

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

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

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 51, № 2 (279)

DOI: 10.26898



2021

март – апрель

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

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

Редакционная коллегия:

В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Москва, Россия
В.Н. Десягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент, д-р ветеринар. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
В.К. Каличкин	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полудина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солощенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмцов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия
И.Н. Шарков	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	д-р ветеринар. наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	д-р ветеринар. наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Астана, Казахстан
В.С. Николов	д-р ветеринар. 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, п.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463.
Тел./факс (383)348-37-62 e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

Вышел в свет 25.05.2021. Формат 60 × 84^{1/8}. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,00.

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

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2021

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2021

Журнал для ученых и практиков сельскохозяйственного производства.

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» 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 технология кормов, ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология, технологии и средства механизации сельского хозяйства, в том числе обзоры, оригинальные исследования, краткие сообщения, а также хронику, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

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 платформе Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru





СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION*

Храмцов И.Ф., Бойко В.С. Питательный режим орошаемых лугово-черноземных почв при длительном интенсивном использовании

5 Khramtsov I.F., Boyko V.S. Nutrient regime of irrigated meadow-chernozem soils under long-term intensive use

Пилипенко Н.Г., Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Ресурсосберегающие приемы возделывания кормовых культур в Забайкальском крае

13 Pilipenko N.G., Andreeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Resource-saving methods of fodder crop cultivation in the Trans-Baikal Territory

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Моторин А.С., Денисов А.А. Семеноводство многолетних трав на Крайнем Севере

22 Motorin A.S., Denisov A.A. Seed production of perennial grasses in the Far North

Ермошкина Н.Н., Артёмова Г.В., Стёпochкин П.И., Сурначев А.С., Мусинов К.К. Влияние условий осенней вегетации на перезимовку озимой ржи и пшеницы при разных сроках посева

30 Ermoshkina N.N., Artyomova G.V., Stepochkin P.I., Surnachev A.S., Musinov K.K. Effect of autumn vegetation conditions on overwintering of winter rye and wheat with different sowing dates

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Безмутко С.В., Черепанова Т.А.** Фунгицидные протравители Дэлит Про и Редиго Про против грибных фитопатогенов сои **40** **Bezmutko S.V., Cherepanova T.A.** Fungicidal protectants Delete Pro and Redigo Pro against fungal phytopathogens of soybeans
- Костюк А.В., Лукачёва Н.Г., Ляшенко Е.В.** Экологическая оценка применения гербицида Люмакс **49** **Kostyuk A.V., Lukasheva N.G., Lyashenko E.V.** Environmental assessment of the use of the herbicide Lumax

*ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ*

*ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE*

- Дементьева Е.С., Магер С.Н.** Показатели общего гомеостаза у коров в разные периоды лактаций **56** **Dementieva E.S., Mager S.N.** Indicators of total homeostasis in cows in different periods of lactations
- Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А.** Использование фракционированной белково-витаминной муки из пшеничных отрубей в рационах перепелов **65** **Merzlyakova O.G., Rogachev V.A.** The use of fractionated protein-vitamin flour from wheat bran in the diets of quails
- Яковлева Н.С., Ноздрин Г.А., Стойковски В., Яковлева М.С., Барсукова Е.Н., Новик Я.В.** Влияние микробиальных препаратов Ветом 1 и Ветом 20.76 на интенсивность роста гусей **73** **Yakovleva N.S., Nozdrin G.A., Stoikovski V., Yakovleva M.S., Barsukova E.N., Novik Ya.V.** Effect of microbial preparations Vetom 1 and Vetom 20.76 on growth intensity of geese
- Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Фисинин В.И., Кислова И.В., Овчинникова Н.В.** Кальций как ингибитор активности трипсина в панкреатическом соке кур **80** **Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Fisinin V.I., Kislova I.V., Ovchinnikova N.V.** Calcium as an inhibitor of trypsin activity in pancreatic juice of chicken

СОДЕРЖАНИЕ

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

*MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE*

Алейников А.Ф., Торопов В.И. Приложение для смартфона по обнаружению грибных болезней листьев растений

87 Aleynikov A.F., Toropov V.I. App for smartphone for detecting fungus diseases of plant leaves

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

PROBLEMS. SOLUTIONS

Нечаев А.И. Структура информационно-управляющей системы возделывания зерновых культур

96 Nechaev A.I. Structure of the information management system of cereal crops cultivation

ИЗ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ

FROM DISSERTATIONS

Алтухов В.Г. Оценка степени поражения растений болезнями методами компьютерного зрения

107 Altukhov V.G. Plant disease severity estimation by computer vision methods

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

К 75-летию Виктора Валентиновича Альта

113 To the 75th anniversary of Viktor Valentinovich Alt



ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИНТЕНСИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Храмцов И.Ф., (✉) Бойко В.С.

Омский аграрный научный центр

Омск, Россия

(✉) e-mail: boicko.vasily2011@yandex.ru

Изучены закономерности фосфорного и калийного режима почв при совершенствовании агротехнологий орошаемого земледелия. Длительные исследования проходили в экспериментальном зернотравяном севообороте на орошаемой лугово-черноземной почве. Опытный участок расположен в южной лесостепи Омской области. Интенсивное использование орошаемой пашни при рациональном сочетании режимов влажности и минерального питания способствует получению максимальных урожаев кормовых и зерновых культур. Создание различных условий минерального питания за счет фонов с повышенной и высокой обеспеченностью подвижным фосфором с наложением на них разных вариантов агротехнологий позволило смоделировать возможные агроэкологические условия, формирующие контрастные показатели продуктивности культур. Сравнительная оценка эффективности различных агроприемов по выращиванию культур на орошаемом фоне свидетельствует, что приемы обработки почвы и предшественники не оказывали существенного влияния на содержание доступного фосфора в почве. Равновесное содержание подвижного фосфора при многолетнем отрицательном балансе изменилось незначительно. Систематическое внесение фосфорсодержащих удобрений заметно повысило фосфатный статус почвы. Однако адекватная оценка фосфатного состояния пахотных почв возможна при использовании нескольких диагностических индексов (методов). Длительное интенсивное использование орошаемой пашни снизило запасы легкообменного калия от 4 до 1–2 мг/100 г почвы в пахотном слое. Содержание обменного калия также снизилось почти в 2 раза, но почва остается в высоком и очень высоком классе обеспеченности им. Однако ряд показателей свидетельствует о нарастающем истощении ее наиболее подвижными фракциями почвенного калия. Более устойчивы запасы необменного калия, которые снизились за 40 лет примерно на 19%, и почва перешла в разряд с неустойчивой обеспеченностью.

Ключевые слова: чернозем, орошение, минеральное питание, фосфор, калий, удобрения

NUTRIENT REGIME OF IRRIGATED MEADOW-CHERNOZEM SOILS UNDER LONG-TERM INTENSIVE USE

Khramtsov I.F., (✉) Boyko V.S.

Omsk Agrarian Scientific Center

Omsk, Russia

(✉) e-mail: boicko.vasily2011@yandex.ru

The patterns of phosphorus and potassium status of soils were studied given the improvement of agricultural technologies of irrigated agriculture. Long-term studies were carried out in an experimental grain-grass crop rotation on irrigated meadow-chnozem soil. The experimental plot is located in the southern forest-steppe of Omsk region. Intensive use of irrigated arable land with a

rational combination of moisture and mineral nutrition regimes contributes to obtaining maximum yields of forage and grain crops. The creation of various conditions for mineral nutrition due to an increased and high supply of mobile phosphorus and with the application of different options of agricultural technologies made it possible to simulate possible agro-ecological conditions that form contrasting indices of crop productivity. A comparative assessment of the effectiveness of various agricultural approaches to growing crops under irrigation conditions indicates that soil cultivation techniques and forecrops did not significantly affect the content of available phosphorus in the soil. The equilibrium content of mobile phosphorus given a long-term negative balance changed insignificantly. The systematic application of phosphorus-containing fertilizers significantly increased the phosphate status of the soil. However, an adequate assessment of the phosphate status of arable soils is possible using several diagnostic indices (methods). Long-term intensive use of irrigated arable land has reduced the reserves of easily exchangeable potassium from 4 to 1–2 mg/100 g of soil in the arable layer. The content of exchangeable potassium has also decreased by almost 2 times, but the soil remains in a high and very high class of its availability. However, a number of indicators show its increasing depletion in the most mobile fractions of soil potassium. The reserves of non-exchangeable potassium are more stable, which have decreased by about 19% over 40 years, and the soil has passed into the category with an unstable supply.

Keywords: chernozem, irrigation, mineral nutrition, phosphorus, potassium, fertilizers

Для цитирования: Храмцов И.Ф., Бойко В.С. Питательный режим орошаемых лугово-черноземных почв при длительном интенсивном использовании // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-1>

For citation: Khramtsov I.F., Boyko V.S. Nutrient regime of irrigated meadow-chnozem soils under long-term intensive use // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Многолетний научный и практический опыт показывает, что эффективность орошаемого земледелия возрастает при внесении органических и минеральных удобрений, а также микроэлементов. При орошении создаются предпосылки для наиболее эффективного использования удобрений под все культуры и на всех почвах. Основное условие получения максимального эффекта применения удобрений – правильное сочетание поливного режима и удобрений.

Важным признаком плодородия является режим фосфора в почвах. Целенаправленное регулирование его агротехническими и мелиоративными приемами воздействует на запасы природных соединений фосфора в почвах с целью повышения их подвижности и усвояемости¹ [1–5].

Общеизвестно, что оптимальная доза фосфорных удобрений слабо зависит от типа почвы. Припосевное внесение P_{10-15} практически одинаково эффективно как на малоплодородных дерново-подзолистых почвах, так и на черноземах типичных и обыкновенных. Почв, богатых фосфором, в природе практически нет, уровень динамического равновесия фосфатных систем экстенсивно используемых почв находится на границе низких и средних значений обеспеченности фосфором [6, 7].

Калий как питательный элемент менее изучен, чем фосфор, в связи с тем, что в засушливых условиях при невысокой урожайности и высокой обеспеченности им почвы вопрос о применении калийных удобрений не так актуален, как фосфорных. Потреб-

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, 2017. С. 209–212.

ность в калии возрастает в связи с более интенсивным использованием пашни при высокой урожайности и насыщенности севооборотов культурами с высоким выносом его из почвы [8–10].

Цель работы – изучить закономерности питательного режима почв при совершенствовании агротехнологий орошаемого земледелия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы выполнена в стационарных опытах, заложенных в 1977–1978 гг. в двух четырехпольных севооборотах – зернотравяном и кормовом, объединенных с 1996 г. в один восьмипольный зернотравяной севооборот. Опытный участок расположен в южной лесостепи Омской области.

Климат местности типично континентальный. Сумма среднемесячных температур за период $>10^{\circ}\text{C}$ изменяется в пределах зоны орошения в среднем от 1900 до 2200°. Сумма осадков за вегетационный период составляет около 200 мм.

Почва лугово-черноземная среднесиловатая, среднегумусная, тяжелосуглинистая с содержанием гумуса в слое 0–0,4 м 6,0–6,5%, мощность гумусового горизонта «А» – 0,45 м. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная: $\text{pH}_{\text{вод}} - 7,0-7,2$.

Режим влажности почвы (фоновый) поддерживали поливами в узких пределах (ВРК – 0,9–1,0 НВ) в слоях 0,5–1,0 м в зависимости от фазы развития и биологии культур. Норма полива преимущественно 300 м³/га.

Опыты двух- и трехфакторные. На начальном этапе (с 1978 по 1985 г.) они включали четыре фона питания: контроль (без удобрений) и с внесением удобрений в расчете на прибавку урожая (фоны I – III) и 4–5 вариантов обработки почвы под кормовые и зерновые культуры. За счет положительного баланса фосфора созданы фоны с его повышенным и высоким содержанием. На втором этапе (1986–1995 гг.) четыре фона по содер-

жанию подвижного фосфора в почве сочетались с различными нормами высева культур и азотных удобрений (1986–1990 гг.). Далее (1991–1995 гг.) проводили наложение на данные фоны азотных удобрений ($\text{N}_{0, 30, 60, 90}$), микроудобрений (Zn, Mo, Cu). Кроме этого осуществляли запасное внесение навоза 40 т/га (и без него), а также осуществляли компенсацию выноса фосфора в течение 10 лет внесением 60 кг д.в./га на фонах I–III.

С 1996 по 2020 г. принципиальным отличием схем опытов стал отказ от компенсации выноса фосфора и его положительного баланса фоновым внесением P_{60} с дальнейшей их детализацией наложением поперек имеющихся фонов вариантов с внесением фосфора (P_{60}) и без него в сочетании с азотными ($\text{N}_{0, 30, 60, 90}$) удобрениями в зависимости от биологии культур.

Культуры, включенные в различные периоды лет в севооборот: люцерна, козлятник восточный, кострец безостый в одновидовых и смешанных посевах, донник двулетний белый и желтый, однолетние бобово-мятликовые смеси на зеленый корм основного и промежуточного посевов, на зерносеянец – весеннего посева, озимые (рожь, тритикале), суданская трава основного и поукосного посевов, в том числе в смеси с викой, бобами кормовыми, просо поукосного посева, сорго сахарное, капуста, зерновые и зернобобовые.

Размещение делянок систематическое, площадь их 360 м² (18 × 20 м). Повторность трех- и четырехкратная. Полив проводили ДКШ-64 «Волжанка». В полевых опытах применяли соответствующую серийную почвообрабатывающую, посевную и уборочную технику.

Организацию полевых опытов, наблюдений, учетов и лабораторных анализов осуществляли в соответствии с общепринятыми в земледелии и агрохимии методическими пособиями и указаниями. Это руководства для постановки полевых опытов и проведения полевых наблюдений², методики по химическому анализу почв³.

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

³Агрохимические методы исследования почв: монография. М.: Наука, 1975. 656 с.

Анализ содержания подвижного фосфора различными методами и форм калия проведен одновременно в исходных (архивных) образцах и современной почве в 2018 и 2019 гг. соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт ведения интенсивного сельскохозяйственного производства показал, что получение высоких урожаев невозможно без коренного улучшения фосфатного режима почв.

Сравнительная оценка эффективности различных агроприемов по выращиванию культур на орошаемом фоне свидетельствует, что приемы обработки почвы и предшественники не оказывали существенного влияния на содержание доступного фосфора в почве.

Уровень питания фосфором определялся созданием за счет положительного баланса фонов с повышенной, высокой и очень высокой обеспеченностью P_2O_5 и компенсацией выноса внесением фосфорсодержащих удобрений.

Уровень подвижного фосфора в контрольных вариантах опытов на лугово-черноземной почве изменился незначительно, несмотря на длительное отчуждение элемента из почвы. В то же время при систематическом

внесении фосфорных удобрений содержание подвижного фосфора существенно возросло (см. табл. 1).

Можно предположить, что величина этого показателя как диагностического параметра при мониторинге фосфатного состояния почв агроценозов довольно хорошо отражает режим накопления данного элемента и заметно хуже – масштабы его потребления (выноса) культурами. Это свидетельствует о целесообразности комплексного использования нескольких диагностических индексов для адекватной оценки фосфатного состояния пахотных почв.

За весь период исследований, учитывая трансформацию схем опытов при сохранении контрольных и в различной степени удобренных вариантов, внесено различное количество минеральных удобрений, в том числе фосфорсодержащих, в кормовом и зернотравяном севооборотах. Так, в кормовом севообороте с учетом биологии культур за 40 лет в удобренном варианте внесено 2739 кг д.в./га азота и 3288 кг д.в./га фосфора, в зернотравяном – 3138 и 2796 кг д.в./га соответственно. Ежегодная доза фосфора в кормовом севообороте составила примерно 82 кг д.в./га, в зернотравяном – около 70 кг д.в./га. Однако существенный ежегодный вынос фосфора при двух- и трехукосном использовании многолетних трав и двух

Табл. 1. Содержание фосфатов в почве при длительных полевых опытах (1978–2019 гг.)

Table 1. The content of phosphates in the soil of long-term field experiments (1978-2-2019)

Вариант	Слой почвы, м	Содержание фосфора, мг/кг почвы		
		по Чирикову	по Францесону	по Карпинскому
Целина (исходное)	0–0,2	143	9,5	2,2
	0,2–0,4	119	5,3	0,4
<i>Кормовой севооборот</i>				
Без удобрений	0–0,2	137	9,5	2,1
	0,2–0,4	114	6,1	0,7
NP	0–0,2	193	22,1	4,1
	0,2–0,4	129	8,6	1,6
<i>Зернотравяной севооборот</i>				
Без удобрений	0–0,2	132	10,1	2,9
	0,2–0,4	127	6,5	1,4
NP	0–0,2	271	26,6	8,3
	0,2–0,4	225	13,9	5,5
HCP ₀₅		20	2,8	1,6

урожаях однолетних кормовых культур снижали содержание подвижных форм фосфора в сравнении с зернотравяным севооборотом.

По мнению А.Е. Кочергина⁴, наиболее чувствительную оценку фосфатного состояния западносибирских почв обеспечивает метод Францесона. Очевидны стабильное содержание легкообменного фосфора в верхнем слое контрольных вариантов лугово-черноземной почвы в сравнении с исходным содержанием и явная тенденция соответствующего его увеличения в нижележащих почвенных слоях (см. табл. 1). Причиной такого явления может быть как относительно низкая подвижность соединений фосфора в этой почве, так и их определенная биогенная аккумуляция в верхних почвенных горизонтах при многолетнем выращивании трав, сопровождавшемся, возможно, некоторым повышением степени мобильности имевшихся почвенных фракций фосфатов. При систематическом применении фосфорных удобрений уровень легкоподвижного фосфора в лугово-черноземной почве достоверно возрастал, свидетельствуя о высокой обеспеченности культур доступными формами этого минерального элемента.

Высокая буферность лугово-черноземной почвы и ее повышенное естественное плодородие способствовали сохранению определенного уровня ионов фосфора в почвенном растворе даже при длительном сельскохозяйственном использовании. Однако значительное снижение продуктивности культур в экстенсивных агроценозах свидетельствует, что почвенные возможности в целом не безграничны.

Калий – также важный элемент минерального питания растений. Он занимает лидирующую позицию среди других элементов-биофилов по выносу с урожаем многих сельскохозяйственных культур, особенно кормовых. Однако оптимизации калийного состояния почв агроценозов уделяется меньшее внимание в сравнении с азотом и фосфором. Использование калийных удобрений

в современном земледелии Сибири находится на минимальном уровне. В обоснование такого подхода обычно приводят тот факт, что основные пахотные почвы содержат довольно высокие запасы валового калия и его подвижных форм. Однако часто не учитывается, что длительное интенсивное сельскохозяйственное использование почвы может отразиться на почвенных запасах калия, повлияв на урожайность и качество растениеводческой продукции [11].

Оптимизация азотно-фосфорного питания растений в опытах на лугово-черноземной почве способствовала значительному росту урожайности кормовых и зерновых культур относительно неудобренных вариантов. При этом отмечен значительный дополнительный вынос калия с урожаем. Высокие исходные запасы доступного растениям калия не лимитировали калийное питание культур, обеспечивая повышенный вынос элемента, отчуждаемого растениями, и возможность длительного отрицательного баланса калия в агроценозах.

Калийный фонд почвы подразделяют на четыре взаимосвязанных компонента (формы), основываясь на прочности связи тех или иных групп катионов калия с твердой фазой почвы: калий легкообменный (почвенного раствора), обменный, необменный, калий минерального скелета (структурный). Первые три формы определяют эффективное плодородие почвы в отношении калия, что обуславливает необходимость их количественной и качественной оценки при мониторинге почвенного калийного состояния почвы [11, 12].

