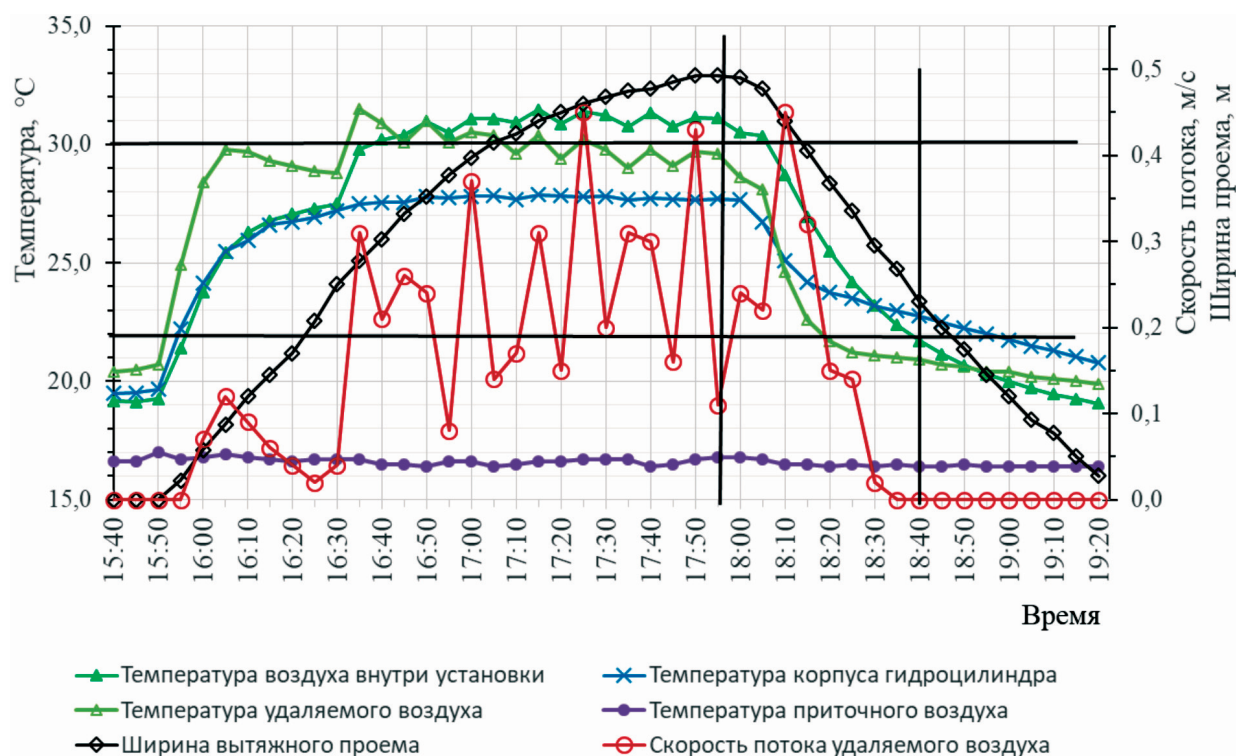


Рис. 2. Динамика изменения характеристик воздушного потока при закрытом приточном проеме
Fig. 2. Dynamics of the change in the parameters of the air flow with the inflow aperture closed