Легкообменный калий ввиду его малых абсолютных величин редко применяется для характеристики калийного состояния пахотных почв, хотя имеющиеся данные свидетельствуют о достаточно тесной связи этого показателя с урожайностью и его хороших диагностических возможностях [12, 13]. Уровень легкообменного калия дает представление о степени истощенности почвы,

⁴Кочергин А.Е. Фосфатный фонд почв и его доступность растениям // Почвы Западной Сибири и повышение их плодородия. Омск: ОмСХИ. 1984. С. 12–19.

ее способности десорбировать ионы данного элемента в почвенный раствор.

Содержание легкообменного калия в почве – довольно универсальный индекс обеспеченности культур почвенным калием. При сходных условиях калийного питания растений на разных почвах уровень легкообменного калия в них примерно одинаков независимо от абсолютных значений содержания в этих почвах других калийных форм. Градации обеспеченности калием основных пахотных почв Западной Сибири по содержанию в них его легкообменной формы опубликованы ранее [12].

Содержание легкообменного калия в исходной почве было очень высоким – 4,0 мг/100 г в слое 0–0,2 м и 2,7 мг/100 г в слое 0,2–0,4 м (см. табл. 2).

Длительное сельскохозяйственное использование почвы в контрольном варианте вызвало существенное снижение запасов этой формы калия как в пахотном, так и особенно в подпахотном слоях. Систематическое применение минеральных удобрений в варианте NP способствовало повышению продуктивности культур и соответственно дальнейшему снижению содержания легкообменного калия в почве. Повышенный калийный фонд лугово-черноземной почвы и высокая буферность его калийной системы позволяли в течение многих лет поддержи-

вать интенсивность процессов десорбции калия в почвенный раствор на достаточно высоком уровне. Однако за 40 лет проведения опытов обеспеченность исследуемой почвы легкообменным калием снизилась с очень высокой (4 мг/100 г почвы) до неустойчивой (1–2 мг) в пахотном слое всех вариантов и низкой (<1 мг/100 г) в подпахотном слое. Данное обстоятельство свидетельствует о нарастающей потребности выращиваемых культур в дополнительном калийном питании.

В пахотном и подпахотном слоях содержание обменного калия уменьшилось за 40 лет практически в 2 раза от исходного (от 52–60 до 20–32 мг/100 г), оставаясь, тем не менее, в высоком и очень высоком классе обеспеченности по стандартным градациям (см. табл. 2). Однако вектор изменения калийного состояния данной почвы очевиден, что позволяет прогнозировать ее переход в будущем в класс обеспеченности с проблемным калийным питанием культур. Варианты «без удобрений» и NP не отличались между собой по масштабам снижения содержания обменного калия. В то же время можно отметить тенденцию интенсификации этого процесса в зернотравяном севообороте в сравнении с кормовым.

В пахотном слое почвы за 40 лет проведения опыта содержание необменного калия

Табл. 2. Калийное состояние лугово-черноземной почвы в длительном полевом опыте (1978–2018 гг.)

Table 2. Potassium state of meadow-chernozem soil in the long-term field experiment (1978–2018)

Вариант	Слой почвы, м	Содержание форм калия, мг/100 г почвы		
		Легкообменный	Обменный	Необменный
Целина (исходное)	0–0,2	4,0	60,0	215
	0,2–0,4	2,7	51,9	193
<i>Кормовой севооборот</i>				
Без удобрений	0–0,2	1,8	32,5	179
	0,2–0,4	0,8	24,2	168
NP	0–0,2	1,2	32,1	174
	0,2–0,4	0,6	25,4	170
<i>Зернотравяной севооборот</i>				
Без удобрений	0–0,2	1,6	30,3	170
	0,2–0,4	0,7	20,1	165
NP	0–0,2	1,1	30,7	169
	0,2–0,4	0,6	20,4	168
НСР ₀₅		0,3	4,4	15

снизилось на 36–46 мг/100 г почвы, что составило примерно 19% от исходных запасов. В зернотравяном севообороте запасы калия в пахотном и подпахотном слоях почвы использовались более интенсивно, чем в кормовом (см. табл. 2). По предложенным грациям [13] исследуемая тяжелосуглинистая почва исходно относилась к оптимально обеспеченным необменной формой калия (180–250 мг/100 г). За время проведения опытов она перешла в разряд с неустойчивой обеспеченностью (< 180 мг).

ВЫВОДЫ

1. Содержание подвижного фосфора в контрольных вариантах при длительном отчуждении из почвы изменяется незначительно. Компенсация выноса фосфора из интенсивно используемых лугово-черноземных почв и его положительный баланс надежно поддерживают созданный оптимальный уровень его содержания, не снижая ни урожайности культур, ни почвенного плодородия, что равноценно полному использованию фосфатов.

2. Длительное сельскохозяйственное использование почвы в контрольных вариантах существенно снизило запасы легкообменного калия. Содержание обменного калия уменьшилось за 40 лет почти вдвое, оставаясь в высоком классе обеспеченности. Высоко обеспеченная доступным калием лугово-черноземная почва и через 40 лет использования формально относится к этой категории. Однако ряд дополнительных показателей свидетельствует о нарастающем истощении ее наиболее подвижными фракциями почвенного калия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. Динамика подвижных форм фосфора и калия в почвах длительных опытов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 3. С. 30–33.
2. Давлятин И.Д., Лукманов А.А., Маметов М.И. Источники фосфора и оценка их вклада в подвижный фонд этого элемента в пахотных почвах в лесостепной зоне // До-

стижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 4. С. 21–24.

3. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: Издательство РАН, 2019. 328 с.
4. Цвей Я.П., Иванова В.В., Петрова Е.Т., Дубовый Ю.П. Влияние севооборота и системы удобрения на фосфатный режим чернозема выщелоченного // Земледелие. 2014. № 2. С. 17–20.
5. Шафран С.А., Кирпичников Н.А. Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. 2019. № 4. С. 3–10.
6. Христенко А.А. Уровень динамического равновесия фосфатных систем пахотных почв // Агрохимия. 2004. № 5. С. 78–84.
7. Данилова А.А. Оптимальные дозы фосфорных удобрений (к почвенно-биохимическим аспектам проблемы) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 5–15.
8. Середа Н.А., Лукьянов С.А., Богданов Ф.М., Халимуллин К.З. Изменение фонда обменного калия в черноземах Южного Урала при их длительном сельскохозяйственном использовании // Агрохимия. 2000. № 1. С. 13–22.
9. Якименко В.Н. Изменение содержания форм калия по профилю почвы при различном калийном балансе в агроценозах // Агрохимия. 2007. № 3. С. 5–11.
10. Лазарев В.И., Лазарева Р.И., Ильин Б.С., Боева Н.Н. Калийный режим чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании в различных агроэкосистемах // Агрохимия. 2020. № 2. С. 14–19.
11. Носко Б.С. Изменение калийного фонда черноземов при распахке многолетней залежи // Почвоведение. 1999. № 12. С. 1474–1480.
12. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 231 с.
13. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения: монография. М.: Ледум, 2000. 185 с.

REFERENCES

1. Afanasyev R.A., Merzlaya G.E. Dynamics of mobile forms of phosphorus and potassium in soils of long-term experiments. *Doklady Rossi-*

- iskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk = Russian Agricultural Sciences, 2013, no. 3, pp. 30–33. (In Russian).
2. Davlyatshin I.D., Lukmanov A.A., Mame-tov M.I. Sources of phosphorus and their contribution to its reserves in arable soils in the forest-steppe zone. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, vol. 32, no. 4, pp. 21–24. (In Russian).
 3. Sychev V.G. *The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation*. Moscow, SO RAN Publ., 2019, 328 p. (In Russian).
 4. Tsvey Ya.P., Ivanina V.V., Petrova E.T., Dubovy Yu.P. Influence of crop rotation and systems of fertilizers on the phosphoric regime of leached black soil. *Zemledelie*, 2014, no. 2, pp. 17–20. (In Russian).
 5. Shafran S.A., Kirpichnikov N.A. Scientific bases for predicting the content of mobile forms of phosphorus and potassium in soils. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 4, pp. 3–10. (In Russian).
 6. Khristenko A.A. The level of dynamic equilibrium of phosphate systems of arable soils. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2004, no. 5, pp. 78–84. (In Russian).
 7. Danilova A.A. Optimal doses of phosphorus 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. (In Russian).
 8. Sereda N.A., Lukyanov S.A., Bogdanov F.M., Halimullin K.Z. Changes in the stocks of exchangeable potassium in the chernozems of the Southern Urals during their long-term agricultural use. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2000, no. 1, pp. 13–22. (In Russian).
 9. Yakimenko V.N. Changes in the content of potassium forms depending on the soil profile with different potassium balance in agroecosystems. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2007, no. 3, pp. 5–11. (In Russian).
 10. Lazarev V.I., Lazareva R.I., Ilyin B.S., Boveva N.N. Potash regime in typical chernozem under its long-term agricultural use in different agroecosystems. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 2, pp. 14–19. (In Russian).
 11. Nosko B.S. Changes in the potash fund of chernozems during plowing of a multi-year layland. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 1999, no. 12, pp. 1474–1480. (In Russian).
 12. Yakimenko V.N. *Potassium in the agroecosystems of Western Siberia*. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2003, 231 p. (In Russian).
 13. Prokoshev V.V., Deryugin I.P. *Potassium and potash fertilizers*. Moscow, Ledum Publ., 2000, 185 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Храмцов И.Ф., академик РАН, главный научный сотрудник

✉ **Бойко В.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе; **адрес для переписки:** Россия, 644012, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: boicko.vasily2011@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Ivan F. Khramtsov, RAS Academician, Head Researcher

✉ **Vasily S. Boyko**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Director of Research, **address:** 26, Korolev Ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: boicko.vasily2011@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.01.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.03.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ КРАЕ

Пилипенко Н.Г., (✉) Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук

Забайкальский край, г. Чита, Россия

(✉) e-mail: frau.Olgaa2015@yandex.ru

Представлены результаты исследований по сравнительной оценке различных приемов обработки почвы в полевом севообороте с разным уровнем минерального питания ($N_{30}P_{30}$ и $N_{60}P_{30}$ кг д.в./га). Эксперимент проведен на малогумусном малокарбонатном черноземе лесостепной зоны Восточного Забайкалья в 2012–2014 гг. Для посева использованы районированный сорт яровой пшеницы Бурятская-79, сорт овса Метис. Изучены малозатратные приемы обработки почвы, предусматривающие сохранение и повышение плодородия почвы, повышение продуктивности зернофуражных и кормовых культур, снижение материальных и энергетических затрат. Замена основной обработки плугом ПН-4-35 с кольчатым катком в третьем и четвертом полях севооборота поверхностной обработкой культиватором Степняк-7,4 и прямым посевом по стерне сеялкой ППМ Обь-4-ЗТ при внесении минеральных удобрений в норме $N_{60}P_{30}$ кг д.в./га оказывала положительное влияние на состояние почвы. Достигнуты следующие показатели плодородия почвы: коэффициент структурности 1,28–1,38, содержание органического вещества 3,15–3,33%, содержание продуктивной влаги в слое 0–50 см 29,2–31,8 мм, выделение углекислоты 1,810–1,969 кг за 1 ч, содержание P_2O_5 в слое 0–20 см 71–96 мг/кг почвы, K_2O – 57–82 мг/кг почвы. Обеспечена прибавка урожайности зерна овса 0,16–0,21 т/га, зеленой массы однолетних трав – 3,4–4,0 т/га, сбор кормовых единиц – 0,32–0,34 т/га, снижение затрат горюче-смазочных материалов на 31,2–36,4%, повышение рентабельности на 25,0–40,3%.

Ключевые слова: севооборот, отвальная вспашка, поверхностная обработка, прямой посев, плодородие почвы, минеральные удобрения, продуктивность, экономическая эффективность

RESOURCE-SAVING METHODS OF FODDER CROP CULTIVATION IN THE TRANS-BAIKAL TERRITORY

Pilipenko N.G., (✉) Andreeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.

Scientific Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

(✉) e-mail: frau.Olgaa2015@yandex.ru

The results of the study on the comparative assessment of different tillage methods in the field crop rotation with different levels of mineral nutrition ($N_{30}P_{30}$ and $N_{60}P_{30}$ kg of active ingredient/ha) are presented. The experiment was carried out on low-humus low-carbonate chernozem of the forest-steppe zone of Eastern Trans-Baikal Territory in 2012–2014. The zoned variety of Buryatskaya-79 spring wheat, and Metis oat variety were used for sowing. Low-cost methods of soil tillage were studied, providing for the preservation and improvement of soil fertility, an increase in the productivity of grain and fodder crops, and a decrease in material and energy costs. Replacement of the basic tillage with a PN-4-35 plow with a ring roller in the third and fourth crop rotation fields by surface tillage with a Stepnyak-7.4 cultivator and direct sowing on the stubble with a PPM Ob-4-ZT seeder when applying mineral fertilizers at a rate of $N_{60}P_{30}$ kg of active ingredient/ha had a positive effect on the condition of the soil. The following indicators of soil fertility were achieved: structural coefficient 1.28–1.38, organic matter content 3.15–3.33%, productive moisture content in the 0–50 cm layer 29.2–31.8 mm, the release of carbon dioxide 1.810–1.969 kg per 1 hour, the

content of P_2O_5 in the 0–20 cm layer 71–96 mg/kg of soil, the content of K_2O – 57–82 mg/kg of soil. An increase in the yield of oat grain of 0.16–0.21 t/ha, the green mass of annual grasses of 3.4–4.0 t/ha, the collection of feed units of 0.32–0.34 t/ha, a reduction in the cost of fuel and lubricants by 31.2–36.4%, and an increase in profitability by 25.0–40.3% were achieved.

Keywords: crop rotation, moldboard plowing, surface tillage, direct sowing, soil fertility, mineral fertilizers, productivity, economic efficiency

Для цитирования: Пилипенко Н.Г., Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Ресурсосберегающие приемы возделывания кормовых культур в Забайкальском крае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 13–21. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-2>

For citation: Pilipenko N.G., Andreeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Resource-saving methods of fodder crop cultivation in the Trans-Baikal Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 13–21. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Различная интенсивность использования земель в сочетании со сложными природно-хозяйственными факторами в условиях Забайкальского края (нарушение технологии возделывания сельскохозяйственных культур, несоблюдение или отсутствие научно обоснованных севооборотов, некачественная подготовка паров и обработка почвы) постепенно приводит к деградации почвенного и растительного покрова [1–3].

Одна из важнейших задач земледелия – обеспечение устойчивого развития производства зерновых, зернофуражных и кормовых культур на основе оптимизации структуры посевных площадей с применением биологизированной и ресурсосберегающей системы земледелия.

Обработка почвы в системе земледелия – энергоемкий процесс. В условиях Забайкалья преобладающим приемом механической обработки остается вспашка, однако ее высокая энергоемкость является сдерживающим технологическим фактором в ресурсосберегающей земледелии. В настоящее время ассортимент почвообрабатывающей техники пополняется за счет производства высокопроизводительных многооперационных орудий, что дает воз-

можность перехода от традиционной обработки к минимальной.

Обычно для выполнения предпосевной обработки почвы необходимо 4–6 проходов по полю почвообрабатывающей и посевной техникой. Использование таких новых агрегатов, как рыхлитель навесной РН-4, культиватор Степняк-7,4, почвообрабатывающая и посевная машина Обь-4-ЗТ, позволяет свести количество проходов к минимуму [3, 4].

В последние годы накоплено достаточно экспериментального материала по разработке научно обоснованных биологизированных севооборотов и ресурсосберегающих систем обработки почвы, которые позволяют сохранить плодородие почвы, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции, снизить затраты при их возделывании [1, 5–7].

Цель исследований – оценить в сравнении энергосберегающие приемы обработки почвы при разном уровне минерального питания в полевом севообороте на зернофуражных и кормовых культурах, определить влияние технологий на основные показатели плодородия малогумусных малокарбонатных черноземов, продуктивность культур и их экономическую эффективность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые агротехнические опыты проведены в стационарном четырехпольном полевом севообороте пар – пшеница – овес – однолетние травы (овес) на полях, расположенных в юго-западной части Ингодинско-Читинской лесостепи.

Климат зоны резко континентальный с малоснежной холодной зимой, жарким летом и недостатком атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Среднегодовое количество осадков 330–380 мм, основное их количество (85–90%) выпадает в теплый период, максимальное – в июле – августе, минимальное – в мае – июне. В целом режим характеризуется изменчивостью увлажнения. Годы с хорошей влагообеспеченностью сменяются удовлетворительными, а чаще засушливыми. Сумма температур выше 10 °С за летние месяцы составляет 1500–1800° при высокой среднемесячной температуре июля – 19,1 °С. Гидротермические коэффициенты (ГТК) вегетационных периодов в годы исследований равнялись 2,7; 2,1; 0,6. Согласно ГТК, 2012 и 2013 гг. характеризуются как достаточно увлажненные, 2014 г. – острозасушливый.

Почва опытного участка – чернозем малогумусный малокарбонатный маломощный легкий суглинок. Содержание гумуса в пахотном слое 2,78%. Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и обменного калия средняя. Комковатость почвы ниже порога устойчивости к ветровой эрозии.

Повторность опыта трехкратная. Посевная площадь делянки 1000 м². Размещение вариантов в первом повторении последовательное, во втором и в третьем – рендомизированное. Поля в севообороте располагались как в пространстве, так и во времени.

Для обработки почвы применяли навесной плуг ПН-4-35 с прикатыванием ЗКШ-6А, рыхлитель навесной РН-4, культиваторы КПЭ-3,8 и Степняк-7,4, сеялку для прямого посева ППМ Обь-4-ЗТ. Схема опыта представлена в табл. 1.

Агротехника возделывания полевых культур в севообороте проведена согласно схеме опыта. Минеральные удобрения внесены одновременно с посевом из расчета $N_{30}P_{30}$ кг д.в./га в виде аммиачной селитры и суперфосфата под каждую культуру севооборота и N_{30} кг д.в./га под предпосевную культивацию в посевах овса и однолетних трав на вариантах без основной обработки почвы. В борьбе с головневыми грибами и корневыми гнилями семена перед посевом обработали фунгицидом «Бункер» с нормой 0,5 л/т семян. Для посева использовали районированный сорт яровой пшеницы Бурятская-79, сорт овса Метис. Сроки посева: яровой пшеницы I декада мая, овса III декада мая, однолетних трав III декада июня. Для посева применяли сеялку ППМ Обь-4-ЗТ. Способ посева полосовой с глубиной заделки семян 6–8 см. Уход за посевами сельскохозяйственных культур осуществляли в соответствии с рекомендациями [1]. В фазу кущения против сорняков посевам пшеницы и овса обработали баковой смесью гербицидов Диален супер (0,2 л) + Магнум (0,007 кг) на 1 га. Уборку и учет урожая зерновых культур провели прямым комбайнированием комбайном Енисей (урожайность привели к 14%-й влажности и 100%-й чистоте), однолетних трав на зеленую массу – косилкой КС-2,1.

Наблюдения и учеты выполнены по общепринятым в земледелии и растениеводстве методикам^{1–6}.

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 287 с.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1979. 250 с

³Воробьев С.А. Практикум по земледелию. М., 1971. Агрофизические методы исследования почв. М., 1965. 257с.

⁴Агрофизические методы исследования почв. М. 1965. 257 с.

⁵Межреспубликанские технические условия методов проведения агрохимических анализов почв для зональных агрохимических лабораторий. М., 1968. 71 с.