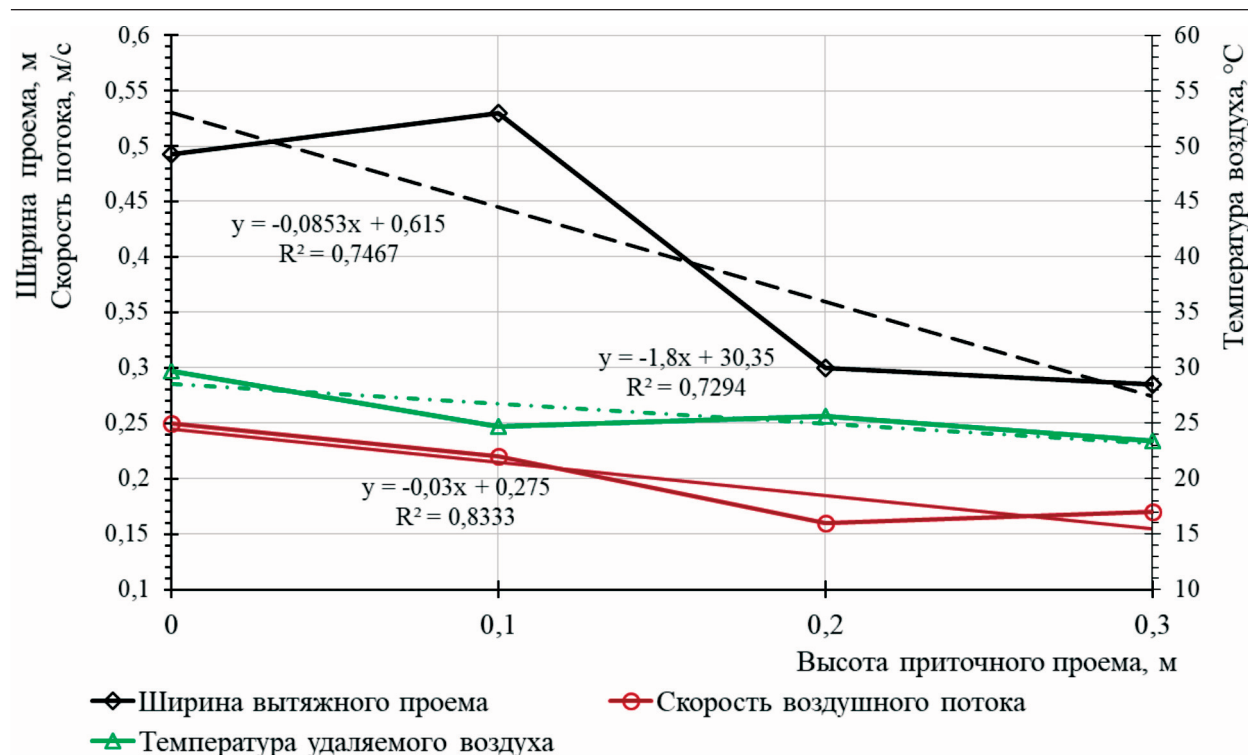


Рис. 3. Зависимости параметров воздушного потока и ширины вытяжного проема от высоты приточного проема

Fig. 3. Dependencies of the parameters of the air flow and exhaust aperture width on the height of the inflow aperture

ВЫВОДЫ

1. Гидравлический привод механизма управления вентиляцией путем автоматического регулирования ширины вытяжного проема устойчиво поддерживает температуру воздуха внутри установки в процессе нагрева, но неэффективен в процессе охлаждения из-за высокой тепловой инерции.

2. Изменение высоты приточного проема от 0 до 0,3 м способствует повышению интенсивности воздухообмена и снижению температуры воздуха. Требуется экспериментальная проверка в реальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усольцев С.Ф., Нестяк В.С. Применение фитомониторинга для оценки индекса водного стресса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 5. С. 77–85.

2. Ларионов Ю.С. Закон плодородия почв – основа новой парадигмы сельскохозяйственного производства // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. 2015. № 4 (32). С. 120–133.
3. Конев А.В., Ломакин В.С., Матвеев, Якушев В.В. Структура представления производственных процессов в системе поддержки принятия агротехнологических решений // Агрофизика. 2018. № 1. С. 24–36.
4. Голуб Г.А. Микроклимат сооружений для выращивания грибов // Вестник аграрной науки. 2003. № 10. С. 46–49.
5. Тайсаева В.Т., Мазаев Л.Р. Солнечные теплицы в условиях Сибири: монография. Улан-Удэ: Издательство БГСХА, 2011. 200 с.
6. Нестяк В.С., Чеपुरин Г.Е., Ивакин О.В., Усольцев С.Ф. Защитные экраны – резервные возможности для овощеводства // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 83–86.
7. Гудевич И.Г. Теплотехнический расчет теплицы для выращивания рассады табака //

- Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 10. С. 8–10.
8. Цанава В.Ш., Иванов И.А. Современные пленочные теплицы // Вестник овощевода. 2009. № 3. С. 26–30.
9. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др. / под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982. 512 с.
10. Данилова И.А. Анализ известных конструкций теплиц с точки зрения возможности их автоматизации // Теория и практика создания тренажеров: накопление и обработка информации, информационные модели, средства информатизации. Пенза: Издательство Пензенского государственного технологического университета, 2015. С. 130–137.
11. Арюпин В.В., Усольцев С.Ф., Нестяк В.С. Обоснование конструктивно-технологических параметров укрытия для выращивания овощных культур в Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 9 (201). С. 87–92.
12. Колчина Л.М. Тенденции развития производства овощной продукции в защищенном грунте // Техника и оборудование для села. 2016. № 9. С. 12–16.
1. Usol'tsev S.F., Nestyak V.S. Primenenie fitomonitoringa dlya otsenki indeksa vodnogo stressa [Application of phytomonitoring for estimating the water stress index] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 5, pp. 77–85. (In Russian).
2. Larionov Yu.S. Zakon plodorodiya pochv – osnova novoi paradigmy sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva [Soil fertility law – the basis of new paradigm of agricultural production]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii* [Vestnik of Siberian State University of Geosystems and Technologies], 2015, no. 4 (32), pp. 120–133. (In Russian).
3. Konev A.V. Lomakin V.S., Matveenko, Yakushev V.V. Struktura predstavleniya proizvodstvennykh protsessov v sisteme podderzhki priyatiya agrotekhnologicheskikh reshenii [The structure of production processes presentation in the back-up system of decision-making in agriculture]. *Agrofizika* [Agrophysics], 2018, no. 1, pp. 24–36. (In Russian).
4. Golub G.A. Mikroklimat sooruzhenii dlya vyrashchivaniya gribov [Microclimate of the structures for growing mushrooms]. *Vestnik agrarnoi nauki Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Agrarian Science of Buryat State Academy of Agriculture], 2003, no. 10, pp. 46–49. (In Russian).
5. Taisaeva V.T., Mazaev L.R. Solnechnye teplitsy v usloviyakh Sibiri [Solar greenhouses in the conditions of Siberia], *Ulan-Ude: Izdatel'stvo Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Ulan-Ude: publishing house of Buryat State Academy of Agriculture], 2011, 200 p. (In Russian).
6. Nestyak V.S., Chepurin G.E., Ivakin O.V., Usol'tsev S.F. Zashchitnye ekrany – rezervnye vozmozhnosti dlya ovoshchevodstva [Protecting screens as spare capacities for vegetable growing]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2016, vol. 30, no. 8, pp. 83–86. (In Russian).
7. Gudevich I.G. Teplotekhnicheskii raschet teplitsy dlya vyrashchivaniya rassady tabaka [Thermotechnical calculation of the greenhouse for tobacco growing], *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva* [Mechanization and Electrification of Agriculture], 2005, no. 10, pp. 8–10. (In Russian).
8. Tsanova V.Sh., Ivanov I.A. Sovremennye ple-nochnye teplitsy [Modern plastic film greenhouse], *Vestnik ovoshchevoda* [Bulletin of the Vegetable Grower], 2009, no. 3, pp. 26–30. (In Russian).
9. Ametistov E.V., Grigor'ev V.A., Emtsev B.T. pod obshch. red. Grigor'eva V.A. i Zorina V.M. Teplo- i massoobmen. Teplotekhnicheskii eksperiment [Heat and mass exchange. Thermotechnical experiment], M.: Energoizdat Publ., 1982. 512 p. (In Russian).
10. Danilova I.A. Analiz izvestnykh konstruktssii teplits s tochki zreniya vozmozhnosti ikh avtomatizatsii [Analysis of the known greenhouses structures in terms of possible automating]. *Teoriya i praktika sozdaniya trenazherov: nakoplenie i obrabotka informatsii, informatsionnye modeli, sredstva informatizatsii* [The theory and practice of creation of simulators: information accumulation and processing, in-

- formational models, information system development]. Penza: Izdatel'stvo Penzenskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Penza: publishing house of Penza State Technological University], 2015, pp. 130–137. (In Russian).
11. Aryupin V.V., Usol'tsev S.F., Nestyak V.S. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh para-metrov ukrytiya dlya vyrashchivaniya ovoshchnykh kul'tur v Sibiri [Feasibility evaluation of constructive and technological parameters of canopies for growing vegetables in Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2009, no. 9 (201), pp. 87–92. (In Russian).
12. Kolchina L.M. Tendentsii razvitiya proizvodstva ovoshchnoi produktsii v zashchishchenom grunte [Development trends in production of vegetables in protected ground]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and equipment for the countryside], 2016, no. 9, pp. 12–16. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Усольцев С.Ф.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sergey.usolczev@yandex.ru

Нестяк В.С., доктор технических наук, заведующий лабораторией

Ивакин О.В., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

Нестяк Г.В., старший научный сотрудник

Гончаренко Ю.В., младший научный сотрудник

Финансовая поддержка

Исследования выполнены за счет бюджетного финансирования по теме 0778-2016-0084.

AUTHOR INFORMATION

✉ **Usoltsev S.F.**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sergey.usolczev@yandex.ru

Nestyak V.S., Doctor of Science in Engineering, Laboratory Head

Ivakin O.V., Doctor of Science in Engineering, Lead Researcher

Nestyak G.V., Senior Researcher

Goncharenko Yu.V., Junior Researcher

*Дата поступления статьи 27.04.2019
Received by the editors 27.04.2019*

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПО ВЫБОРУ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А., Ёлкин О.В.

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

Для цитирования: Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А., Ёлкин О.В. Структурная схема по выбору технологий и технических средств в растениеводстве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 87–93. DOI: DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-11

For citation: Alt V.V., Isakova S.P., Lapchenko E.A., Elkin O.V. Strukturalnaya skhema po vyboru tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv v rastenievodstve [Structural scheme for the choice of technologies and technical means in plant growing]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 87–93. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-11

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изложены факторы, влияющие на принятие управленческих решений по выбору технологий и технических средств в растениеводстве. Показана актуальность разработки программного обеспечения среди данных факторов. Приведены примеры имеющихся зарубежных и отечественных программных продуктов, созданных в данном направлении, показаны их преимущества и недостатки. Дано описание структурного подхода к разработке программного продукта. Суть его заключается в определении значимости и приоритетов имеющихся факторов с целью установления структуры их отношений. Представлены требования к структурной схеме разрабатываемого программного обеспечения по ее основным компонентам, их функциям, правилам коммуникации со схемой ввода и вывода информации. Приведена сама структурная схема по выбору технологий и технических средств в растениеводстве. В ней заложена технология удаленного доступа, основанная на применении облачных технологий. Выявлены основные факторы, влияющие на выбор технологий и технических средств. Представленная структурная схема предусматривает учет ограничений, накладываемых агроклиматическими и производственными условиями сельхозтоваропроизводителя: объемов работ и их сроков, фитосанитарной обстановки, рельефа и контурности полей для выбора технологий и подбора рационального состава машинно-тракторного парка, а также

STRUCTURAL SCHEME FOR THE CHOICE OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS IN PLANT GROWING

Alt V.V., Isakova S.P.,
Lapchenko E.A., Elkin O.V.