⁶Вадюнина А.Р. Определение газообмена по содержанию CO₂ в приземном слое воздуха. Методы исследования физических свойств почв. М., 1986. С. 268–271.

Табл. 1. Схема опыта в севообороте

Table 1. Scheme of the experiment in crop rotation

Пар	Поля севооборота			Однолетние травы (овес на зеленую массу)
	Пшеница	Овес	Вид обработки	
Основная обработка ПН-4-35 (20–22 см), в период парования 2–3 культивации КПЭ-3,8 с БЗСС-1 на 8–10, 10–12 см	Предпосевная культивация, КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Основная обработка ПН-4-35 (20–22 см), предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Основная обработка ПН-4-35 (20–22 см), предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Основная обработка ПН-4-35 (20–22 см), предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А
Обработка РН-4 (25–27 см), в период парования 2–3 культивации КПЭ-3,8 с БЗСС-1 на 8–10, 10–12 см	Предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Обработка РН-4 (25–27 см), предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Обработка РН-4 (25–27 см), предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Обработка РН-4 (25–27 см), предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А
Обработка РН-4 (25–27 см), в период парования 2–3 культивации КПЭ-3,8 с БЗСС-1 на 8–10, 10–12 см	Предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Культивация Степняк-7,4 на 16–18 см, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$)	Культивация Степняк-7,4 на 16–18 см, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$)	Культивация Степняк-7,4 на 16–18 см, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$)
Обработка РН-4 (25–27 см), в период парования 2–3 культивации КПЭ-3,8 с БЗСС-1 на 8–10, 10–12 см	Предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Культивация Степняк-7,4 на 16–18 см, посев (удобрения $N_{60}P_{30}$)	Культивация Степняк-7,4 на 16–18 см, посев (удобрения $N_{60}P_{30}$)	Культивация Степняк-7,4 на 16–18 см, посев (удобрения $N_{60}P_{30}$)
Обработка РН-4 (25–27 см), в период парования 2–3 культивации КПЭ-3,8 с БЗСС-1 на 8–10, 10–12 см	Предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Посев по необработанной стерне (удобрения $N_{30}P_{30}$)	Посев по необработанной стерне (удобрения $N_{30}P_{30}$)	Посев по необработанной стерне (удобрения $N_{30}P_{30}$)
Обработка РН-4 (25–27 см), в период парования 2–3 культивации КПЭ-3,8 с БЗСС-1 на 8–10, 10–12 см	Предпосевная культивация КПЭ-3,8 на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$), прикатывание ЗККШ-6А	Посев по необработанной стерне (удобрения $N_{60}P_{30}$)	Посев по необработанной стерне (удобрения $N_{60}P_{30}$)	Посев по необработанной стерне (удобрения $N_{60}P_{30}$)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что замена традиционной отвальной вспашки в третьем и четвертом полях севооборота ресурсосберегающими системами обработки (культивация, прямой посев) не ухудшала структурно-агрегатное состояние пахотного горизонта 0–30 см. На фоне малозатратной обработки почвы коэффициент структурности составил 1,28–1,37, на контроле с отвальной вспашкой – 1,0–1,1. В сравниваемых вариантах более высокие показатели объемной массы в пахотном слое почвы в летний период (1,30 и 1,34 г/см³) получены без основной обработки, более низкие (1,26 и 1,29 г/см³) – в вариантах с отвальной вспашкой. По запасам продуктивной влаги в полуметровом слое почвы перед уборкой традиционная технология возделывания сельскохозяйственных культур уступала энергосберегающим в посевах овса на 2,6–3,1 мм, однолетних трав на 6,1–7,7 мм (см. табл. 2).

Накопление растительных остатков в верхнем слое при глубоком плоскорезном рыхлении, минимальных поверхностных обработках и прямом посеве по стерне обусловило интенсивное размножение бактерий, усиливающих процессы минерализации органического вещества в почве. В этих вариантах с повышенным уровнем минерального питания ($N_{60}P_{30}$) за вегетационный период получены самые высокие показатели выделения углекислоты – 1,810–1,969 кг/га за 1 ч. При отвальной обработке почвы, вследствие малого поступления органического вещества и низкого содержания влаги, выделение CO_2 отмечено минимальным – 1,154 кг/га за 1 ч. Низким показателям выделения углекислоты соответствовало более рыхлое сложение пахотного слоя почвы – 1,26 г/см³ (на вариантах с поверхностными обработками – 1,29–1,30 г/см³). Обеспеченность растений усвояемыми формами фосфора и калия была выше в посевах без основной обработки почвы. Превышение к контролю по содержанию подвижных форм фосфора и обменного калия в посевах овса составило 21–46 и 24–40 мг/кг почвы, в посевах однолетних трав соответствен-

Табл. 2. Влияние предпосевной обработки почвы на ее агрофизические и агрохимические свойства в посевах овса и однолетних трав
Table 2. Effect of pre-sowing tillage on soil agrophysical and agrochemical properties in oat and annual grass crops

Вид обработки	Культура севооборота	Показатель почвы				
		Коэффициент структурности (0–30 см)	Объемная масса (0–20 см), г/см ³	Запасы продуктивной влаги перед уборкой (0–50 см), мм	Выделение CO_2 (0–30 см), кг/га за 1 ч	Запасы $P_2O_5 - K_2O$ перед уборкой (0–20 см), мг/кг почвы
Основная обработка ПН-4-35 с колычатым катком ЗККШ-6А на 20–22 см, предпосевная культивация на 16–18 см, прикатывание ЗККШ-6А, посев на 6–8 см, прикатывание ЗККШ-6А (контроль)	Овес	1,1	1,26	28,7	1,154	50–42
	Однолетние травы	1,0	1,29	23,1	1,714	68–50
	Овес	1,37	1,29	31,3	1,969	71–66
Предпосевная культивация на 16–18 см, посев на 6–8 см	Однолетние травы	1,28	1,32	29,2	1,610	71–72
	Овес	1,31	1,30	31,8	1,810	96–82
Посев по необработанной стерне на 6–8 см	Однолетние травы	1,28	1,34	30,8		87–57
	Овес					

но – 3–19 и 7–22 мг/кг почвы. Содержание органического вещества в варианте с глубокой отвальной вспашкой составило 2,78%, в вариантах с малозатратными системами обработки почвы – 3,15–3,33% [8–10].

Возделывание зернофуражных культур без основной обработки почвы с внесением минеральных удобрений в норме $N_{30}P_{30}$ кг д.в./га обеспечивало равноценную урожайность зерна с вариантом, где применяли традиционную технологию 1,49–1,60 т/га (на контроле – 1,59 т/га). Достоверная прибавка урожая к контрольному варианту (0,16–0,21 т/га) получена при поверхностных способах обработки почвы с повышенным уровнем минерального питания $N_{60}P_{30}$ кг д.в./га (см. табл. 3).

Урожайность зерна овса в зависимости от обработки почвы формировалась в основном за счет густоты стояния растений и продуктивного стеблестоя. На вариантах с традиционной технологией густота стояния растений перед уборкой составила 293 шт./м², количество продуктивного стеблестоя 370 шт./м², на вариантах с поверхностными обработками соответственно 307–327 и 383–454 шт./м².

Такая же зависимость от приемов обработки почвы и уровня минерального питания сложилась в посевах однолетних трав.

Варианты с традиционной технологией и применением малозатратных ресурсосберегающих приемов с уровнем минерального питания $N_{30}P_{30}$ обеспечили практически равную урожайность зеленой массы однолетних трав 13,2–13,5 т/га (на контроле – 13,1 т/га), сбора сухого вещества – 3,80–4,02 т/га (на контроле – 3,95 т/га). Превышение к контролю по зеленой массе 3,4–4,0 и сбору сухого вещества 1,0–1,18 т/га получено на вариантах с поверхностными обработками почвы и прямом посеве с повышенным уровнем минерального питания ($N_{60}P_{30}$).

Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур обеспечивали экономию материальных и трудовых затрат. Это достигалось благодаря применению малозатратных обработок почвы и совмещению агротехнических операций при помощи использования многооперационных почвообрабатывающих и посевных машин. Экономическая оценка посевов овса и однолетних трав выявила более высокую эффективность ресурсо-

Табл. 3. Урожайность и элементы структуры урожая овса в зависимости от приемов обработки почвы при разных уровнях минерального питания

Table 3. Yield and structure elements of the oat output depending on the methods of tillage with different levels of mineral nutrition

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Количество растений, шт./м ²		Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Длина метелки, см	Количество зерен в одной метелке, шт.	Масса зерна с одной метелки, г	Масса 1000 семян, г
		по всходам	перед уборкой					
Вспашка, предпосевная культивация, прикатывание ЗККШ-6А, посев, удобрения $N_{30}P_{30}$, прикатывание ЗККШ-6А (контроль)	1,59	309	293	370	13,6	48	1,53	32,2
Предпосевная культивация, посев, удобрения $N_{30}P_{30}$	1,60	317	314	386	13,3	45	1,34	32,7
Предпосевная культивация, посев, удобрения $N_{60}P_{30}$	1,80	313	307	445	14,1	46	1,42	32,3
Посев по необработанной стерне, удобрения $N_{30}P_{30}$	1,49	326	319	383	13,4	45	1,33	32,8
Посев по необработанной стерне, удобрения $N_{60}P_{30}$	1,79	327	327	454	14,2	46	1,42	32,6
НСР _{0,5}	0,15	7	15		$F_{\phi} < F_{0,5}$	$F_{\phi} < F_{0,5}$	$F_{\phi} < F_{0,5}$	

сберегающей системы обработки почвы в сравнении с традиционной, основанной на постоянной вспашке. В зависимости от уровня минерального питания прямые затраты снизились на 5,6–15,5%, стоимость горючего – на 31,2–36,4%, рентабельность производства возросла на 25,0–40,3% (см. табл. 4).

Ресурсосберегающие приемы обработки почвы в полевом севообороте на малогумусном малокарбонатном черноземе обеспечили наибольшую продуктивность культур и окупаемость энергетических затрат с одного гектара севооборотной площади по сравнению с традиционной технологией (см. табл. 5).

Табл. 4. Экономическая эффективность ресурсосберегающих приемов обработки почвы с разными уровнями минерального питания при возделывании овса и однолетних трав в севообороте

Table 4. Economic efficiency of resource-saving methods of tillage with different levels of mineral nutrition in the cultivation of oats and annual grasses in the crop rotation

Показатель	Традиционная технология с уровнем минерального питания $N_{30}P_{30}$ р.	Ресурсосберегающая технология без основной обработки почвы с уровнем минерального питания			
		$N_{30}P_{30}$		$N_{60}P_{30}$	
		р.	% к традиционной технологии	р.	% к традиционной технологии
Стоимость продукции	7500	7400	—	9000	—
Прямые затраты – всего	5048	4265	84,5	4765	94,4
В том числе:					
заработная плата с начислениями	800	587	73,4	637	79,6
ГСМ	1156	736	63,6	796	68,8
семена, удобрения, ядохимикаты	1896	1996	105,3	2350	123,9
амортизация	530	430	81,1	450	84,9
текущий ремонт	666	516	77,5	532	79,8
рентабельность	48,5	73,5	25,0	88,8	40,3

Табл. 5. Продуктивность и энергетическая эффективность ресурсосберегающих приемов обработки почвы при разных уровнях минерального питания в полевом севообороте

Table 5. Productivity and energy efficiency of resource-saving tillage techniques with different levels of mineral nutrition in the field crop rotation

Технологическая схема	Выход кормовых единиц с 1 га севооборотной площади, т	Затраты энергии, МДж, га	Коэффициент энергетической эффективности
Вспашка, культивация, прикатывание, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$, гербициды), прикатывание	1,84	11273	4,5
Культивация, посев (удобрения $N_{30}P_{30}$, гербициды)	1,89	10557	4,9
Культивация, посев (удобрения $N_{60}P_{30}$, гербициды)	2,16	11859	5,5
Прямой посев по стерне (удобрения $N_{30}P_{30}$, гербициды)	1,89	10295	5,1
Прямой посев по стерне (удобрения $N_{60}P_{30}$, гербициды)	2,18	11597	5,7

Малозатратные обработки почвы по сравнению с отвальной вспашкой при одинаковом уровне минерального питания ($N_{30}P_{30}$) повысили сбор кормовых единиц на 0,05–0,05 т, с повышенным уровнем минерального питания ($N_{60}P_{30}$) – на 0,32–0,34 т. Данные системы обеспечили наибольшую окупаемость энергетических затрат, где коэффициент энергетической эффективности соответственно уровням возрос на 0,4–0,6 и 1,0–1,2 ед. Полученные данные согласуются с результатами других авторов [11–16].

ВЫВОДЫ

1. Замена основной обработки почвы предпосевной культивацией и прямым посевом по стерне обеспечила следующие показатели состояния почвы: коэффициент структурности 1,28–1,38 (на контроле с отвальной вспашкой 1,0–1,1), максимальное содержание продуктивной влаги перед уборкой в слое 0–50 см 29,2–31,8 мм (на контроле 23,1–28,7), выделение углекислоты 1,810–1,969 кг за 1 ч (на контроле 1,154 кг за 1 ч), содержание подвижных форм фосфора P_2O_5 71–96 мг/кг почвы, обменного калия K_2O 57–82 мг/кг почвы (на контроле – P_2O_5 50–68 мг/кг почвы, K_2O 42–50 мг/кг почвы), содержание органического вещества 3,15–3,33% (на контроле 2,78%).

2. Энергосберегающие приемы обработки почвы в сочетании с минеральными удобрениями ($N_{60}P_{30}$ кг д.в./га) обеспечили прибавку урожайности зерна овса 0,16–0,21 т/га (на контроле 1,59 т/га), зеленой массы однолетних трав – 3,4–4,0 т/га (на контроле 13,1 т/га), сбор кормовых единиц – 0,32–0,34 т/га (на контроле 1,84 т/га).

3. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы в полевом севообороте обеспечили наибольшую окупаемость энергетических затрат с одного гектара севооборотной площади по сравнению с традиционной технологией. При уровне минерального питания $N_{30}P_{30}$ коэффициент энергетической эффективности возрос на 0,4–0,6 ед., при $N_{60}P_{30}$ – на 1,0–1,2 ед. (на контроле 4,5 ед.).

4. Прямые затраты на возделывание культур снизились на 5,6–15,5%, стоимость

горюче-смазочных материалов – на 31,2–36,4%, рентабельность повысилась на 25,0–40,3%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева О.Т., Цыганова Г.П., Климова Э.В. Зональные системы земледелия Читинской области: монография. Чита: областное книжное издательство, 1988. 423 с.
2. Копылов А.Н. Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения в Забайкальском крае // Агрохимический вестник. 2017. № 2. С. 51–55.
3. Днепровская В.Н., Батудаев А.П., Пилипенко Н.Г. Оптимизация структуры посевных площадей в лесостепной зоне Забайкальского края // Вестник бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2011. № 4. С. 16–18.
4. Пилипенко Н.Г., Андреева О.Т., Шашкова Г.Г., Харченко Н.Ю. Приемы совершенствования системы земледелия в современных экономических условиях лесостепной зоны Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 3. С. 12–21.
5. Шашкова Г.Г., Андреева О.Т., Цыганова Г.П. Агротехнологии производства и качество кормов в Забайкальском крае: монография. Чита: Читинская городская типография, 2015. 390 с.
6. Черкасов Г.Н., Пыхтин Е.Г. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы // Земледелие, 2006. № 6. С. 20–22.
7. Орлова Л.В. Быть или не быть ресурсосберегающим технологиям в России // Земледелие. 2007. № 2. С. 18–19.
8. Румянцев А.В., Орлова Л.В. Влияние ресурсосберегающих технологий на плодородие почвы // Земледелие. 2005. № 2. С. 22–23.
9. Куликова А.Х., Карпов А.В., Семенова Н.В. Системы основной обработки и гумусное состояние почвы // Земледелие. 2003. № 5. С. 27.
10. Максюттов Н.А., Кремер Г.А., Жданов В.М. Зональные особенности основной обработки в Оренбургской области // Земледелие. 2001. № 1. С. 17–18.
11. Пилипенко Н.Г., Днепровская В.Н. Эффективность ресурсосберегающих технологий предпосевной обработки почвы в полевом севообороте // Земледелие. 2012. № 4. С. 29–30.

12. Буянкин Н.И. Ключевые показатели минимализации обработки // Земледелие. 2004. № 4. С. 14–15.
13. Шашкова Г.Г. Обработка почвы в Забайкалье. монография. Чита: Поиск. 2002. 288 с.
14. Чуданов И.А., Лигастаева Л.Ф. Минимализация обработки черноземов // Земледелие. 2000. № 4. С. 15–16.
15. Саленков С.Н. Современные энергосберегающие технологии // Земледелие. 2001. № 5. С. 8–9.
16. Йалли М. Опыт Финляндии. Исследования в области сберегающей обработки почвы // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. № 2. С. 17–20.

REFERENCES

1. Andreeva O.T., Tsyganova G.P., Klimova E.V. *Zonal farming systems of the Chita region*. Chita, Regional Book Publishing House, 1988. 423 p. (In Russian).
2. Kopylov A.N. Monitoring of agricultural lands in Transbaikal Territory. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2017. № 2. pp. 51–55. (In Russian).
3. Dneprovskaya V.N., Batudaev A.P., Piliipenko N.G. Optimization of croplands structure in the forest steppe zone of Zabaikalsky Krai. *Vestnik buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filipova = Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture*, 2011, no. 4, pp. 16–18. (In Russian).
4. Pilipenko N.G., Andreeva O.T., Shashkova G.G., Kharchenko N.Yu. Methods for improving farming system of the forest-steppe zone of Transbaikal Territory under present-day economic conditions. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 3, pp. 12–21. (In Russian).
5. Shashkova G.G., Andreeva O.T., Tsyganova G.P. *Agricultural production technologies*

- and feed quality in the Trans-Baikal Territory*. Chita, Chita City Printing House, 2015, 390 p. (In Russian).
6. Cherkasov G.N., Pykhtin E.G. Combined systems of basic tillage are the most effective and justified. *Zemledelie*, 2006, no. 6, pp. 20–22. (In Russian).
7. Orlova L.V. Are resource-saving technologies to exist in Russia? *Zemledelie*, 2007, no. 2, pp. 18–19. (In Russian).
8. Rumyantsev A.V., Orlova L.V. Impact of resource-saving technologies on soil fertility. *Zemledelie*, 2005, no. 2, pp. 22–23. (In Russian).
9. Kulikova A.Kh., Karpov A.V., Semenova N.V. Basic tillage systems and humus condition of soil. *Zemledelie*, 2003, no. 5, pp. 27. (In Russian).
10. Maksyutov N.A., Kremer G.A., Zhdanov V.M. Zonal features of basic tillage in Orenburg region. *Zemledelie*, 2001, no. 1, pp. 17–18. (In Russian).
11. Pilipenko N.G., Dneprovskaya V.N. The effectiveness of resource-saving technologies for pre-sowing soil tillage in field crop rotation, *Zemledelie*, 2012, no. 4, pp. 29–30. (In Russian).
12. Buyankin N.I. Key indicators of tillage minimization. *Zemledelie*, 2004, no. 4, pp. 14–15. (In Russian).
13. Shashkova G.G. *Soil tillage in Transbaikalia*. Chita, Poisk, 2002. 288 p. (In Russian).
14. Chudanov I.A., Ligastaeva L.F. Minimizing the tillage of chernozems. *Zemledelie*, 2000, no. 4, pp. 15–16. (In Russian).
15. Salenkov S.N. Modern energy saving technologies, *Zemledelie*, 2001, no. 5, pp. 8–9. (In Russian).
16. Ialli M. Experience of Finland. Research into conservation tillage. *Resursosberegayushchee zemledelie = Resource-saving Agriculture*. 2009, no. 2, pp. 17–20. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пилипенко Н.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

✉ **Андреева О.Т.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита-10, ул. Кирова, 49, а/я 470; e-mail: frau.Olgaa2015@yandex.ru

Сидорова Л.П., старший научный сотрудник

Харченко Н.Ю., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Natalya G. Pilipenko, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

✉ **Olga T. Andreeva**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** P.O. Box 470, 49 Kirov St., Chita-10, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: frau.Olgaa2015@yandex.ru

Lyudmila P. Sidorova, Senior Researcher

Nadezhda Yu. Kharchenko, Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.02.2021

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.03.2021

Дата публикации / Published 25.05.2021



СЕМЕНОВОДСТВО МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

✉ Моторин А.С., Денисов А.А.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Тюмень, Россия

✉ e-mail: motorin.as@gausz.ru

Представлены результаты исследований по улучшению нарушенных земель путем залужения их многолетними травами. Изучены способы производства семян многолетних злаковых трав, генотип которых позволяет в течение короткого теплого периода пройти все фазы развития и возобновить свой рост на следующий год. Исследования проведены в лесотундровой зоне Ямало-Ненецкого автономного округа на старопахотной (30-летнее освоение) поверхностно-подзолистой элювиально-глеевой почве в 2016–2018 гг. Установлено, что посев многолетних трав на семена ширококрядным способом эффективнее обычных рядовых посевов. Урожайность семян овсяницы красной в среднем за 2 года при ширококрядном способе посева составила 3,6 ц/га, что на 0,8 ц/га, или 28,6%, выше, чем при рядовом. Установлено, что уменьшение нормы высева семян вдвое обеспечивает повышение их урожайности по сравнению с ранее рекомендованными нормами. Урожайность семян овсяницы красной с уменьшенной нормой высева при ширококрядном способе посева в среднем за 2 года составила 3,9 ц/га, мятлика альпийского – 6,0 ц/га, что на 0,2–0,6 ц/га соответственно больше, чем в варианте с полными нормами семян. Перспективным получился посев злаковых трав в середине сентября (под зиму). Урожайность семян луговика берингского при подзимнем посеве отмечена более высокой (на 83%), чем при весеннем сроке, овсяницы красной – практически одинаковой на обоих изучаемых вариантах. Максимальную урожайность семян формируют местные виды многолетних трав.

Ключевые слова: многолетние травы, семена, способ, норма, срок посева

SEED PRODUCTION OF PERENNIAL GRASSES IN THE FAR NORTH

✉ Motorin A.S., Denisov A.A.

State Agrarian University of the Northern Trans-Urals

Tyumen, Russia

✉ e-mail: motorin.as@gausz.ru

The results of research on improving disturbed lands by sowing them with perennial grasses are presented. The methods of seed production of perennial cereal grasses, the genotype of which allows to go through all development phases during a short warm period and resume their growth the next year, were studied. The study was carried out in the forest-tundra zone of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug on an oldarable (30-year development) surface-podzolic eluvial-gleyic soil in 2016-2018. It was established that sowing perennial grasses for seeds using a wide-row method is more effective than conventional row planting. On average in 2 years, the yield of seeds of red fescue grass was 0.36 t/ha, which is 0.08 t/ha or 28.6%, higher with a wide-row sowing method than with the conventional row planting. It was established that a decrease in the seeding rate by half ensures an increase in the yield of seeds compared to the previously recommended rates. The yield of seeds of red fescue grass with a reduced seeding rate and a wide-row sowing method on average

in 2 years was 0.39 t/ha, alpine bluegrass – 0.6 t/ha, which was 0.02–0.06 t/ha higher than with full seeding rates, respectively. Sowing of cereal grasses in the middle of September (before winter) proved to be promising. The seed yield of Bering meadow grass sown in early-winter was noted to be higher (by 83%) than in the spring period; the yield of red fescue grass was practically the same in both studied variants. The maximum seed yield is formed by local species of perennial grasses.

Keywords: perennial grasses, seeds, method, rate, sowing period

Для цитирования: Моторин А.С., Денисов А.А. Семеноводство многолетних трав на Крайнем Севере // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 22–29. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-3>

For citation: Motorin A.S., Denisov A.A. Seed production of perennial grasses in the Far North. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 22–29. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors state that there are no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Активное промышленное освоение нефтегазовых месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа, строительство автомобильных и железных дорог увеличивает количество техногенно нарушенных земель, подлежащих рекультивации [1, 2]. Заращение нарушенных участков тундры, где полностью уничтожен почвенно-растительный покров, протекает очень медленно. К концу второго десятилетия только 20–50% площади покрывается растительностью [3]. В целях снижения и предотвращения последствий техногенных нарушений, закрепления песчаных поверхностей от ветровой и водной эрозии, создания ландшафтов вокруг промышленных объектов и населенных пунктов совершенно очевидным становится проведение биологической рекультивации [4–6]. По данным исследователей, основной способ улучшения нарушенных земель – залужение многолетними травами (мятлик луговой, лисохвост луговой, овсяница красная, бекмания обыкновенная, пырейник сибирский и другие злаки) [7–9]. Наиболее эффективно залужение тундровых земель при использовании местных видов трав, более приспособленных к природным условиям, чем интродукционные [10, 11]. Активное восстановление нарушенных земель сдер-

живается отсутствием достаточного количества семян трав [12]. В настоящее время актуально производство семян многолетних трав местных видов на основе эффективной технологии возделывания. Наименьшей репродуктивной активностью в суровых условиях Севера отличается овсяница красная, у которой в стадию генерации вступает не более 17% особей. Тимофеевка луговая и мятлик луговой занимают промежуточное положение. У всех видов трав самая низкая активность образования генеративных органов проявляется при посеве в субстрат из чистого торфа, что связано с кислой реакцией среды, влияющей на рост и развитие растений [13]. Максимальное количество генеративных побегов у тимофеевки луговой на единицу площади в конце вегетации наблюдается при широкорядном посеве. Коэффициент семенной продуктивности также отмечен выше при широкорядном посеве по сравнению со сплошным посевом, 0,63 и 0,66 соответственно¹. В условиях Енисейского Севера колошение костреца безостого фиксировали только в благоприятные годы, пырейника сибирского и овсяницы луговой – ежегодно, низовых злаков – со второго года жизни. Фазу цветения в течение 3 лет пользования прошли пырейник сибирский, на второй и третий год пользования – мятлик луговой и на третий год пользования – овся-

¹Петрова А.Н. Многолетние злаковые травы флоры Якутии для рекультивации нарушенных земель в криолитозоне // Освоение Севера и проблемы рекультивации: докл. III Междунар. конф. 27–31 мая 1996 г., Санкт-Петербург. Сыктывкар, 1997. С. 366–372.

ница красная. Образование семян отмечено у низовых злаков на третий год пользования травостоями [14]. Генеративные органы у костреца безостого в тундре Заполярного Ямала формировались только на третий год жизни травостоя. Их цветение наступало 8–10 августа, даже в наиболее благоприятный год по теплообеспеченности. В субарктическом климате Заполярного Ямала семена костреца безостого не вызревали [15]. Осенний срок посева является более эффективным, так как семена начинают прорастать в самом начале вегетационного периода следующего года. Это позволяет растениям пройти весь фенологический цикл за короткое субарктическое лето первого сезона. К третьему вегетационному периоду различия между участками с различными сроками посева (осенний и весенний) становятся не существенными². Эффективные способы, нормы и сроки посева семян многолетних трав местных видов изучены в настоящее время недостаточно.

Цель исследований – изучить влияние способов, норм и сроков посева на урожайность семян многолетних трав в условиях лесотундры Ямало-Ненецкого автономного округа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыты по возделыванию многолетних трав на семена заложены на опытном поле Ямальской сельскохозяйственной опытной станции на старопахотной (30-летнее освоение) поверхностно-подзолистой элювиально-глееватой почве. Почва имеет легкий гранулометрический состав. Сумма фракций менее 0,01 мм в гумусово-аккумулятивном горизонте ($A_{\text{пах}}$) составляет 19%, в гумусово-элювиальном горизонте (A_1A_2) – 13%, в переходном горизонте (A_2B) – 20%, в переходном горизонте в материнскую породу (BC) – 5%. Плотность сложения в верхнем слое (0–21 см) составляет 1,38, твердой фазы – 2,60 г/см³, наименьшая влагоемкость – 25,8%. Старопахотная почва имеет

слабо кислую реакцию среды в пахотном слое ($pH_{\text{сол}} 5,75$). Вниз по профилю кислотность резко возрастает ($A_1A_2 - 4,1$). Для нее характерна высокая гидролитическая кислотность (5,37 мг-экв./100 г почвы), но она в 1,3 раза ниже, чем на целинном участке. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,08%, что на 30% выше исходного значения. С увеличением глубины почвы содержание гумуса сокращается (до 0,35%). Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и калия возрастает в процессе окультуривания, показатель в горизонте А – 15,0–26,3 мг/100 г почвы.

В 2017, 2018 гг. количество осадков в течение вегетационного периода выпало меньше нормы на 16,8–31,3%, в 2016 г. – на 6,8%. Температура воздуха в среднем за 3 года исследований превышала среднее многолетнюю величину на 1,2 °С. Суточная амплитуда температуры воздуха достигала 18,1–25,5 °С.

Опыт по изучению влияния способов посева на семенную продуктивность многолетних трав заложен 20 июня 2015 г. в трехкратной повторности. Размер делянок в опыте 75 м². Все способы посева изучались на одном виде многолетних трав (овсянице красной). Норма высева овсяницы красной при всех способах посева составила 36 кг/га. Обработка тундровой почвы перед посевом многолетних трав состояла из безотвальной вспашки на глубину 15–18 см, дискования тяжелой дисковой бороной БДТ-2,2 в один след, фрезерования ФБН-1,5 и боронования зубowymi боровами. Перед последним боронованием внесли минеральные удобрения: суперфосфат, мочевины и хлористый калий в дозах $N_{45}P_{45}K_{45}$. Многолетние травы сеяли вручную, по маркеру.

Влияние различных норм высева на семенную продуктивность многолетних трав изучали в опыте, заложенном 21 июня в трехкратной повторности с размером делянок 75 м². Многолетние травы высевались беспокровным широкорядным (через 60 см)

²Попов А.И. Экспериментальные работы по биологической рекультивации в тундровой зоне Ненецкого автономного округа // Актуальные проблемы с.-х. наук в России и за рубежом: сб. научн. тр. 2015. С. 9–11.

способом. В данной схеме опыта нормы высева взяты из рекомендации Сибирского НИИ кормов для лесотундровых зон. С учетом хозяйственной годности нормы высева мятлика альпийского составили соответственно 36 и 18 кг/га; овсяницы красной – 32 и 16 кг/га. Технология обработки почвы и посев аналогичны опыту по изучению способов посева.

Изучение влияния различных сроков посева на семенную продуктивность многолетних трав проводили в опыте, заложенном 23 июня (летний срок) и 17 сентября (подзимний срок). Травы высевали вручную, ширококормным способом (60 см), по маркеру в четырехкратной повторности. Норма высева семян луговика берингского составляла 12 кг, овсяницы красной – 16 кг/га. Технология обработки почвы и доза минеральных удобрений аналогичны предыдущим опытам. Ежегодный уход за посевами состоял из весенней подкормки и двукратной междурядной обработки. Во всех опытах учет урожая семян многолетних трав проводили сплошным методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованиями установлено, что в год посева многолетние травы развивались очень медленно. Травостой на рядовом способе сева отличался крайней засоренностью. На каждом квадратном метре число сорняков достигало 250 шт. Лучше в этом отношении выглядели посевы с междурядьями 30 см, а особенно – 60 см. Отрастание овсяницы красной в 2016 г. началось 7 июня. В последующем году фазы развития растений наступали раньше обычного.

Полное созревание семян овсяницы красной отмечено 14 августа. Высота трав на всех способах сева к этому времени составляла 107–108 см, количество продуктивных стеблей – 470–485 шт./м². Засоренность травостоя на всех вариантах опыта отмечена незначительной – 4–8 шт./м². Наименьшая засоренность трав была на ширококормных посевах.

Урожайность семян в опыте соответствовала общему развитию растений. В кли-

матических условиях 2017 г. урожайность семян овсяницы красной зарегистрирована выше, чем в 2016 г. При посеве рядовым способом в 2017 г. урожайность семян составила 3,1 ц/га, что на 0,6 ц/га превысила урожайность 2016 г. (см. табл. 1). Однако самую высокую урожайность семян наблюдали при посеве трав ширококормным способом с междурядьями 60 см.

В среднем за 2 года урожайность семян овсяницы красной при ширококормном способе сева (60 см) зарегистрирована на 28,6% выше по сравнению с рядовым посевом. В относительно благоприятный вегетационный период 2017 г. не отмечено существенных различий по урожайности семян овсяницы красной на вариантах опыта с междурядьями 30 и 60 см. Снижение урожайности семян овсяницы красной при рядовом способе посева по сравнению с ширококормным обусловлено большими засоренностью и загущенностью, вызывающими полегание и потери урожая при уборке.

Особенности развития растений, приведенные ранее, характерны и для трав при изучении влияния норм высева на урожайность семян. Травостой был достаточно хорошо развит, особенно мятлик альпийский. Продуктивных побегов мятлика на пониженных нормах высева семян (18 кг/га) наблюдали значительно больше (832 шт./м²), чем на обычных посевах (546 шт./м²). Высота растений составляла 64–68 см. Засоренность травостоя мятлика альпийского на

Табл. 1. Урожайность семян овсяницы красной в зависимости от способов посева

Table 1. The yield of seeds of red fescue grass depending on the methods of sowing

Вариант посева	Урожайность, ц/га		В среднем за 2 года	Прибавка урожайности, ц/га
	2016 г.	2017 г.		
Рядовой, 15 см	2,5	3,1	2,8	–
Ширококормный, 30 см	3,0	3,8	3,4	0,6
Ширококормный, 60 см	3,3	4,0	3,6	0,8
НСР _{0,5}	0,2	0,3		

всех вариантах опыта в 2017 г. отмечена не-
существенной (3–5 шт./м²).

Количество продуктивных побегов у
овсяницы красной при рекомендуемой
норме высева (32 кг/га) зарегистрирова-
но 481 шт./м², при пониженной в 2 раза –
433 шт./м². Растения имели большую высо-
ту – 105–110 см, что не совсем характерно
для низового злака. Полученные результаты
исследований дают основание для вывода
о большей интенсивности кущения мятли-
ка альпийского по сравнению с овсяницей
красной.

Активное кущение мятлика альпийского в
2016 г. оказало значительное влияние на уро-
жайность семян (см. табл. 2). За счет сильного
полегания травостоя и позднего срока уборки
в 2017 г. урожайность семян снизилась более
чем в 2 раза. В этот год на вариантах опыта с
нормами высева не отмечено существенных
различий по урожайности мятлика альпий-
ского. В среднем за 2 года получена высокая
урожайность мятлика альпийского. Промыш-
ленное выращивание этой культуры на семе-
на в условиях Крайнего Севера целесообраз-
но. Дополнительно необходимо продолжить
отработку технологии его выращивания, обе-
спечивающей достаточно стабильное полу-
чение качественных семян.

Урожайность семян овсяницы красной
при различных нормах высева регистри-
рована одинаковой в годы исследований.
Но она отмечена ниже, чем урожайность
мятлика альпийского. Овсяница красная по-
казала стабильные урожаи семян по годам.
Устойчивость получения семян в суровых

условиях Крайнего Севера при выращи-
вании овсяницы красной имеет очень большое
практическое значение, так как данный злак
играет одну из ключевых функций в составе
рекультивационной травосмеси. Изучаемые
нормы высева не оказали существенного
влияния на урожайность семян. Для полу-
чения окончательных выводов проводится
производственная проверка. Если результа-
ты полевого опыта подтвердятся, то сниже-
ние нормы высева обеспечит значительную
экономия семян и финансовых средств.

Оценивая состояние развития многолет-
них трав различных сроков сева, следует от-
метить лучшее развитие трав осеннего по-
сева. Травы в этом варианте посева лучше
развиты и выше, чем в варианте с весенним
сроком сева. Продуктивных побегов овся-
ницы красной при осеннем сроке посева
насчитывали до 493 шт./м², при весеннем
сроке – 280 шт./м². Такое же развитие на-
блюдали и на посевах луговика берингского
(223 и 147 шт. продуктивных побегов/м² со-
ответственно).

Определение урожайности семян много-
летних трав, в зависимости от сроков по-
сева, показало следующие результаты. В
среднем за 3 года наиболее высокая урожа-
йность семян овсяницы красной оказалась
при посеве в весенний срок (3,6 ц/га). Про-
дуктивность луговика берингского отмечена
на 0,5 ц/га выше при осеннем сроке посева.
Одна из причин – высокая устойчивость лу-
говика к низким температурам зимой и бо-
лее раннее отрастание в ранневесенний пе-
риод (см. табл. 3).

Табл. 2. Урожайность семян многолетних трав в зависимости от норм высева

Table 2. The yield of seeds of perennial grasses depending on the seeding rates

Культура	Норма высева, кг/га	Урожайность, ц/га		В среднем за 2 года	Прибавка уро- жая, ц/га
		2016 г.	2017 г.		
Овсяница красная	32	3,5	4,0	3,7	–
	16	3,7	4,1	3,9	0,2
НСР ₀₅		0,31	–		
Мятлик альпийский	36	7,3	3,5	5,4	–
	18	8,4	3,7	6,0	0,6
НСР ₀₅		0,76	–		

Табл. 3. Урожайность семян многолетних трав в зависимости от срока посева**Table 3.** The yield of seeds of perennial grasses depending on the sowing period

Культура	Срок посева	Урожайность, ц/га			Урожайность в среднем за 3 года	Прибавка урожая, ц/га
		2016 г.	2017 г.	2018 г.		
Овсяница красная	Весенний	7,2	0,6	3,1	3,6	0,5
	Осенний	4,3	1,6	3,4	3,1	–
НСР ₀₅		0,37	0,42	0,32		
Луговик берингский	Весенний	–	0,6	0,6	0,6	–
	Осенний	–	1,4	0,8	1,1	0,5
НСР ₀₅			0,29	0,21		

О превосходстве весенних посевов выводы не сделаны, поскольку период наблюдения невелик. Возможно в последующие годы средний урожай семян на обоих вариантах сева будет одинаков. Аналогичный вывод относится и к посевам луговика (берингского) с его невысоким урожаем.

При анализе полученных результатов отмечена неустойчивость урожайности семян по годам, обусловленная резкими колебаниями гидротермических режимов по годам и в течение вегетационных периодов, включающих летние заморозки.

ВЫВОДЫ

1. Посев многолетних трав на семена ширококорежным способом эффективнее обычных рядовых посевов. Урожайность семян овсяницы красной в среднем за 2 года при ширококорежном способе посева составила 3,6 ц/га, что на 0,8 ц/га, или 28,6%, выше, чем при рядовом.

2. Уменьшение нормы высева семян вдвое обеспечивает повышение урожайности по сравнению с утвержденными нормами. Урожайность семян овсяницы красной с уменьшенной нормой высева при ширококорежном способе сева в среднем за 2 года составила 3,9 ц/га, мятлика альпийского – 6,0 ц/га, что на 0,2–0,6 ц/га соответственно больше, чем в варианте с полными нормами семян.