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

The factors that influence management decisions related to the choice of technologies and technical means are summarized. The urgency of software development for these factors is shown. Examples of foreign and domestic software products available in this field are given, their advantages and disadvantages are shown. The description of the structural approach to the software product development is given. Its main point is to determine the importance and priorities among the existing factors with the aim of establishing the structure of their relationship. Requirements to the structural scheme of the software being developed are presented, including its main components, their functions, the rules of communication and the scheme of input and output of information. The structural diagram that shows the choice of technologies and technical means in crop production is presented. It covers the technology of remote access based on the use of cloud technologies. The main factors influencing the choice of technologies and technical means are identified. The structural scheme presented takes into account restrictions imposed by agro-climatic and production conditions faced by agricultural producers, i.e. amount of work and terms, phytosanitary conditions, relief and contour of fields for the selection of technologies and rational composition of the machine and tractor fleet, as well as technical and economic characteristics of technical facilities. The structural scheme also ensures that the requirements of universality and

технико-экономических характеристик технических средств. Структурная схема учитывает требования универсальности и совместимости разрабатываемого программного продукта, ввода и вывода информации. Дано общее описание структурной схемы и блоков, из которых она состоит: база данных, ввод исходных данных, выбор технологий и генерация отчетов.

Ключевые слова: машинно-тракторный парк, технологии, растениеводство, структурная схема, облачные технологии

ВВЕДЕНИЕ

При управлении сельским хозяйством отсутствие или несвоевременное получение информации на всех этапах производства продукции растениеводства и неоптимальный выбор технологии приводят к увеличению затрат труда и материальных ресурсов, недополучению дохода, а иногда к убыткам [1]. В связи с этим выбор технологий возделывания сельскохозяйственных культур и оценка их экономической эффективности для принятия решений при производстве продукции растениеводства весьма актуальны.

В настоящее время существуют различные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Задача выбора технологий и технических средств сложна из-за необходимости учета множества факторов, изменчивых во времени и в пространстве: агроклиматических, агротехнических, фитосанитарных, факторов окружающей среды и производственных условий хозяйства (наличие технических средств, семян, удобрений и т.д.) [2, 3]. При этом должны быть сопоставлены состав, структура машинно-тракторного парка (МТП), пашни, кадрового потенциала с имеющимся почвенно-климатическим потенциалом и уровнем агрономической культуры в хозяйстве. Определение необходимого состава МТП для выбранной технологии также зависит от агроклиматических особенностей зоны расположения хозяйства и почвенных факторов (рельеф, контурность поля, длина гона).

compatibility of the software product, as well as information input and output are met. A general description of the diagram and the blocks it consists of are given: database, initial data input, technology selection and report generation.

Keywords: machinery and tractor fleet, technologies, plant growing, structural scheme, cloud technologies

Внедрение новых технологий связано с повышением использования потенциала сельскохозяйственных культур, однако существующие при этом риски и неопределенность препятствуют полноте использования этого потенциала сельхозпроизводителями. Сельхозпроизводители внедряют новую технологию только тогда, когда полезность ее использования превышает преимущества текущей [4]. Доказать преимущества таких технологий можно с использованием информационных технологий. По данным о сельскохозяйственных объектах, получаемым с помощью цифровых технологий, стало возможным, математически точно рассчитывая алгоритм действий, предсказывать результат, проводить мониторинг природных факторов, своевременно реагировать на их изменение.

Методология формирования технологии заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих продуктивность культур и качество продукции, исходя из экологических и экономических требований к производству [5, 6]. К факторам, лимитирующим формирование урожайности культуры, можно отнести природно-климатическую зону хозяйства, системы удобрения и обработки почвы, засоренность и др. Количество этих факторов в зависимости от требований культуры и сорта может возрастать [7].

Существуют разработанные базовые технологии, описанные в реестре техноло-

гий и различной литературе¹ [8]. Технологические операции адаптируют к природным и производственным условиям с учетом разной обеспеченности предприятий производственными условиями хозяйства (техникой, семенами, средствами химизации и др.). Уровень интенсификации при этом меняется от полного отсутствия средств химизации и удобрений до применения максимально целесообразного их количества. Таким образом, нормальные технологии (базовые) трансформируются в экстенсивные или интенсивные [9].

В данной области имеется множество разработок как в России, так и за рубежом²⁻⁵ [1, 10], широко используемых в странах СНГ и Европы, США. Их отличительной особенностью является применение современных подходов к решению задачи выбора технологий и технических средств, в частности с использованием цифровых технологий, позволяющих обрабатывать большие объемы неструктурированных данных, автоматизировать интеллектуальный труд, решать многофакторные задачи с учетом конкретных условий товаропроизводителя, оптимизировать управление технологическими и организационными процессами производства сельскохозяйственной продукции.

Цель работы – проанализировать современные подходы к выбору технологий и технических средств и использованию цифровых систем анализа разнородных данных для принятия управленческих решений по применению технологий и техники.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Главная задача при выборе технологий и технических средств состоит в раскры-

тии имеющегося потенциала урожайности сортов зерновых культур за счет учета воздействия агроклиматических и фитосанитарных факторов окружающей среды.

Значительную помощь в принятии решений оказывают web-приложения, которые улучшают управление технологическими и организационными процессами производства сельскохозяйственной продукции. Интернет-технологии стали основным инструментом, позволяющим частично автоматизировать задачи управления и решать оптимизационные многофакторные задачи принципиально другими методами в сельском хозяйстве, применительно к конкретным условиям товаропроизводителя [11–13].

Для решения задачи выбора технологий и технических средств при наличии множества факторов, влияющих на принятие решения, использован структурный подход, который заключается в определении значимости и приоритетов среди имеющихся факторов с целью установления структуры их отношений. Структурный подход основан на анализе существующих аналогичных решений и их расширении за счет учета имеющихся недостатков.

Разработка структурной схемы по выбору технологий и технических средств – промежуточный этап разработки программного комплекса поддержки принятия решения управления производством продукции растениеводства.

Структурная схема представляет собой графическую модель, которая отображает совокупность объектов и связи между ними. В ней должны быть определены основные компоненты разрабатываемого программного обеспечения, их функции, а также правила коммуникации всех компонентов. Необходимо, чтобы структурная

¹Росинформагротех. База данных агротехнологий. [Электронный ресурс]. – URL: <http://89.222.235.178/cgi-bin/WebIrbis3/Search1.exe?C21COM=Enter&I21DBN=AGRO>

²ExactFarming. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.exactfarming.com/ru/vozmozhnosti/>

³Agrivi. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agrivi.com/ru/upravlenie-selhozpredprijatiem>

⁴AgCommand. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agcotechnologies.com/ensamf/products/detail/agcommand-app/>

⁵Гостев А.В. К вопросу выбора технологий возделывания зерновых культур при использовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства: сб. докладов Всерос. школы молодых ученых и специалистов / под ред. В.В. Окоркова, Л.И. Ильина. Суздаль, 2013. С. 3–9.

схема была модульной, с возможностью изменения пользовательского интерфейса, не затрагивать при этом основных модулей программы (совокупность которых может наращиваться), отвечающих за выполнение ее функций. Кроме того, необходимо разработать схему ввода и вывода информации [14]. Применение технологий удаленного доступа должно удовлетворять требованию модульности, что позволяет применить их в данном исследовании.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе выполненного в ходе исследования анализа разработана структурная схема, в которой предусмотрены:

- ограничения, накладываемые агроклиматическими и производственными условиями сельхозтоваропроизводителя (объем и сроки работ, фитосанитарная обстановка, рельеф и контурность полей для выбора технологий и подбора рационального состава МТП);
- технико-экономические характеристики технических средств;
- фитосанитарная обстановка и структура посевных площадей;
- универсальность (применение программного обеспечения в любом сельскохозяйственном предприятии);
- ввод и вывод информации в удобной для пользователя форме.

На рисунке приведена структурная схема. В ней заложена технология удаленного доступа, основанная на применении облачных технологий, позволяющая через сеть Интернет получать доступ к программному обеспечению, независимо от версий программного обеспечения и оборудования. Вся информация в виде баз данных и системы обработки данных находятся на удаленном сервере⁶ [15]. Таким образом, структурная схема включает в себя пользовательскую часть на стороне сельхозтоваропроизводителя и серверную часть СибФТИ СФНЦА РАН.

Структурная схема состоит из следующих блоков:

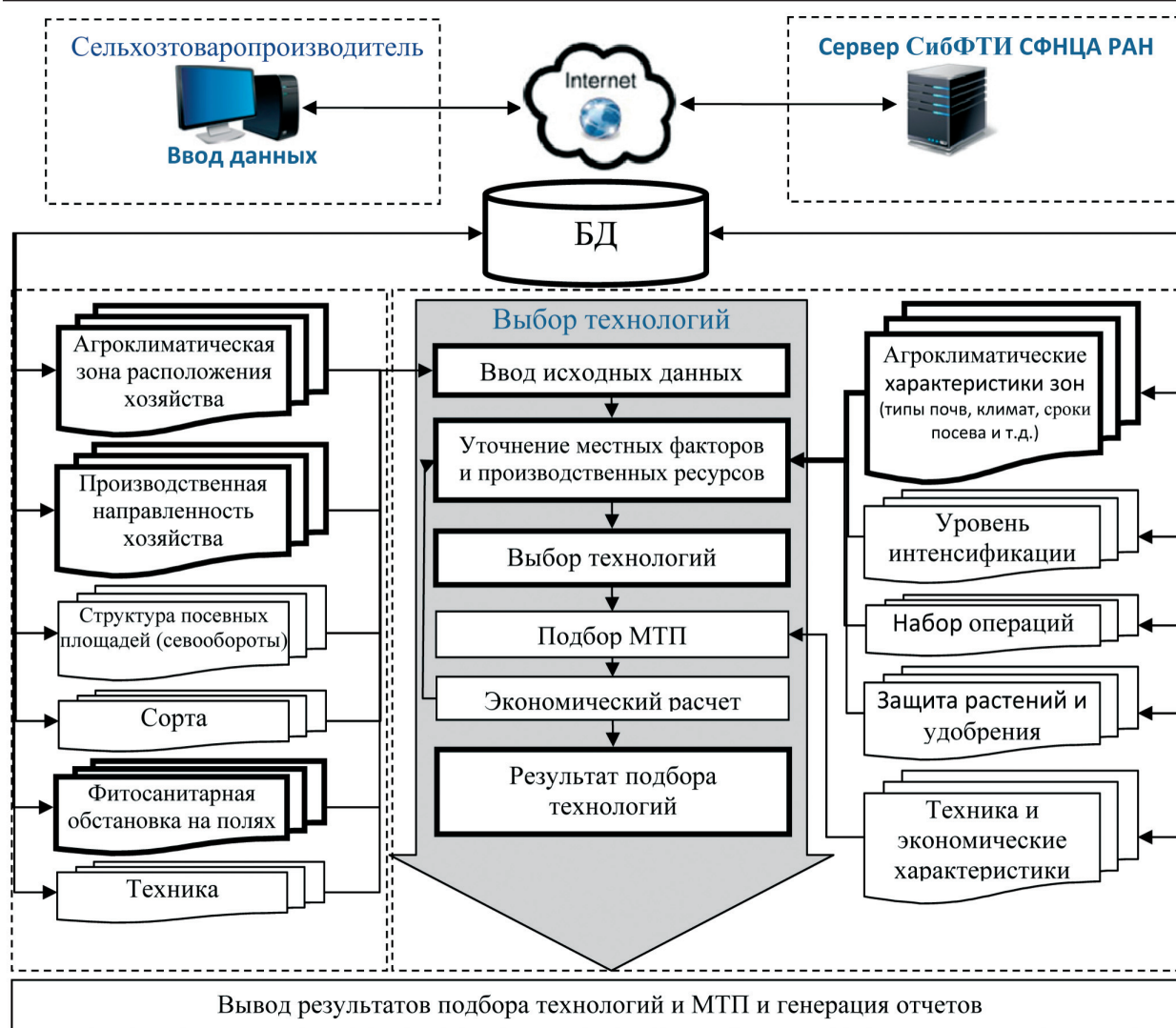
- база данных (БД) – на стороне сервера;
- ввод данных – на стороне пользователя;
- выбор технологий – на стороне сервера;
- вывод результатов подбора технологий и МТП, генерация отчетов – на стороне сервера и на стороне пользователя.

БД содержит всю необходимую информацию для выбора технологий и технических средств конкретного пользователя (агроклиматическая зона расположения хозяйства, его производственная направленность, структура посевных площадей, высеваемые сорта, фитосанитарная обстановка на полях, технические средства), а также справочную информацию по агроклиматическим характеристикам зон (типы почв, климат, сроки посева и др.), уровню интенсификации, набору технологических операций, защите растений и удобрениям, технике и ее экономическим характеристикам.

Информация о пользователе вводится в блоке «Ввод данных» с учетом имеющейся в БД информации. Эти данные могут корректироваться пользователем.

В блоке выбор технологий осуществляется уточнение условий товаропроизводителя согласно введенной пользователем информации и данными, хранящимися в БД, после чего осуществляется выбор технологий, удовлетворяющих заданным условиям. Для выбранных технологий выполняется подбор состава МТП и экономический расчет технологий, которые осуществляются с помощью программной компоненты «АГРОТЕХ» программного комплекса «ПИКАТ», разработанного в СибФТИ СФНЦА РАН согласно НИР 2011–2017 гг. [16].

⁶Исакова С.П., Лапченко Е.А. Информационные технологии для решения проблем в АПК // Инновационное развитие АПК: социально-экономические проблемы и пути решения: материалы междунар. очно-заочной науч.-практ. конф. (Новосибирск, 24–25 мая 2017 г.). Новосибирск, 2017. С. 117–119.



Новая структурная схема по выбору технологий и технических средств возделывания зерновых культур конкретного хозяйства

New structural diagram for the choice of technologies and technical means of crop cultivation at a certain farm

В блоке «Генерация отчетов» выполняется вывод результатов выбора технологий и подбора состава МТП, их экономических показателей, включая себестоимость продукции и стоимость МТП, месячные и годовые затраты на оплату труда механизаторов, удобрения, химические препараты и др.