3. Перспективным получился посев злаковых трав в середине сентября (т.е. под зиму). Урожайность семян луговика берингского при подзимнем посеве оказалась на 83% выше, чем при весеннем сроке, овся-

ницы красной – практически одинаковой на всех изученных вариантах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моторин А.С., Изюмов А.В. Развитие искусственно созданного на биологическом этапе рекультивации фитоценоза в условиях Крайнего Севера // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 50–56.
2. Денисов А.А., Тихановский А.Н. Агромелиоративные приемы биологической рекультивации песчаных карьеров в условиях Крайнего Севера // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 5. С. 36–39.
3. Андреяшкина Н.И. Состав растительных сообществ естественных и техногенно нарушенных экотопов на водоразделах Ямала: флористическое разнообразие // Экология. 2012. № 1. С. 22–26.
4. Черезова Н.В. Проблемы проведения рекультивации нарушенных земель на примере песчаного карьера Пуровского района, ЯНАО // Аграрный вестник Урала. 2017. № 1. С. 49–54.
5. Арчегова И.Б., Лиханова И.А. Проблема биологической рекультивации и ее решение на Европейском Северо-Востоке на примере Республики Коми // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2012. Вып. 1. С. 29–34.
6. Лиханова И.А., Арчегова И.Б. Развитие теоретических и практических аспектов процесса восстановления нарушенных земель на севере Республики Коми // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 79–85.
7. Тихановский А.Н. Биологическая рекультивация нарушенных земель на Крайнем Севере // Аграрная наука. 2004. № 8. С. 12–13.

8. Исекеев И.И., Тихановский А.Н. Возделывание кормовых культур на Ямале: монография. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 1997. 252 с.
9. Зеленский В.М., Сариев А.Х. Многолетние травы для рекультивации земель в субарктической тундре Таймыра // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 8 (188). С. 40–50.
10. Денисов Г.В. Травосеяние в зоне вечной мерзлоты (эколого-биологические основы). Новосибирск: Наука, 1983. 222 с.
11. Хантимер И.С. Сельскохозяйственное освоение тундры. Л.: Наука, 1974. 227 с.
12. Чижов Б.Е., Кулясова О.А. Рекультивация и ремедиация в лесах Западной Сибири: монография. Пушкино: Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2018. 222 с.
13. Наквасина Е.Н., Земцовская О.Н., Денисова А.И. Использование злаковых трав для биологической рекультивации нарушенных земель Севера // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 4. С. 81–89.
14. Сариев А.Х., Зеленский В.М. Изучение многолетних злаковых трав для биологической рекультивации нарушенных земель на Енисейском Севере // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 11. С. 27–30.
15. Кашееваров Н.И., Тюрюков А.Г., Осипова Г.М. Урожайность костреца безостого в разных природно-климатических зонах Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 11. С. 81–83.
3. Andreyashkina N.I. Composition of plant communities of natural and technogenically disturbed ecotopes on watersheds of the Yamal peninsula: floristic diversity. *Ekologiya = Russian Journal of Ecology*, 2012, no. 1, pp. 22–26. (In Russian).
4. Cherezova N.V. The Problems of land reclamation on the example of the sand pit (in Pur region, Yamalo-Nenets District). *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2017, no. 1, pp. 49–54. (In Russian).
5. Archegova I.B., Likhanova I.A. Biological recultivation problem and its solution in the European North-East, the Komi Republic as an example. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN = Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*, 2012, is. 1, pp. 29–34. (In Russian).
6. Likhanova I.A., Archegova I.B. Development of theoretical and practical aspects of disturbed lands restoration in the north of the Komi Republic. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*, 2014, no. 3, pp. 79–85. (In Russian).
7. Tikhanovskii A.N. Biological recultivation of lands in the Extreme North. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2004, no. 8, pp. 12–13. (In Russian).
8. Isekeev I.I., Tikhanovskii A.N. *Cultivation of forage crops in Yamal*. Novosibirsk, RPO SO RASKhN Publ., 1997. 252 p. (In Russian).
9. Zelenskii V.M., Sariev A.Kh. Perennial grasses for recultivation in subarctic tundra of Taimir. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2008, no. 8 (188), pp. 40–50. (In Russian).
10. Denisov G.V. *Grass planting in the permafrost zone (ecological and biological basis)*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983. 222 p. (In Russian).
11. Khantimer I.S. *Agricultural development of the tundra*. Leningrad, Nauka Publ., 1974. 227 p. (In Russian).
12. Chizhov B.E., Kulyasova O.A. *Reclamation and remediation in the forests of Western Siberia*. Pushkino, All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, 2018. 222 p. (In Russian).
13. Nakvasina E.N., Zemtsovskaya O.N., Denisova A.I. The use of grasses for biological recultivation of disturbed lands of the North. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. = Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences*, 2014, no. 4, pp. 81–89. (In Russian).

REFERENCES

14. Sariev A.Kh., Zelenskii V.M. Studying of long-term cereal grasses for biological recultivation of disturbed lands in the Yenisei North. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2013, no. 11, pp. 27–30. (In Russian).
15. Kashevarov N.I., Tyuryukov A.G., Osipova G.M. Productivity of awnless brome under different climatic zones of Siberia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2015, vol. 29, no. 11, pp. 81–83. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Моторин А.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 625003, Тюменская область, Тюмень, ул. Республики, 7; e-mail: motorin.as@gausz.ru

Денисов А.А., старший преподаватель

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander S. Motorin**, Doctor of Science in Agriculture, Professor; **address:** 7, Respubliki St., Tyumen, Tyumen region, 625003, Russia, e-mail: motorin.as@gausz.ru

Alexander A. Denisov, Senior Lecturer

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.02.2021

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.04.2021

Дата публикации / Published 25.05.2021

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСЕННЕЙ ВЕГЕТАЦИИ НА ПЕРЕЗИМОВКУ ОЗИМОЙ РЖИ И ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА

✉ Ермошкина Н.Н., Артёмов Г.В., Стёпочкин П.И., Сурначев А.С., Мусинов К.К.

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

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: natali.erm@bk.ru

Изучено влияние условий осенней вегетации на рост, развитие и перезимовку растений озимой пшеницы и ржи при разных сроках посева. Работа выполнена в 2016–2019 гг. в условиях лесостепи Приобья. Материалом исследований служили сорта тетраплоидной озимой ржи Влада и Тетра короткая и сорта озимой пшеницы Новосибирская 40 и Новосибирская 3. Посев проведен в три срока: 1-й – 23 августа, 2-й – 31 августа и 3-й – 7 сентября по чистому пару. Выбор оптимального срока посева создает благоприятные условия для роста и развития озимых культур и подготовки их для дальнейшей перезимовки. Согласно проведенным исследованиям отмечено, что интенсивность осеннего побегообразования и роста растений в большей степени зависит от продолжительности периода осенней вегетации. Снижение темпов роста и образования побегов кущения от 1-го срока посева к 3-му связано со снижением суммы эффективных температур. При посеве в поздние сроки сумма эффективных температур по годам варьировала в диапазоне 90–197°. При этом перезимовка озимой ржи сохранялась на уровне 94–100%, в то время как у озимой пшеницы она снизилась до 40%. Лучшим вариантом, обеспечивающим стабильность зимней устойчивости, является 2-й срок посева (31 августа) при сумме эффективных температур 250–300°, растения формируют 3–4 побега кущения, высота растений достигает 18–25 см. Озимая рожь опережает озимую пшеницу как по темпам осеннего роста и побегообразования, так и по развитию конуса нарастания.

Ключевые слова: озимая рожь, озимая мягкая пшеница, сроки посева, продолжительность осенней вегетации, сумма эффективных температур, перезимовка

EFFECT OF AUTUMN VEGETATION CONDITIONS ON OVERWINTERING OF WINTER RYE AND WHEAT WITH DIFFERENT SOWING DATES

✉ Ermoshkina N.N., Artyomova G.V., Stepochkin P.I., Surnachev A.S., Musinov K.K.

Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding – Branch of the «Federal Research Center the Institute of Cytology and Genetics» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russian

✉ e-mail: natali.erm@bk.ru

The research was carried out in order to study the effect of autumn vegetation conditions on the growth, development and overwintering of winter wheat and rye depending on different sowing dates. The work was performed in 2016–2019 in the conditions of the forest-steppe of the Ob region. The research material included the varieties of tetraploid winter rye Vlada and Tetra short and winter wheat varieties Novosibirskaya 40 and Novosibirskaya 3. Sowing was carried out on three dates: 1st – 23 August, 2nd – 31 August and 3rd – 7 September under bare fallow. The choice of the optimal sowing time creates favorable conditions for the growth and development of winter crops and their preparation for further overwintering. According to the studies, it was noted that the intensity of autumn shoot formation and plant growth to a greater extent depends on the duration of the autumn growing season. A decrease in the plant growth rate and formation of tillering shoots from the first sowing date to the third date was associated with a decrease in the sum of effective temperatures. When sowing on a later date, the sum of effective temperatures varied in the range of 90–197° over the years. Under these conditions, overwintering rate of winter rye remained at the level of

94–100%, while in winter wheat it decreased to 40%. The best option, which ensured the stability of winter resistance, was the second sowing date (August 31) with a sum of effective temperatures of 250–300°, whereby the plants formed 3–4 tillering shoots and the plant height reached 18–25 cm. Winter rye outperforms winter wheat in autumn growth rate, shoot formation and in the vegetation cone development.

Keywords: winter rye, soft winter wheat, sowing time, duration of autumn vegetation, sum of effective temperatures, overwintering

Для цитирования: Ермошкина Н.Н., Артёмов Г.В., Стёпочкин П.И., Сурначев А.С., Мусинов К.К. Влияние условий осенней вегетации на перезимовку озимой ржи и пшеницы при разных сроках посева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 30–39. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-4>

For citation: Ermoshkina N.N., Artyomova G.V., Stepochkin P.I., Surnachev A.S., Musinov K.K. Effect of autumn vegetation conditions on overwintering of winter rye and wheat with different sowing dates. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2. pp. 30–39. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа поддержана бюджетным проектом Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук № 0259-2021-0018.

Acknowledgments

This work was supported by the budget project of the Siberian Research Institute of Plant Growing and Breeding, branch of the Federal Research Center the Institution of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences № 0259-2021-0018.

ВВЕДЕНИЕ

На формирование признака зимостойкости озимых культур большое влияние оказывают условия осенней вегетации [1, 2]. Период первоначальных этапов органогенеза включает фазы развития растений, связанные с формированием генеративных органов, структурно-функциональными перестройками, изменениями водного и углеродного баланса, что определяет адаптивность растений к условиям перезимовки [3].

Для благоприятной перезимовки озимых зерновых культур необходим правильный выбор срока посева, который должен соответствовать биологическим требованиям культуры, учитывать почвенно-климатические условия осенней вегетации. На фоне возрастающей нестабильности климата, выраженной в отклонениях температурного режима и режима выпадения осадков и в длительности периода осенней вегетации от средних многолетних значений, усиливается варьирование оптимальных сроков посева. Актуально изучение влияния на развитие растений длительности и температурных условий осенней вегетации, обеспечивающих

формирование устойчивости к лимитирующим факторам перезимовки озимых культур в конкретных регионах возделывания [4–6].

Лимитирующий фактор для ростовых процессов озимых – температурный режим осеннего периода. Снижение среднесуточных температур при более поздних сроках посева приводит к отставанию в развитии растений. Теоретические расчеты оптимальных сроков посева связаны с суммой положительных температур в осенний период от посева до окончания вегетации. Причем температурные значения меняются в зависимости от климатической зоны возделывания [7–11].

Различия в уровне перезимовки сортов и форм озимых культур, наряду с температурными условиями зимнего периода, во многом обусловлены интенсивностью осеннего роста растений, формированием побегов кущения, особенностями прохождения этапов органогенеза. Для гарантированной перезимовки перед уходом в зиму растения озимой ржи и пшеницы должны сформировать в среднем до 3–4 побегов кущения, достигающих 2–3 этапов органогенеза [12].

Связь между осенними ростовыми процессами растений и их зимостойкостью неоднократно отмечалась в работах А.И. Носатовского, И.И. Туманова, Ф.М. Куперман, В.А. Моисейчик, З.А. Морозовой и других авторов [13–17]. По мнению А.И. Задонцева, максимальной морозостойкостью отличаются растения озимых зерновых оптимальных сроков посева, высота которых составляет 14–16 см. Переросшие растения имеют высоту 23–25 см и более, зимостойкость таких растений снижена¹ [18].

Биологический контроль по этапам органогенеза позволяет значительно раньше, чем при фенологических наблюдениях, распознать неблагоприятное действие на растения погодных условий и агротехнических факторов.

Для устойчивого возделывания озимых зерновых культур в Сибири необходимы сорта с высоким уровнем зимней устойчивости. Усилиями сибирских селекционеров созданы перспективные сорта озимой пшеницы и ржи, имеющие высокие адаптационные качества. Основное преимущество сортов сибирской селекции заключается в их более высоком уровне экологической устойчивости, так как успешный отбор специфически устойчивых генотипов в селекционном процессе возможен лишь в условиях, подобных с теми, в каких будет возделываться сорт. В Сибирском научно-исследовательском институте растениеводства и селекции – филиале Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук наибольшая результативность при создании сортов озимой пшеницы с высоким потенциалом адаптивности и пластичности получена методом рекомбинационной селекции с использова-

нием межвидовой гибридизации [19]. Сортовые популяции ржи, возделываемые в сибирском регионе, представлены в основном тетраплоидными формами, созданными на основе сортов сибирского экотипа, сочетающие высокий уровень зимостойкости с крупностью зерна.

Цель исследований – изучить влияние условий осенней вегетации на рост, развитие и перезимовку растений озимой пшеницы и ржи при разных сроках посева.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в условиях лесостепи Приобья в 2016–2019 гг. Материалом исследований служили сорта тетраплоидной озимой ржи Влада и Тетра короткая и сорта озимой пшеницы Новосибирская 40 и Новосибирская 32. Посев проведен в три срока: 1-й – 23 августа, 2-й – 31 августа и 3-й – 7 сентября по чистому пару обычным рядовым способом сеялкой ССФК-7 с нормой высева 5 млн семян/га для озимой ржи и 6 млн семян/га для озимой пшеницы. Площадь делянки 10 м², повторность пятикратная с рендомизированным размещением делянок.

Для проведения учетов и наблюдений использовали методику Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур³. Основные математические параметры просчитывались по методике Б.А. Доспехова⁴. В период прекращения вегетации перед установлением снежного покрова взяты образцы растений для проведения лабораторных анализов. Определяли линейные размеры листьев (высота главного побега от основания узла кущения до кончика верхнего листа) и коэффициент кущения (среднее число побегов). При изучении формирования колуса нарастания озимых культур определяли этапы органогенеза по Ф.М. Куперман⁵,

¹Задонцев А.И. Повышение зимостойкости и продуктивности озимой пшеницы // Сб. избр. науч. тр. ВНИИ кукурузы. Днепропетровск, 1974. 283 с.

²Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. «Сорта растений» (официальное издание). М.: Росинформагротех, 2020. Т. 1. 680 с.

³Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М.А. Федина. М., 1985. 270 с.

⁴Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1973. 336 с.

⁵Куперман Ф.М., Ананьева Л.В. О биологическом обосновании сроков посева сортов пшеницы интенсивного типа // Селекция и семеноводство. 1981. № 6. 27 с.

используя микроскоп МБС-9. Отбирали по 10 растений из двух повторений в период окончания осенней вегетации. В полевых условиях определяли степень перезимовки растений как процентное отношение числа перезимовавших растений (на закрепленных 6 или 8 площадках по 0,25 м²) к числу растений, ушедших в зиму. Метеорологические данные получены гидрометеостанцией пос. Огурцово (Новосибирская область).

Погодные условия осенне-зимнего периода в годы проведения научных исследований значительно различались. По многолетним данным срок окончания осенней вегетации в условиях лесостепи Приобья наступает 5 октября, когда отмечается переход среднесуточной температуры через отметку 5°C в сторону понижения. Наименее благоприятные условия осеннего развития растений сложились в 2017 г., когда окончание вегетации отмечено уже 23 сентября. Среднесуточная температура воздуха составила 9,2 °C, что ниже многолетних значений, количество осадков было близко к норме (105%). В 2016 г. окончание вегетации отмечено 30 сентября, особенностью этого года стало значительное превышение среднесуточных температур сентября до 15–16 °C, относительно средней многолетней (10–12 °C) при сумме осадков 40% от нормы. Осень 2018 г. характеризуется длительным периодом вегетации (до 14 октября) при средних значениях температурного фона (10,8 °C) и осадками 113% к норме.

В зимний период высота снежного покрова варьировала по годам от 40 до 70 см. Максимальная высота снежного покрова в 2016 г. установилась на уровне 60–65 см, в 2017 г. – 65–70 см, что в 2 раза больше по сравнению со среднемноголетними данными (30–35 см). Снежный покров в 2018 г. составил 40–50 см. Минимальная температура на глубине узла кушения не опускалась ниже минус 5 °C.

Контрастные условия в 2016–2019 гг. позволили оценить влияние осенней вегетации на перезимовку растений при разных сроках посева у изучаемых культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За годы исследований на продолжительность периода всходы – окончание осенней вегетации значительное влияние оказали два фактора: условия года и сроки посева. При 1-м сроке посева, проведенном в начале II декады августа, рост и развитие растений продолжались от 33 дней в 2017 г. до 54 – в 2018 г. Сумма эффективных температур соответственно изменялась в эти годы от 263 до 351°. В 2016 г. при непродолжительном периоде роста (до 38 дней) сумма эффективных температур составила 346°, что объясняется высокими среднесуточными температурами до 28 °C в течение сентября. Вегетация растений 3-го срока посева длилась от 19 до 36 дней, при этом сумма эффективных температур варьировала по годам от 90 до 197° (см. табл. 1).

За период исследований отмечен более интенсивный рост и образование побегов кушения у растений озимой ржи и пшеницы 1-го срока посева. Уменьшение периода вегетации при посеве во 2-й и 3-й срок приводит к снижению линейного роста растений и уменьшению количества побегов кушения. Данные закономерности зависят от гидротермических условий года. В годы с коротким периодом вегетации (2016, 2017 гг.) высота растений 3-го срока сева зарегистрирована в 1,5 раза меньше, чем у растений, высеванных 23 августа (см. табл. 2). С увеличением длительности периода осеннего роста разница между высотой растений различных сроков посева сокращается. В 2018 г. растения озимой пшеницы 1-го срока посева имели в конце вегетации высоту 26,4 см, растения 3-го срока – 21,6 см.

Интенсивность процесса побегообразования растений в осенний период также связана с длительностью вегетации. Наибольшее число побегов кушения (5,0 и 6,3) отмечено как у пшеницы, так и у ржи в 2018 г. при посеве 23 августа, когда период вегетации составил 54 дня. При посеве 7 сентября 2018 г. при сокращении длительности вегетации, связанной со сроками сева, число побегов кушения у ржи уменьшилось до 3,9, у пше-

Табл. 1. Сумма эффективных температур и продолжительность вегетационного периода по годам при разных сроках посева озимых культур

Table 1. The sum of effective temperatures and the duration of the growing season by years for different sowing dates of winter crops

Год	Показатель	Срок посева		
		1-й (23.08)	2-й (31.08)	3-й (07.09)
2018	Сумма эффективных температур, град.	351	250	197
	Количество дней вегетации	54	45	36
2017	Сумма эффективных температур, град.	263	146	90
	Количество дней вегетации	33	24	19
2016	Сумма эффективных температур, град.	346	296	167
	Количество дней вегетации	38	31	21

Табл. 2. Высота растений и число побегов кущения в разные сроки посева озимой ржи и пшеницы (2016–2018 гг.)