В результате разработанная структурная схема по выбору технологий и технических средств в соответствии с поставленной задачей предусматривает выбор технологий и технических средств с учетом фитосанитарной обстановки за предыдущие годы, агроклиматических условий зоны разме-

щения хозяйства, а также местных факторов и производственных ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработана структурная схема по выбору технологий и технических средств, которая в соответствии с поставленной задачей учитывает объем работ и сроки их проведения, фитосанитарную обстановку за предыдущие годы, агроклиматические условия зоны размещения хозяйства, а также условия товаропроизводителя и производственные ресурсы.

На основе структурной схемы будет разработан программный комплекс, который в производстве будет способствовать опти-

мизации и реализации агротехнологических решений с учетом природно-климатических, фитосанитарных и производственных условий сельхозпредприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ткаченко В.В.* Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123 (09). С. 1–19.
2. *Курбанов Р.Ф., Савиных П.А., Нечаев В.Н., Нечаева М.Л.* Оценка значимости факторов, влияющих на выбор ресурсосберегающих технологий в растениеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 145–151.
3. *Diagne A., Glover S., Groom B., Phillips J.* Africa's Green Revolution? The determinants of the adoption of NERICA's in West Africa // SOAS Department of Economics Working Paper Series. SOAS, University of London. 2012. N 174.
4. *Bizimana J.C., Richardson J.W.* Agricultural technology assessment for smallholder farms: An analysis using a farm simulation model (FARMSIM) // Computers and electronics in agriculture 2019. N 156. P. 406–425. DOI: 10.1016/j.compag.2018.11.038
5. *Гостев А.В.* Автоматизированные программы выбора технологии возделывания зерновых культур в ЦЧР // Земледелие. 2013. № 1. С. 8–11.
6. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия: монография. М.: Колос, 1996. 336 с.
7. *Гостев А.В., Пыхтин А.И.* Современные подходы к автоматизации рационального выбора адаптивных агротехнологий // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 71–74.
8. *Краснощевков Н.В., Кирюшин В.И.* Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства: монография. М.: Росинформагротех, 1999. 515 с.
9. *Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н.* Эффективность технологии и воспроизводство плодородия черноземов лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2005. № 5. С. 16–18.
10. *Barnes A., De Soto I., Eory V., Beck B., Balafoitis A., Sánchez B., Vangeyte J., Fountas S., van der Wal T., Gímez-Barbero M.* Influencing factors and incentives on the intention to adopt

precision agricultural technologies within arable farming systems // Environmental Science. 2019. N 93. P. 66–74.

11. *Альт В.В.* Перспективы автоматизации в агропромышленном комплексе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1999. № 3–4. С. 59–65.
12. *Janssen S.J.C., Porter Ch.H., Moore A.D., Athanasiadis I.N., Foster I., Jones J.W., Antle J.M.* Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology // Agricultural Systems. 2016. P. 1–13. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.09.017.
13. *Макконнелл С.* Совершенный код. Мастер-класс / пер. с англ. М.: Русская редакция, 2010. 896 с.
14. *Лапченко Е.А., Исакова С.П., Боброва Т.Н., Колпакова Л.А.* Применение WEB-приложений для выбора технологий в растениеводстве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 84–90.
15. *Лапченко Е.А., Исакова С.П., Боброва Т.Н., Колпакова Л.А.* Интернет-технологии в сельском хозяйстве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 3. С. 76–81.
16. *Боброва Т.Н., Колпакова Л.А., Лапченко Е.А., Исакова С.П.* Применение информационных технологий при планировании производства зерна // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 1. С. 41–52.

REFERENCES

1. Tkachenko V.V. Metodika mnogokriterial'noi kompleksnoi otsenki i vybora tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. [Methods of multi-criteria complex assessment and choice of crop cultivation technology] *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2016, no 123 (09), pp. 1–19. (In Russian).
2. Kurbanov R.F., Savinykh P.A., Nechaev V.N., Nechaeva M.L. Otsenka znachimosti faktorov, vliyayushchikh na vybor resursosberegayushchikh tekhnologii v rastenievodstve. [Assessment of the significance of factors influencing the choice of resource-saving technologies in plant growing] *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2016, no 2 (136), pp. 145–151. (In Russian).
3. Diagne A., Glover S., Groom B., Phillips J. Africa's Green Revolution? The determinants