Table 2. Plant height and number of tillering shoots on different sowing dates for winter rye and wheat (2016–2018)

Культура	Срок посева					
	1-й (23.08)		2-й (31.08)		3-й (07.09)	
	Высота растения, см	Число побегов, шт.	Высота растения, см	Число побегов, шт.	Высота растения, см	Число побегов, шт.
<i>2018 г.</i>						
Рожь	29,6 ± 0,9	6,3 ± 0,6	27,1 ± 0,7	5,4 ± 0,4	22,9 ± 0,8	3,9 ± 0,3
Пшеница	26,4 ± 1,1	5,0 ± 0,5	21,6 ± 0,6	4,0 ± 0,3	21,6 ± 0,5	3,1 ± 0,2
<i>2017 г.</i>						
Рожь	26,1 ± 0,8	4,9 ± 0,4	18,5 ± 0,5	2,9 ± 0,1	14,8 ± 0,3	1,4 ± 0,2
Пшеница	22,3 ± 1,3	4,7 ± 0,6	17,0 ± 0,4	2,7 ± 0,2	13,8 ± 0,3	1,2 ± 0,1
<i>2016 г.</i>						
Рожь	27,5 ± 1,2	5,5 ± 0,5	24,2 ± 1,0	3,7 ± 0,3	18,0 ± 0,5	2,3 ± 0,2
Пшеница	33,0 ± 1,3	3,1 ± 0,3	29,6 ± 0,8	2,6 ± 0,2	24,0 ± 0,6	1,3 ± 0,1

ницы – до 3,1. В 2017 г. растения 3-го срока посева за 19 дней сформировали в среднем у ржи 1,4, у пшеницы 1,2 побега кущения.

Процессы линейного роста и побегообразования озимой ржи и пшеницы различаются своей интенсивностью. Растения озимой ржи осенью формируют более мощную надземную массу. Так, в 2018 г. при посеве 23 августа за 54 дня вегетации высота растений ржи составила 29,6 см, у пшеницы – 26,4 см, при

этом у ржи сформировалось 6,3 побега, у пшеницы – 5,0. В 3-й срок сева при пониженных температурных условиях ростовые процессы и побегообразование существенно замедляются как у озимой пшеницы, так и у ржи, однако различия между темпами роста двух культур сохраняются. За 36 дней вегетации при сумме активных температур 197° линейный рост ржи составил 22,9 см, пшеницы – 21,6 см, соответственно снизилось и число побегов (3–4).

В 2017 г. в условиях пониженных температур и короткого периода вегетации при минимальных значениях линейного роста и побегообразования на всех сроках посева различия между культурами незначительны. Как у ржи, так и у пшеницы за 33 дня вегетации в 1-й срок сева сформировалось до 4–5 побегов кушения, при посеве в 3-й срок отмечено только начало процесса кушения.

В условиях повышенного температурного фона (+3,1 °С к норме) в 2016 г. озимая пшеница по темпам линейного роста значительно опережала рожь. Высота растений пшеницы на 1-м сроке посева составила в среднем 33,0 см, что на 5,5 см выше, чем у ржи. Однако число побегов кушения у пшеницы зарегистрировано существенно меньше и составило в среднем 3,1, в то время как у ржи сформировалось до 5–6 побегов. Такая же тенденция сохранялась на посевах в более поздние сроки.

На число побегов кушения у озимых культур влияет в первую очередь продолжительность периода осенней вегетации. При сумме эффективных температур 197° за 36 дней сформировано в среднем по 3–4 побега кушения, за 21 день вегетации – только 1–2 побега, хотя сумма эффективных температур была незначительно ниже и составля-

ла 167°. На процессы линейного роста растений влияние оказывают температурные условия осени.

Для более полного изучения развития растений озимых культур в осенний период проведены сравнительные наблюдения за ростом и развитием конуса нарастания. По данным ряда авторов, степень развития конуса нарастания коррелирует с уровнем зимостойкости. Лучшая перезимовка отмечена у растений, где конус нарастания достигает 2-й фазы органогенеза, что совпадает с периодом осеннего кушения.

При сравнительном изучении двух озимых культур пшеницы и ржи отмечены существенные различия по темпам осеннего развития конусов нарастания. К концу осенней вегетации у ржи наблюдали вытягивание в длину верхней части конуса и дифференциацию основания конуса на сегменты и листовые валики, что соответствует 3-му этапу органогенеза (см. табл. 3). Продолжительность данного этапа в настоящих исследованиях составила от 24 (посев 31.08.2017) до 54 дней (посев 23.08.2018) до окончания вегетации. В зависимости от температурных условий года размеры конуса нарастания меняются, наибольшая длина (до 1,11 мм) и усиленная сегментация конуса нарастания

Табл. 3. Размеры конуса нарастания и этапы органогенеза озимой ржи и озимой пшеницы в осенний период вегетации при разных сроках сева (2016–2018 гг.)

Table 3. The sizes of the vegetation cone and the stages of organogenesis of winter rye and winter wheat in the autumn growing season on different sowing dates (2016–2018)

Культура	Срок посева					
	1-й (23.08)		2-й (31.08)		3-й (07.09)	
	Размеры конуса нарастания, мм	Этап органогенеза	Размеры конуса нарастания, мм	Этап органогенеза	Размеры конуса нарастания, мм	Этап органогенеза
<i>2018 г.</i>						
Рожь	0,70 ± 0,06	3-й	0,64 ± 0,04	3-й	0,46 ± 0,05	3-й или 2-й
Пшеница	0,31 ± 0,02	2-й	0,28 ± 0,03	2-й	0,21 ± 0,01	1-й
<i>2017 г.</i>						
Рожь	0,92 ± 0,12	3-й	0,68 ± 0,05	3-й	0,48 ± 0,04	2-й
Пшеница	0,35 ± 0,03	2-й	0,20 ± 0,02	1-й	0,15 ± 0,02	1-й
<i>2016 г.</i>						
Рожь	1,11 ± 0,15	3-й	0,86 ± 0,07	3-й	0,77 ± 0,07	2-й
Пшеница	0,34 ± 0,05	2-й	0,25 ± 0,02	2-й	0,22 ± 0,02-й	1-й

отмечены в 2016 г. при максимальных дневных температурах до 20 °С. Однако перехода к 4-й фазе органогенеза при коротком световом дне до завершения световой стадии не происходит.

Проведена оценка зимостойкости растений озимой ржи и пшеницы в опытах с различными сроками сева (см. рисунок). Условия перезимовки в годы исследований отмечены достаточно благоприятными (температура почвы на глубине узла кущения не опускалась ниже минус 5 °С). Таким образом, уровень зимней устойчивости наряду с условиями закаливания был в большей степени обусловлен интенсивностью осеннего роста и развития растений. Большая сохранность как ржи, так и пшеницы на всех сроках посева отмечена весной 2017 г., когда растения формировались в условиях короткого осеннего периода, но при этом сумма эффективных температур достигала 167° для посевов 3-го срока и 346° для посевов 1-го срока. Число побегов кущения варьировало в зависимости от сроков посева от 2,3 до 5,5 у ржи и от 1,3 до 3,1 у озимой пшеницы.

Снижение уровня перезимовки в 2018 г. можно объяснить менее благоприятными условиями зимнего периода и недостаточной продолжительностью осенней вегетации 2017 г. (от 19 до 33 дней при посеве в разные сроки). В данном случае низкие положительные температуры отрицательно

повлияли на осеннее развитие растений, при этом у озимой пшеницы число выживших растений снизилось почти в 2 раза (до 18%) по сравнению с предыдущим годом. Причем поздние посевы, выполненные в I декаде сентября, показали большую устойчивость к перезимовке, чем посевы в ранние сроки. Подобные результаты объясняются более высокими темпами накопления сахаров в узле кущения молодыми растениями, что позволяет им более успешно сохраниться в зимний период.

Уровень перезимовки растений в 2019 г. отмечен достаточно высоким – до 83–100% сохранившихся растений у озимой ржи и 66–68% – у озимой пшеницы. Продолжительный период осенней вегетации (54–45–36 дней по срокам посева) и сумма эффективных температур (выше 197°) осенью 2018 г. способствовали хорошему развитию растений. Они сформировали более 5 побегов кущения при раннем сроке посева и 3–4 побега – при посеве 7 сентября. У ржи в посевах 1-го срока высота растений составила 29–30 см, число побегов кущения достигло 6–7, что привело к частичному выпреванию и снижению уровня перезимовки по сравнению с посевами 2-го и 3-го срока. Во всех вариантах опыта зимостойкость озимой пшеницы отмечена ниже по сравнению с озимой рожью на 13–15% в 2017 г. и на 74–80% в 2018 г.



Диаграмма перезимовки озимой ржи и пшеницы при трех сроках посева (2016–2019 гг.), %
Diagram of overwintering of winter rye and wheat on three sowing dates (2016–2019), %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного изучения первоначальных этапов роста и развития озимых культур выявлено, что интенсивность осеннего побегообразования в большей степени зависит от продолжительности периода вегетации. Растения 3-го срока посева за 19–21 день вегетации (2016, 2017 гг.) формировали только по 1–2 побега кущения, в то время как за 36 дней вегетации в 2018 г. сформировано 3–4 побега. Повышенные температуры осенью 2016 г. привели к перерастанию растений озимой пшеницы на 30–40%, при этом процесс побегообразования отмечен ниже или на уровне по сравнению с 2017 г.

Сумма эффективных температур в широком диапазоне от 167 до 351° осенью 2016 и 2018 гг. оказалась достаточной для развития растений всех сроков сева, что обеспечило высокую сохранность растений во время перезимовки в 2017 и 2019 гг. Короткий период осенней вегетации от 19 до 33 дней (в зависимости от сроков посева) и низкие температуры осенью 2017 г. привели наряду с менее благоприятными условиями зимнего периода к значительному снижению уровня перезимовки у озимой пшеницы.

Существенных различий по влиянию сроков посева на уровень перезимовки озимой ржи и пшеницы за годы исследований выявлено не было. Большое влияние на перезимовку оказали условия года. Лучшим вариантом, обеспечивающим стабильность зимней устойчивости, является 2-й срок посева (31 августа), когда растения формируют 3–4 побега кущения, а высота их достигает 18–25 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлюк Н.Т., Штакельберг А.Ю. Влияние условий формирования агрофитоценоза на зимостойкость озимой пшеницы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 4 (35). С. 37–38.
2. Потапова Г.Н., Иванова М.С. Влияние сроков посева и нормы высева семян на осеннюю вегетацию, зимостойкость и урожайность озимых зерновых культур // Интерактивная наука. 2017. № 11 (21). С. 69–75.
3. Мурашёв В.В. Биологический контроль над зерновыми злаками // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2005. № 3. С. 3–11.
4. Зеленский Н.А., Зеленская Г.М., Авдеенко А.П. Сроки посева озимой пшеницы // Успехи современного естествознания. 2006. № 4. С. 47–48.
5. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С. Оценка изменения климатических параметров осеннего развития озимой ржи и влияние на сроки сева в зоне Предкамья Республики Татарстан // Нива Татарстана. 2014. № 2–3. С. 4–7.
6. Пономарев С.Н., Маннапова Г.С., Пономарева М.Л. Изменение климатических параметров и сроки сева озимой ржи в Республике Татарстан // Земледелие. 2014. № 6. С. 26–30.
7. Газизов И.Н., Фадеева И.Д. Влияние изменения метеорологических факторов на сроки посева и урожайность озимой пшеницы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 2 (40). С. 47–50.
8. Гулянов Ю.А., Ярцев Г.Ф., Васильев И.В., Байкасенов Р.К., Николаев Н.А. Адаптация сроков посева озимой пшеницы к современным климатическим условиям Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 42–48.
9. Иванов В.М. Оптимизация сроков посева озимой пшеницы в Волгоградской области // Фундаментальные исследования. 2005. № 9. С. 41–42.
10. Елисеев С.Л., Вершинина Т.С. Необходимость уточнения срока посева озимой ржи // Пермский аграрный вестник. 2017. № 1 (17). С. 32–38.
11. Борадулина В.А. Обоснование оптимального срока посева озимой пшеницы в Алтайском Приобье // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (139). С. 5–9.
12. Подлесных Н.В. Особенности прохождения этапов органогенеза, фаз роста и развития, урожайность и качество озимой твердой и мягкой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (46). С. 12–22.

13. Носатовский А.И. Сроки посева озимой пшеницы // Советская агрономия. 1946. № 10. С. 6–9.
14. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкость растений: монография. М.: Наука, 1979. 352 с.
15. Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений: монография. М.: Высшая школа, 1982. 343 с.
16. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур: монография. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 294 с.
17. Морозова З.А. Основные закономерности морфогенеза пшеницы и их значение для селекции: монография. М., 1986. 161 с.
18. Акимова О.И. Осенний рост и развитие озимых зерновых // Вестник КрасГАУ. 2006. Вып. 11. С. 77–80.
19. Артемова Г.В., Степochкин П.И., Пономаренко В.И., Ермошкина Н.Н., Пономаренко Г.В. Оценка сортов озимой пшеницы сибирской селекции по параметрам экологической пластичности стабильности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 5–11.
20. Носатовский А.И. Сроки посева озимой пшеницы // Советская агрономия. 1946. № 10. С. 6–9.
21. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкость растений: монография. М.: Наука, 1979. 352 с.
22. Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений: монография. М.: Высшая школа, 1982. 343 с.
23. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур: монография. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 294 с.
24. Морозова З.А. Основные закономерности морфогенеза пшеницы и их значение для селекции: монография. М., 1986. 161 с.
25. Акимова О.И. Осенний рост и развитие озимых зерновых // Вестник КрасГАУ. 2006. Вып. 11. С. 77–80.
26. Артемова Г.В., Степochкин П.И., Пономаренко В.И., Ермошкина Н.Н., Пономаренко Г.В. Оценка сортов озимой пшеницы сибирской селекции по параметрам экологической пластичности стабильности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 5–11.
27. Ermoshkina N.N., Artyomova G.V., Stepochkin P.I., Surnachev A.S., Musinov K.K. Autumn development of winter rye and the impact on the sowing time in the Predkamye zone of the Republic of Tatarstan. *Niva Tatarstana = Niva of Tatarstan*, 2014, no. 2–3, pp. 4–7. (In Russian).
28. Ponomarev S.N., Mannapova G.S., Ponomareva M.L. Climate changes and sowing periods of winter rye in Tatarstan Republic. *Zemledelie*. 2014, no. 6, pp. 26–30. (In Russian).
29. Gazizov I.N., Fadeeva I.D. Influence of meteorological factors on the seeding date and winter wheat productivity. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Kazan State Agrarian University*, 2016, vol. 11, no. 2 (40), pp. 47–50. (In Russian).
30. Gulyanov Yu.A., Yartsev G.F., Vasil'ev I.V., Baikasenov R.K., Nikolaev N.A. Adapting the terms of winter wheat sowing to modern climatic conditions of the Orenburg Preduralye. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 4 (84), pp. 42–48. (In Russian).
31. Ivanov V.M. Timing optimization of winter wheat sowing in the Volgograd region. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2005, no. 9, pp. 41–42. (In Russian).
32. Eliseev S.L., Vershinina T.S. Necessity to specify the sowing time of winter rye. *Permskii agrarnyi vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2017, no. 1 (17), pp. 32–38. (In Russian).
33. Boradulina V.A. The substantiation of optimum winter wheat sowing dates for the Altai region's Ob river area. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, no. 5 (139), pp. 5–9. (In Russian).
34. Podlesnykh N.V. Peculiarities of stages of organogenesis, growth and development phases, crop yield and quality of hard and soft winter wheat under the conditions of the forest-steppe of Voronezh Oblast. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2015, no. 3 (46), pp. 12–22. (In Russian).
35. Nosatovskii A.I. Sowing dates of winter wheat. *Sovetskaya agronomiya = Soviet agronomy*, 1946, no. 10, pp. 6–9. (In Russian).
36. Tumanov I.I. *Physiology of hardening and frost resistance of plants*, Moscow, Nauka Publ., 1979, 352 p. (In Russian).

REFERENCES

15. Kuperman F.M. *Development biology of cultivated plants*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1982, 343 p. (In Russian).
16. Moiseichik V.A. *Agrometeorological conditions and overwintering of winter crops*. Lenin-grad, Hydrometeo Publ., 1975, 294 p. (In Russian).
17. Morozova Z.A. *The main patterns of wheat morphogenesis and their importance for breeding*. Moscow, 1986, 161 p. (In Russian).
18. Akimova O.I. Autumn growth and development of winter grain crops. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2006, is. 11, pp. 77–80. (In Russian).
19. Artemova G.V., Stepochkin P.I., Ponomarenko V.I., Ermoshkina N.N., Ponomarenko G.V. Evaluation of winter wheat varieties bred in Siberia as to ecological plasticity and stability parameters. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 6, pp. 5–11. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ермошкина Н.Н.**, аспирант, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. С-100, зд. 21, а/я 375; e-mail: natali.erm@bk.ru

Артёмова Г.В., кандидат биологических наук, заместитель руководителя по научной работе

Стёпочкин П.И., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Сурначев А.С., аспирант, младший научный сотрудник

Мусинов К.К., аспирант, младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Natalia N. Ermoshkina**, Postgraduate Student, Researcher; **address:** 21, S-100 St., PO Box 375, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: natali.erm@bk.ru

Galina V. Artyomova, Candidate of Science in Biology, Deputy Head for Research

Petr I. Stepochkin, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Alexey S. Surnachev, Postgraduate Student, Junior Researcher

Kenzhebek K. Musinov, Postgraduate Student, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.03.2021

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.04.2021

Дата публикации / Published 25.05.2021



ФУНГИЦИДНЫЕ ПРОТРАВИТЕЛИ ДЭЛИТ ПРО И РЕДИГО ПРО ПРОТИВ ГРИБНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ СОИ

✉ Безмутко С.В., Черепанова Т.А.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений

Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

✉ e-mail: dalniiizr@mail.ru

Представлены результаты изучения эффективности фунгицидных протравителей в борьбе с корневыми гнилями и листостебельными болезнями сои. Исследования проведены в Приморском крае в 2019, 2020 гг. в условиях деляночного опыта. Препарат Дэлит Про (д.в. пираклостробин, 200 г/л) применяли в норме расхода 1,0 л/т, Редиго Про (д.в. протиоконазол, 150 г/л + тебуконазол, 20 г/л) – 0,9 л/т. Препараты использовали для протравливания семян полусухим способом перед посевом. Выявлено, что Дэлит Про и Редиго Про не оказывают негативного действия на культуру и положительно влияют на всхожесть семян сои. Отмечена высокая фунгицидная активность опытных протравителей в отношении корневых гнилей, поражающих культуру. Препараты способствовали снижению интенсивности развития инфекций в фазу цветения на 17,0% (Дэлит Про) и 24,9% (Редиго Про). Защитное действие предпосевной обработки семян протравителями проявлялось также в снижении пораженности листостебельными заболеваниями. Установлено, что препараты обладают высокой биологической эффективностью против септориоза (16,7–25,2%), церкоспороза (0–44,6) и пероноспороза (29,5–87,5%). Применение Дэлит Про и Редиго Про способствовало активному росту растений и повышению основных показателей продуктивности: массы семян на 0,1–0,6 г, их числа на 1,4–2,8 шт. с одного растения, а также массы 1000 семян на 8,5–9,3 г. Достоверные прибавки урожая зерна 0,19 т/га (2019 г.) и 0,20 т/га (2020 г.) получены в варианте с использованием протравителя Редиго Про. Применяемые препараты способствовали росту уровня рентабельности на 222 и 564% соответственно.

Ключевые слова: соя, патоген, грибные болезни, протравитель, эффективность, урожайность

FUNGICIDAL PROTECTANTS DELETE PRO AND REDIGO PRO AGAINST FUNGAL PHYTOPATHOGENS OF SOYBEANS

✉ Bezmutko S.V., Cherepanova T.A.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

✉ e-mail: dalniiizr@mail.ru

The results of research into effectiveness of fungicidal protectants against root rot and leaf-stem diseases of soybeans are presented. The study was carried out in the Primorsky Territory in 2019, 2020 in the conditions of plot experiment. Delete Pro (active agent pyraclostrobin, 200 g/l) was used at a consumption rate of 1.0 l/t, Redigo Pro (active agent prothioconazole, 150 g/l + tebuconazole, 20 g/l) – 0.9 l/t. The preparations were used for seed treatment in a semi-dry way before sowing. It was revealed that Delete Pro and Redigo Pro do not have a negative effect on the crop and have a positive effect on the germination of soybean seeds. A high fungicidal activity of the protectants used in the experiment was noted in relation to root rot affecting the crop. The chemicals helped

to reduce the intensity of infections during the flowering phase by 17.0% (Delete Pro) and 24.9% (Redigo Pro). The protective effect of pre-sowing seed treatment with protectants was also revealed in reducing leaf-stem diseases. It was found that the chemicals have high biological effectiveness against septoria (16.7–25.2%), cercosporosis (0–44.6%) and peronosporosis (29.5–87.5%). The use of Delete Pro and Redigo Pro contributed to active growth of plants and an increase in the main productivity indicators: seed weight by 0.1–0.6 g, seed number by 1.4–2.8 pcs from one plant, as well as thousand-seed-weight by 8.5–9.3 g. Significant increase in grain yield of 0.19 t/ha (2019) and 0.20 t/ha (2020) was obtained in the variant with Redigo Pro. The protectants used contributed to the increase in the profitability level by 222 and 564%, respectively.

Keywords: soybean, pathogen, fungal diseases, protectant, efficiency, yield

Для цитирования: Безмутко С.В., Черепанова Т.А. Фунгицидные протравители Дэлит Про и Редиго Про против грибных фитопатогенов сои // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 41–48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-5>

For citation: Bezmutko S.V., Cherepanova T.A. Fungicidal protectants Delete Pro and Redigo Pro against fungal phytopathogens of soybeans. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2. pp. 41–48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Соя, одна из ведущих зернобобовых культур в мире, имеет большое экономическое, экологическое и социальное значение в сельскохозяйственном секторе [1, 2]. Площадь, занимаемая соей в мировом производстве, составляет 123,5 млн га (третье место после пшеницы и риса). Такое широкое распространение сои связано с универсальностью ее использования как пищевой, кормовой и технической культуры [3]. В России сою высевают в 45 регионах. На долю Дальневосточного федерального округа приходится 88% площадей посевов и 86% валового сбора зерна сои [4, 5]. В 2020 г. в Приморском крае с площади 252,6 тыс. га убрано 377,4 тыс. т сои с урожайностью 1,5 т/га¹.

Одна из главных проблем, сдерживающих повышение урожайности сои, – вред, наносимый возбудителями болезней [6]. В мире выявлено более 50 болезней сои, около 30 из них имеют грибную этиологию. Они могут как отрицательно влиять на состояние посевов сои, так и не наносить существенного вреда культуре [7, 8]. В Приморье ши-

роко распространены грибные заболевания сои. Среди них доминируют возбудители пероноспороза, септориоза, церкоспороза, аскохитоза, фузариозных корневых гнилей [9]. Особую опасность как наиболее вредоносные в Приморском крае представляют листостебельные инфекции (септориоз, церкоспороз, пероноспороз), поскольку они резко снижают ассимиляционную поверхность растений, не позволяя им реализовать потенциальную урожайность сорта [10, 11].

Большинство заболеваний сои передается через посевной материал, так как семена являются полноценной питательной средой для многих микроорганизмов, продуцирующих микотоксины [12]. Высокая зараженность семян сои значительно снижает их посевные качества (энергию, всхожесть), приводит к поражению корневой системы различными видами гнилей, значительным недоборам урожая зерна и снижению его качества [13].

Оперативным методом защиты семян и всходов от поражения фитопатогенными грибами является обработка их фунгицида-

¹Информация о ходе сельскохозяйственных работ по районам Приморского края на 16 декабря 2020 года // Данные департамента сельского хозяйства и продовольствия Приморского края [Электронный ресурс]. 2020. Режим доступа: http://agrodv.ru/f/svodka/16_dekabrya_2020_g_.xlsx.

ми [14]. Протравливание семян – важнейший стратегический прием формирования оптимального фитосанитарного состояния посевов, способствующий повышению урожайности на 0,2–0,7 т/га [15].

На современном рынке существует множество препаратов на основе одно-трехкомпонентных действующих веществ разного класса. Их использование способствует получению здоровых всходов даже при изначально высоком уровне семенной инфекции. Однако эффективность отдельных протравителей значительно варьирует в зависимости от вида заболеваний. При широком применении химических препаратов для защиты растений возникает резистентность вредных организмов к пестицидам. В связи с этим появляется необходимость в создании новых препаратов или расширении их ассортимента за счет зарегистрированных на других культурах [16].

В настоящее время с учетом дороговизны качественных протравочных машин возникают нарушения в технологии обработки семенного материала. Важно, чтобы техника была правильно откалибрована. Часто на практике норма расхода препарата может сильно отличаться от запланированной. Возможно оседание протравителя на стенках обрабатывающей машины: норма расхода будет занижена и эффективности препарат не проявит. Устаревшая или неточная техника наносит жидкие препараты неравномерно: большая часть рабочего раствора попадает на семена, поступающими первыми, остальные, которые попадают в аппликатор (шнек) позже, остаются практически протравленными. Около 20–30% семян получает избыток химического препарата. Из этого можно сделать вывод о необходимости испытаний препаратов в завышенных дозировках.

В связи с необходимостью фитосанитарной оптимизации технологий возделывания сои актуально формирование ассортимента протравителей, эффективных против основных возбудителей болезней культуры.

Цель работы – получить экспериментальные данные по испытанию химических препаратов Дэлит Про и Редиги Про в качестве

фунгицидных протравителей для предпосевной обработки семян сои против основных грибных фитопатогенов; определить влияние протравителей на структуру урожая сои и продуктивность культуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2019, 2020 гг. на опытном поле Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений. Почва опытного участка относится к подтипу лугово-бурой оподзоленной, по гранулометрическому составу среднесуглинистая. Гумус в почве составляет 3,8%, реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,3).

Подготовку почвы проводили согласно агротехнике, принятой в Приморском крае: зяблевая вспашка на глубину 18–20 см, ранневесеннее боронование и две культивации. Посев осуществляли однострочным способом с междурядьями 45 см. Площадь опытной деланки 10,8 м² (1,8 × 6 м), повторность четырехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Сорт сои – Асука, норма высева – 110 кг/га. Семена обрабатывали до посева полусухим способом. Схема опыта: контроль (без обработки); Дэлит Про, КС (д.в. пираклостробин 200 г/л) в норме расхода 1,0 л/т; Редиги Про, КС (д.в. протиоконазол 150 г/л + тебуконазол 20 г/л) – 0,9 л/т.

Работа носит экспериментальный характер. Для исследования выбран препарат Редиги Про, не зарегистрированный в «Списке пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» на сое, но имеющий сильное подавляющее действие на широкий спектр различных патогенов других культур. Препараты испытывали в завышенных дозах для того, чтобы оценить не только биологическую эффективность, но и безопасность для культуры. В сельскохозяйственных организациях часто происходит передозировка препаратов из-за использования протравочного оборудования с неточными дозаторами.

В течение вегетации сои осуществляли ручную прополку опытных деланок. При проведении полевых опытов учеты, наблю-

дения за ростом и развитием, статистическую обработку данных проводили в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями²⁻⁶.

Проявление и интенсивность развития болезней сои во многом определяются погодными условиями. Вегетационные периоды 2019 и 2020 гг. были влажными и теплыми, что благоприятно повлияло на распространение патогенов. Сумма осадков за июнь 2019 г. составила 144,4 мм, что на 63,7 мм превысило среднемноголетний показатель (80,7 мм). Температура воздуха варьировала от 16,7 до 18 °С. Сумма выпавших осадков в июне 2020 г. составила 115,4 мм (на 29,2 мм больше среднемноголетней), температура – от 17,2 до 18,4 °С. Июль 2019 г. был очень жарким, температура достигала 24,5 °С при количестве выпавших осадков за месяц 121,4 мм. В 2020 г. в III декаде июля зафиксирована засуха: общее количество осадков за месяц не превышало 69,8 мм при средней температуре воздуха 21,5 °С. Август в оба года исследований выдался влажным: сумма осадков в

2019 г. равнялась 225 мм, в 2020 г. – 209,4 мм, что на 59,5 и 54,5 мм соответственно больше среднемноголетних значений. Такие погодные условия обусловили быстрое развитие и распространение корневых гнилей и листовых болезней сои.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка безопасности повышенных доз препаратов для сои показала, что протравители не наносят негативного воздействия на культуру. Напротив, применение препаратов положительно влияет на всхожесть семян. В среднем за 2 года испытаний полевая всхожесть семян в контрольном варианте составила 79%, при применении протравителей Дэлит Про и Редиги Про – 80 и 83% соответственно ($НСР_{05} = 7\%$).

Использование фунгицидных протравителей Дэлит Про и Редиги Про позволило в значительной степени снизить интенсивность развития корневых гнилей на посевах сои. Оба препарата оказывали оздоравливающее действие на проростки сои (см. рис. 1).



Рис. 1. Интенсивность развития корневых гнилей сои и биологическая эффективность протравителей (среднее за 2019, 2020 гг.)

Fig. 1. Intensity of development of soybean root rot and biological effectiveness of the protectants (average for 2019, 2020)

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

³Корсаков Н.И., Овчинникова А.Н., Мизева В.И. Изучение устойчивости сои к грибным болезням: метод. указания. Л.: ВИЗР, 1979. 46 с.

⁴Чумаков А.С., Минкевич И.И., Власов Ю.И. Основные методы фитопатологических исследований: научные труды. М.: Колос, 1974. 190 с.

⁵James B. Sinclair. Compendium of Soybean Diseases. St.Paul, Min, 1982, 104 p.

⁶Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 378 с.

Биологическая эффективность Редиго Про в фазу полных всходов составила 73,6%, в фазу цветения – 41,4%. Применение данного протравителя дало возможность существенно (относительно контроля) снизить степень развития патогена: в 3,8 раза (полные всходы) и 1,7 раза (цветение). Эффективность Дэлита Про против корневых гнилей оказалась невысокой (28,2%) и зафиксирована лишь в фазу цветения сои.

Первые признаки листостебельных болезней сои отмечены во II декаде июня в фазе появления третьего тройчатого листа, максимальное развитие заболевания – к концу августа. За период исследований зарегистрированы такие листовые пятнистости, как септориоз (*Septoria glycines* Hemmi), церкоспороз

(*Cercospora sojae* Hara), аскохитоз (*Ascochyta sojaecola* Abramov) и пероноспороз (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd.).

Септориоз проявлялся к фазе третьего тройчатого листа на примордиальных листьях. В среднем развитие заболевания в контроле за период вегетации находилось в диапазоне 6,1–41,0% (см. табл. 1). Суммарной оценкой интенсивности нарастания инфекции и ее вредоносности является относительный показатель ПКРБ, представляющий собой графическое отображение площади под кривой развития болезни в течение вегетации. Чем больше его значение, тем интенсивнее происходит нарастание заболевания на культуре. Судя по показателю ПКРБ (площадь под кривой развития болезни, у. ед.),

Табл. 1. Влияние протравителей на интенсивность развития листостебельных болезней сои (среднее за 2019, 2020 гг.)

Table 1. Effect of the protectants on the intensity of development of soybean leaf-stem diseases (average for 2019, 2020)

Вариант опыта	Фаза вегетации				ПКРБ, у. ед.
	Три тройчатых листа	Цветение	Налив бобов	Начало созревания	
Септориоз					
Контроль	6,1	14,4	24,3	41,0	1280,9
Дэлит Про, 1,0 л/т	2,2	5,4	22,9	40,9	958,3
Редиго Про, 0,9 л/т	3,0	12,5	17,1	18,8	1066,7
НСР ₀₅	3,4	4,9	1,1	3,0	137,2
Церкоспороз					
Контроль	0,0	0,2	5,6	12,3	215,7
Дэлит Про, 1,0 л/т	1,0	0,8	14,2	33,9	241,2
Редиго Про, 0,9 л/т	0,0	0,4	2,7	5,1	119,6
НСР ₀₅	0,0	0,7	2,1	3,9	64,9
Аскохитоз					
Контроль	2,8	0,4	0,1	0,7	34,5
Дэлит Про, 1,0 л/т	0,0	0,0	0,0	1,1	13,5
Редиго Про, 0,9 л/т	0,0	0,2	0,0	0,6	9,5
НСР ₀₅	0,0	0,6	0,5	0,5	24,5
Пероноспороз					
Контроль	0,0	6,3	10,8	33,0	823,2
Дэлит Про, 1,0 л/т	0,0	0,0	5,2	10,3	580,5
Редиго Про, 0,9 л/т	0,0	0,0	1,1	4,2	102,6
НСР ₀₅	0,0	2,0	5,4	4,4	68,2

развитие болезни в варианте с применением Дэлит Про было в 1,3 раза меньше, чем в контроле. Биологическая эффективность препарата при этом составила 25,2% (см. рис. 2).

Годы исследований были благоприятными для развития церкоспороза. Впервые болезнь отмечена в фазу трех тройчатых листьев. Установлено, что Дэлит Про не оказал защитного действия в отношении заболевания. Редиги Про, напротив, существенно снизил развитие церкоспороза, биологическая эффективность при этом составила 44,6% (см. рис. 2).

Аскохитоз зарегистрирован в фазу трех тройчатых листьев в виде единичных пятен. В контрольном варианте интенсивность развития в среднем за вегетационные периоды 2019, 2020 гг. варьировала от 0,1 до 2,8% (см. табл. 1). Оценивать биологическую эффективность препаратов при таких низких показателях развития болезни нецелесообразно, так как неизвестно поведение протравителей при высокой инфекционной нагрузке.

Погодные условия в конце июля – начале августа были благоприятными для развития пероноспороза. Для распространения конидий патогена необходимы дожди, длительные туманы или обильные росы, когда капли воды сохраняются на листьях не менее 5 ч.

Поражение взрослых растений наблюдали в локальной форме. Впервые заболевание зафиксировано в фазу цветения на листьях верхнего яруса в контрольном варианте с интенсивностью развития 6,3%. В опытных вариантах патоген проявился в фазу налива бобов, степень его развития оказалась на 5,6% (Дэлит Про) и 9,7% (Редиги Про) меньше, чем в контроле. К началу созревания бобов пероноспороз на контрольном варианте превысил установленный порог вредности (25%), но протравители продолжали эффективно сдерживать болезнь. Наибольшей биологической эффективностью против пероноспороза обладал препарат Редиги Про (87,5%) (см. рис. 2)⁷.

Проведенный анализ снопового материала показал наличие количественных различий в некоторых структурных элементах урожая. Высота растений сои в среднем за 2 года была максимальной при предпосевной обработке семян препаратом Дэлит Про, на 3,6 см больше относительно контроля. В варианте с применением Редиги Про изменений этого показателя не отмечено (см. табл. 2).

Величина урожая зависит от многих показателей, среди которых важное место занимает характеристика структуры его то-

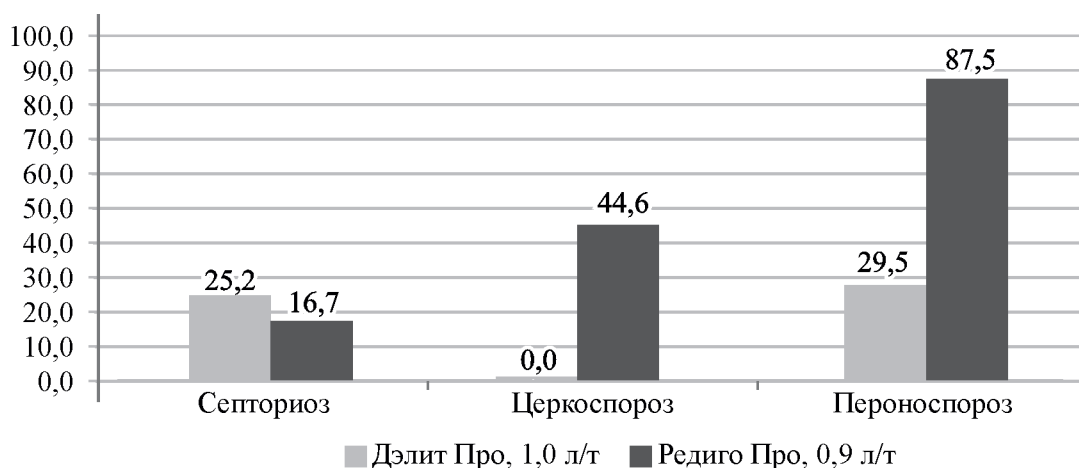


Рис. 2. Биологическая эффективность препаратов против листостебельных болезней сои (среднее за 2019, 2020 гг.)

Fig. 2. Biological efficacy of the chemicals against leaf-stem diseases of soybeans (average for 2019, 2020)

⁷Обзор фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур в 2018 г. и прогноз развития вредных объектов в 2019 г. / ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр», Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Приморскому краю. Владивосток, 2019. 72 с.

Табл. 2. Влияние препаратов на структурные элементы урожая (среднее за 2019, 2020 гг.)**Table 2.** Influence of the protectants on the structural elements of the crop yield (average for 2019, 2020)

Вариант опыта	Норма расхода препарата, л/т	Высота растения, см	Число семян на одном растении, шт.	Масса семян с одного растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль	—	56,4	19,5	3,1	154,4
Дэлит Про	1,0	60,0	20,9	3,2	162,9
Редиге Про	0,9	56,3	22,3	3,7	163,7
НСР ₀₅		2,5	2,0	0,4	3,2

варной части. Препарат Редиге Про стимулировал увеличение массы семян (на 0,6 г) и их число (на 2,8 шт.) с одного растения в сравнении с незащищенным вариантом. Оба препарата значительно увеличили массу 1000 семян (см. табл. 2).

Корреляционный анализ результатов исследований показал, что зависимость между урожайностью сои и интенсивностью развития основных грибных фитопатогенов, таких как септориоз ($r = -0,57$), церкоспороз ($r = -0,82$), аскохитоз ($r = -0,89$), корневые гнили ($r = -0,94$) и пероноспороз ($r = -1,00$), характеризовалась как умеренная и сильная отрицательная.

В контрольном варианте в среднем за 2 года получена наименьшая урожайность (1,64 т/га), чем при применении протравителей, которые оказывали эффективное подавляющее действие на болезни культуры. В варианте с использованием Редиге Про получена достоверная прибавка урожайности (0,19–0,20 т/га). При применении Дэлит Про отмечена тенденция увеличения урожайности относительно контроля, но прибавка оказалась несущественной: 0,08 т/га в 2019 г. и 0,11 т/га в 2020 г. (см. табл. 3).