- of the adoption of NERICAs in West Africa *SOAS Department of Economics Working Paper Series*. SOAS, University of London, 2012, no 174.
4. Bizimana J.C., Richardson J.W. Agricultural technology assessment for smallholder farms: An analysis using a farm simulation model (FARMSIM). *Computers and electronics in agriculture*, 2019, no 156, pp. 406–425. DOI: 10.1016/j.compag.2018.11.038
 5. Gostev A.V. Avtomatizirovannye programmy vybora tekhnologii vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur v TsChR. [Automated software for choice of grain crop cultivation technologies of Central Chernozem region] *Zemledelie* [Magazine "Zemledelie"], 2013, no 1, pp. 8–11. (In Russian).
 6. Kiryushin V.I. *Ekologicheskie osnovy zemledeliya* [Ecological basis of farming]. M.: Kolos Publ., 1996, 336 p. (In Russian).
 7. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Sovremennyye podkhody k avtomatizatsii ratsional'nogo vybora adaptivnykh agrotekhnologii [Modern approaches to automation of the rational choice of adaptive agro-technologies] *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no 11, pp. 71–74. (In Russian).
 8. Krasnoshchekov N.V., Kiryushin V.I. *Federal'nyi registr tekhnologii proizvodstva produktsii rastenievodstva* [Federal register of crop production technologies]. M.: Rosinformagrotekh Publ., 1999, 515 p. (In Russian).
 9. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Iodko L.N. Effektivnost' tekhnologii i vosproizvodstvo plodorodiya chernozemov lesostepi Zapadnoi Sibiri [Effectiveness of technologies and chernozem soil fertility recovery of forest-steppe of Western Siberia]. *Zemledelie* [Magazine "Zemledelie"], 2005, no 5, pp. 16–18. (In Russian).
 10. Barnes A., De Soto I., Eory V., Beck B., Balafoitis A., Sánchez B., Vangeyte J., Fountas S., van der Wal T., Gymez-Barbero M. Influencing factors and incentives on the intention to adopt precision agricultural technologies within arable farming systems. *Environmental Science*, 2019, no 93, pp. 66–74.
 11. Al't V.V. Perspektivy avtomatizatsii v agropromyshlennom komplekse [Automation prospects in agro-industrial complex]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 1999, no 3-4, pp. 59–65. (In Russian).
 12. Janssen S.J.C., Porter Ch.H., Moore A.D., Athanasiadis I.N., Foster I., Jones J.W., Antle J.M. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology. *Agricultural Systems*, 2016, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.09.017. (In Russian).
 13. Makkonnell S. *Sovershennyi kod. Master-klass / per. s angl.* [Perfect code. Master class]. M.: Russkaya redaktsiya Publ., 2010, 896 p. (In Russian).
 14. Lapchenko E.A., Isakova S.P., Bobrova T.N., Kolpakova L.A. Primenenie WEB-prilozhenii dlya vybora tekhnologii v rastenievodstve [The use of WEB-applications for the selection of crop growing technologies]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no 3, pp. 84–90. (In Russian).
 15. Lapchenko E.A., Isakova S.P., Bobrova T.N., Kolpakova L.A. Internet-tekhnologii v sel'skom khozyaistve [Internet technologies in agriculture]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, vol. 47, no 3, pp. 76–81. (In Russian).
 16. Bobrova T.N., Kolpakova L.A., Lapchenko E.A., Isakova S.P. Primenenie informatsionnykh tekhnologii pri planirovanii proizvodstva zerna [The use of information technologies for crop production planning]. *Vychislitel'nye tekhnologii* [Computational technologies], 2016, vol. 21, no 1, pp. 41–52. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Альт В.В.**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, руководитель подразделения; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibfti.n@ngs.ru

Исакова С.П., старший научный сотрудник

Лапченко Е.А., старший научный сотрудник

Ёлкин О.В., кандидат технических наук, ведущий сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alt V.V.**, Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Engineering, Director of Research Subdivision; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibfti.n@ngs.ru

Isakova S.P., Senior Researcher

Lapchenko E.A., Senior Researcher,

Elkin O.V., Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Дата поступления статьи 27.02.2019
Received by the editors 27.02.2019

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 технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 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 иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуется 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 (не более 70 знаков)

Фамилия и инициалы автора, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну). Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса. Необходимо официальное англоязычное название учреждения для блока информации на английском языке.

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. 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 общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

Введение (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

Материалы 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.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, транслитерация названия статьи [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], транслитерация названия русскоязычного источника [перевод названия источника на английский язык], через запятую город, транслитерация названия издательства [перевод на английском языке], год, количество страниц (для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bis>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Nazvanie stat'i [Title of article].

транслитерация авторов транслитерация статьи название статьи на английском

Zaglavie jurnala [Title of Journal], 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

транслитерация источника название источника на английском языке

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 пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018; Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

REFERENCES

Монография

Klimova E.V. *Polevye kul'tury Zabaikal'ya* [Field crops of Zabaikalya]. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimal'naya obrabotka kulisnogo para pod yarovuyu pshenitsu pri intensifikatsii zemledeliya v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. [Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia] *Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy* [Resource-saving tillage systems]. Moscow, Agropromizdat [Agro-industrial press], 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Tekhnologicheskie kachestva zerna myagkoi yarovo pshenitsy v zavisimosti ot sistemy obrabotki pochvy [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 текст.¹

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.

БЛАГОДАРНОСТИ

В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

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. Отзыванная 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>*