Табл. 3. Влияние препаратов на урожайность сои, т/га**Table 3.** Effect of the protectants on the soybean yield, t/ha

Вариант	2019 г.	2020 г.	Среднее
Контроль	1,52	1,76	1,64
Дэлит Про, 1,0 л/т	1,60	1,87	1,74
Редиге Про, 0,9 л/т	1,71	1,96	1,84
НСР ₀₅	0,12	0,15	

Высокие значения чистого дохода свидетельствуют об экономической эффективности вариантов опыта. Данный показатель с учетом цен на 2020 г. составил 2,3 тыс. р./га (Дэлит Про) и 5,9 тыс. р./га (Редиге Про). Уровень рентабельности возрос относительно контроля на 222% (Дэлит Про) и 564% (Редиге Про).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных двухлетних испытаний фунгицидных протравителей установлено, что в агроклиматических условиях Приморского края предпосевная обработка семян сои – высокоэффективный способ защиты от корневых гнилей и листовых болезней. Применение препаратов Дэлит Про (1,0 л/т) и Редиге Про (0,9 л/т) способствовало активному росту растений и увеличению основных элементов структуры урожая: высоты растений, массы семян и их числа с одного растения, а также массы 1000 семян. В опытных вариантах отмечена тенденция увеличения урожайности относительно контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М., Зиангирова Л.М. Испытание гуминовых препаратов на сое в условиях Приморского края // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 42–50. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-42-50.
2. Затыбеков А.К., Турусбеков Е.К., Досжанова Б.Н., Абугалиева С.И. Изучение генетического разнообразия мировой коллекции сои с использованием микросателлитных маркеров, связанных с устойчивостью к грибным болезням // Труды по прикладной ботанике,

- генетике и селекции. 2020. № 181 (3). С. 81–90. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-81-90.
3. Жаркова С.В., Манылова О.В. Применение биофунгицида на посевах сои // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 3-1. С. 112–114. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10630.
 4. Кузьмин А.А., Разанцев Д.Р. Подбор родительских форм сои для селекции на устойчивость к пурпурному церкоспорозу и гетеродерозу // Защита и карантин растений. 2020. № 3. С. 33–34.
 5. Синеговский М.О., Кузьмин А.А. Состояние, перспективы и фитосанитарные риски производства сои // Защита и карантин растений. 2020. № 10. С. 7–11. DOI: 10.47.528/1026-8634_2020_10_7.
 6. Орина А.С., Шипилова Н.П., Гасич Е.Л., Гагкаева Т.Ю. Действие фунгицидов на рост патогенов сои из рода *Fusarium* // Защита и карантин растений. 2019. № 3. С. 17–19.
 7. Саенко Г.М. Фитосанитарный мониторинг основных болезней сои в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2019. № 3 (179). С. 106–113. DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-106-113.
 8. Саенко Г.М., Бушинева Н.А. Совместимость фунгицидных протравителей сои с инокулянтами // Масличные культуры. 2018. № 3 (175). С. 124–127. DOI: 10.25230/2412-608X-2018-3-175-124-127.
 9. Безмутко С.В., Кожевникова И.А., Черепанова Т.А. Анализ распространенности и развития основных грибных болезней сои в Приморском крае // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 4 (52). С. 9–15. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14046.
 10. Бутовец Е.С., Брагина В.В., Красковская Н.А., Дега Л.А., Ишбулдин А.Г. Эффективность фунгицидов в посевах пшеницы, кукурузы и сои в условиях Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 1 (45). С. 12–17. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-11002.
 11. Заостровных В.И., Кадуров А.А., Дубовицкая Л.К., Рязанова О.А. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосаждения // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4 (48). С. 51–67. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081.
 12. Султанова Н.Ж., Джаймурзина А.А., Бекежанова М.М., Кожабаяева Г.Е., Жумаханулы О., Тусубаев К.Б. Фитоэкспертиза и раз-
работка защитно-стимулирующих составов для оздоровления семян сои и оценка их эффективности в полевых условиях в Алтайской области // Известия ОшТУ. 2019. № 3. С. 31–39.
 13. Бударина Г.А. Проблемы и пути решения защиты сои и нута от семенной инфекции // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 86–92. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11209.
 14. 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.
 15. Разина А.А., Дятлова О.Г. Влияние средств химизации и протравливания семян на корневую гниль яровой пшеницы // Земледелие. 2019. № 4. С. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10410.
 16. Саенко Г.М., Бушинева Н.А. Эффективность предпосевной обработки семян сои против болезней и вредителей всходов // Масличные культуры. 2017. № 1 (169). С. 75–82.

REFERENCES

1. Butovets E.S., Lykyanchuk L.M. Ziangirova L.M. Testing humic substances on soy in the conditions of Primorsk region. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 10, pp. 42–50. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-42-50.
2. Zatybekov A.K., Turuspekov Y.T., Doszhanova B. N., Abugalieva S.I. A study of the genetic diversity in the world soybean collection using microsatellite markers associated with fungal disease resistance. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2020, no. 181 (3), pp. 81–90. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-81-90.
3. Zharkova S.V., Manylova O.V. Application of biofungicide to areas under soya beans. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2019, vol. 3-1, pp. 112–114. (In Russian). DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10630.
4. Kuzmin A.A., Razantsvey D.R. Selection of parental forms of soybeans for breeding for resistance to cercospora kikuchu and heterodera gly-

- cines. *Zashchita i karantin rasteniy = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2020, no. 3, pp. 33–34. (In Russian).
5. Sinegovsky M.O., Kuzmin A.A. State, prospects and phytosanitary risks of soybean production. *Zashchita i karantin rasteniy = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2020, no. 10, pp. 7–11. (In Russian). DOI: 10.47.528/1026-8634_2020_10_7.
 6. Orina A.S., Shipilov N.P., Gasich E.L., Gagkaeva T.Yu. The effect of fungicides on the growth of soy pathogens in the *Fusarium* genus. *Zashchita i karantin rasteniy = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2019, no. 3, pp. 17–19. (In Russian).
 7. Sayenko G.M. Phytosanitary monitoring of the basic diseases on soybean in the Krasnodar region. *Maslichnyye kul'tury = Oil Crops*, 2019, no. 3 (179), pp. 106–113. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-106-113.
 8. Saenko G.M., Bushneva N.A. Compatibility of fungicidal soybean protectants and inoculators. *Maslichnyye kul'tury = Oil Crops*, 2018, no. 3 (175), pp. 124–127. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2018-3-175-124-127.
 9. Bezmutko S.V., Kozhevnikova I.A., Cherepanova T.A. Analysis of the prevalence and development of major fungus diseases of soya in the Primorsky krai. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2019, no. 4 (52), pp. 9–15. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14046.
 10. Butovets E.S., Bragina V.V., Kraskovskaya N.A., Dega L.A., Ishbuldin A.G. Efficiency of fungicides in wheat, maize and soybean crops in the conditions of Primorsky krai. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2018, no. 1 (45), pp. 12–17. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2018-11002.
 11. Zaostrovnykh V.I., Kadurov A.A., Dubovitskaya L.K., Ryazanova O.A. Monitoring of species composition of diseases of soybean in different areas of soybean cultivation. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2018, no. 4 (48), pp. 51–67. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081.
 12. Sultanova N.Zh., Dzhaymurzina A.A., Bekezhanova M.M., Kozhabaeva G.E., Zhumakhanuly O., Tusupbaev K.B. Fidexperta and development of protective-stimulating compositions for the recovery of soybean seeds and assesses their efficiency in the field in Almaty region. *Izvestiya OshTU = Vestnik of Osh Technological University*, 2019, no. 3, pp. 31–39. (In Russian).
 13. Budarina G.A. Problems and solutions to protect soybeans and chickpeas from seed infection. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*, 2020, no. 4 (36), pp. 86–92. (In Russian). DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11209.
 14. Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Fillipov A.S., Nemchenko V.V. 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. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-3.
 15. Razina A.A., Dyatlova O.G. Influence of chemicalization means and seed treatment of the injuriousness of root rot of spring wheat. *Zemledeliye*, 2019, no. 4, pp. 40–44. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10410.
 16. Saenko G.M., Bushneva N.A. Effectiveness of prior-sowing soybean seeds treatment against diseases and pest effecting seedlings. *Maslichnyye kul'tury = Oil Crops*, 2017, no. 1 (169), pp. 75–82. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Безмутко С.В.**, научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 692684, Приморский край, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42а;
e-mail: dalniizr@mail.ru

Черепанова Т.А., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Svetlana V. Bezmutko**, Researcher;
address: 42a, Mira St., Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, 692684, Russia, e-mail: dalniizr@mail.ru
Tatiana A. Cherepanova, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.01.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.03.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДА ЛЮМАКС

✉ Костюк А.В., Лукачёва Н.Г., Ляшенко Е.В.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений

Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

✉ e-mail: dalniizr@mail.ru

Изучены чувствительность сельскохозяйственных культур к гербициду Люмакс, состоящего из трех действующих веществ (д.в.): С-метолахлора, тербутилазина и мезотриона, длительность их сохранения в лугово-бурой почве и определено последствие препарата на культуры севооборота. Исследования проведены в Приморском крае в 2019, 2020 гг. в условиях вегетационного домика. На опытных делянках до всходов кукурузы применяли гербицид Люмакс в дозах 4,0 л/га (рекомендованная) и 8,0 л/га (двукратная от рекомендованной). Осенью 2019 г. и весной 2020 г. с опытных участков и с контрольного (без гербицидов) отобраны образцы лугово-бурой почвы с глубины пахотного слоя, содержащего 3,5% гумуса. Образцы использованы для установления длительности сохранения действующего начала и последствия гербицида Люмакс. Предварительно отобраны растения индикаторы остаточных количеств препарата в лугово-бурой почве. Рассчитаны дозы гербицида, снижающие надземную массу тест-растения на 50%, и его предельно-допустимые концентрации в почве. Определено, что к концу вегетационного сезона при норме внесения препарата 4,0 л/га в лугово-бурой почве сохраняется 0,7–3,0% д.в. гербицида Люмакс, при норме 8,0 л/га – 0,6–3,9%. К началу следующего полевого сезона препарат, примененный в рекомендованной норме расхода, полностью разлагается, в двукратной норме от рекомендованной остается 0,8–1,7% гербицида. Через 8 мес после внесения гербицид Люмакс в норме расхода 4,0 л/га безопасен для последующих культур севооборота. В случае передозировки или двойного наложения (8,0 л/га) он способен оказывать последствие на чувствительные культуры. Определены культуры, высокочувствительные к препарату Люмакс: капуста, редис, рапс, свекла, томаты, огурец и рис; чувствительные: пшеница, гречиха и соя; относительно устойчивые: овес и ячмень. Установлена безопасная норма расхода гербицида Люмакс (4,0 л/га) для последующих культур севооборота.

Ключевые слова: гербицид, препарат, Люмакс, норма расхода, доза, культура, почва

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE USE OF THE HERBICIDE LUMAX

✉ Kostyuk A.V., Lukasheva N.G., Lyashenko E.V.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

✉ e-mail: dalniizr@mail.ru

The sensitivity of agricultural crops to the Lumax herbicide, consisting of three active agents C-metolachlor, terbutylazine and mesotrione, the duration of their action in meadow-brown soil, and the aftereffect of the herbicide on the plants of the crop rotation were determined. The study was conducted in the conditions of the greenhouse in the Primorsky Territory in 2019 and 2020. The herbicide Lumax was used on experimental plots before corn germination at doses of 4.0 l/ha (recommended) and 8.0 l/ha (twice the recommended). In the autumn of 2019 and in the spring of 2020, samples of meadow-brown soil were taken from the experimental plots and from the control (without herbicides) from the depth of the arable layer containing 3.5% humus. The samples were used to establish the duration of the action of active agents and the aftereffect of the herbicide Lumax. Prior to this, plants indicating residual amounts of the chemical in meadow-brown soil were pre-selected. The doses of the herbicide which reduce the above-ground mass of the test plant by 50% were calculated, as well as its maximum permissible concentration in the soil. It was determined that by the end of the growing season, 0.7–3.0% of the active agent of the herbicide Lumax is retained in meadow-brown soil at a rate of application of 4.0 l/ha, and 0.6–3.9% – at a rate of 8.0 l/ha. By

the beginning of the next field season, the preparation applied at the recommended rate completely decomposed, while when it was applied at a double rate of the recommended rate, 0.8–1.7% of the herbicide remained. Eight months after the application at a rate of 4.0 l/ha, the herbicide Lumax is safe for subsequent crops of the crop rotation. In case of overdose or double application (8.0 l/ha), it can have an aftereffect on sensitive crops. The crops that are highly sensitive to the Lumax preparation were identified: cabbage, radish, rapeseed, beetroot, tomatoes, cucumber and rice; sensitive: wheat, buckwheat and soybean; relatively resistant: oats and barley. A safe consumption rate of the Lumax herbicide (4.0 l/ha) for subsequent crops of the crop rotation was established.

Keywords: herbicide, preparation, Lumax, consumption rate, dose, crop, soil

Для цитирования: Костюк А.В., Лукачёва Н.Г., Ляшенко Е.В. Экологическая оценка применения гербицида Люмакс // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 49–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-6>

For citation: Kostyuk A.V., Lukasheva N.G., Lyashenko E.V. Environmental assessment of the use of the herbicide Lumax. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 49–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Засоренность посевов – один из факторов, сдерживающих получение высоких и стабильных урожаев зерна кукурузы. Современное земледелие располагает широким набором способов борьбы с сорными растениями, наиболее действенный из них – применение гербицидов [1]. В настоящее время в мире около половины урожая сельскохозяйственных культур получают за счет средств защиты растений, поэтому обеспечить возрастающее население планеты продуктами питания и сырьем без применения пестицидов практически невозможно. В этих условиях высока актуальность проблем, связанных с контролем поведения химических в среде [2–4].

Для решения фитосанитарных задач используются новые технологии сельскохозяйственного производства, исследуется безопасность средств защиты растений, разрабатываются экологические нормативы их допустимого остаточного содержания [5, 6].

По различным оценкам 70–90% пестицидов в момент применения попадает в почву. Их остаточные количества угнетают почвенную биоту, оказывают отрицательное последствие на культурные растения, загрязняют поверхностные и подземные воды [7].

Проблема загрязнения пахотных почв современными гербицидами связана с продовольственной безопасностью страны, так как может привести к значительным потерям урожая сельскохозяйственных культур в результате неконтролируемого использования гербицидов [8].

Одно из требований, предъявляемых к гербицидам при регистрационных испытаниях, – экологическая безопасность. Она определяется рядом показателей: разложение в течение одного вегетационного периода, отсутствие последствия на следующие культуры севооборота и т.д. [9, 10]. Отсутствие отрицательного последствия – одно из важнейших свойств избирательных гербицидов. Большинство используемых препаратов обладает таким свойством, если соблюдаются регламенты их применения. При нарушении технологии (завышение нормы расхода, неравномерное распределение по площади и др.) многие препараты становятся опасными и могут вызвать повреждение не только обработанных, но и последующих культур севооборота [11].

Гербициды нового поколения, обладают высокой фитотоксичностью и сохраняют гербицидную активность в объектах окружающей среды, в частности в почве, в течение длительного времени. В связи с загрязнени-

ем пахотных почв остатками современных персистентных гербицидов требуются новые способы решения этой проблемы [12–14].

Остаточные количества гербицидов или их метаболитов действуют на последующую культуру. Для полевых севооборотов это не имело практического значения, так как доля таких гербицидов в производстве была незначительной [15].

Число химических веществ ежегодно увеличивается примерно на тысячу наименований. Однако многие из них недостаточно изучены с точки зрения экологической безопасности в различных почвенно-климатических условиях [16].

Оценка скорости детоксикации пестицидов проводится следующими методами: прямое определение динамики соединения веществ в почве при помощи физико-химических анализов и косвенное – при помощи биотестов. Первый метод в некоторых случаях недостаточно чувствителен для определения следов гербицидов, в частности применяемых в низких дозах. Наиболее доступным и достаточно информативным в этом случае признан фитотест на чувствительных растениях [17].

Цель исследований – изучить чувствительность сельскохозяйственных культур к гербициду Люмакс, состоящему из трех действующих веществ: С-метолахлора, тербутилазина и мезотриона, установить длительность их сохранения в лугово-бурой почве и определить последствие препарата на культуры севооборота.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в вегетационном домике (2019, 2020 гг.), а также на опытном поле Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений в 2019 г. Почва участка – лугово-бурая оподзоленная среднесуглинистая, содержащая в пахотном горизонте 3–4% гумуса, $pH_{\text{сол}}$ 5,0–5,9.

В 2019 г. в условиях вегетационного домика определяли чувствительность 12 сель-

скохозяйственных культур к гербициду Люмакс. Навеску лугово-бурой почвы 1,5 кг обрабатывали растворами гербицида в дозах: 4,0; 3,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 и 0,0315 л/га. Нанесение растворов препарата осуществляли с помощью лабораторного опрыскивателя ОЛ-5 конструкции Всероссийского НИИ фитопатологии. Через 1 сут после тщательного перемешивания обработанную почву помещали в стаканчики по 300 г. В них высевали семена следующих тест-культур: пшеница, ячмень, овес, рис, рапс, редис, огурцы, гречиха, соя, капуста, свекла и томаты.

В 2019 г. в посеве кукурузы до появления всходов применяли гербицид Люмакс в нормах расхода 4,0 л/га (рекомендованная) и 8,0 л/га (двукратная от рекомендованной). Осенью (через 3 мес) и весной 2020 г. (через 8 мес) с этих делянок, а также с контрольного варианта отобраны образцы лугово-бурой почвы с глубины пахотного слоя (0–20 см). Почву просушивали, измельчали, затем ею наполняли стаканчики, после чего в них высевали семена чувствительных тест-культур. Одновременно навеску чистой (без гербицидов) лугово-бурой почвы 1,5 кг обрабатывали растворами препарата Люмакс. После подготовки, описанной выше, высевали те же отобранные чувствительные культуры. Повторность опытов пятикратная. Влажность почвы в стаканчиках поддерживали на уровне 60–70% ПВ (полевая влагоемкость) путем полива водопроводной водой. Через 30 сут растения срезали и взвешивали. Расчет ED_{10} и ED_{50} (токсичная доза, снижающая зеленую массу растений на 10 и 50%), а также остаточных количеств действующих веществ в почве проводили с помощью компьютера. Последствие гербицида Люмакс определяли по снижению надземной массы тест-растений в сравнении с контролем.

Все исследования выполняли согласно утвержденному методическому руководству¹, а цифровой материал обрабатывали по Б.А. Доспехову².

¹Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сельскохозяйственные культуры реагировали на внесение в почву гербицида Люмакс по-разному. Полную гибель свеклы наблюдали от присутствия в почве 0,063 л/га препарата, капусты и огурца – от 0,25 л/га, томатов, риса, рапса и редиса – от 0,5 л/га, гречихи и пшеницы – от 2,0 л/га, а сои, овса и ячменя – от 4,0 л/га (см. табл. 1).

Расчет токсичной дозы гербицида Люмакс, снижающей зеленую массу растений на 50%, показал, что для свеклы она равна 0,004 л/га, для капусты, риса, томатов, огурца, рапса и редиса – 0,045–0,166 л/га. Эти культуры определены как высокочувствительные. Чувствительными культурами к данному гербициду оказались пшеница, гречиха и соя, относительно устойчивыми – овес и ячмень. К растениям индикаторам остаточных количеств гербицида Люмакс в лугово-бурой почве относятся высокочув-

ствительные и чувствительные сельскохозяйственные культуры. По показателю ED_{10} препарата в почве тест-культуры в порядке убывания располагаются следующим образом: ячмень → овес → соя → гречиха → пшеница → редис → рапс → огурцы → томаты → рис → капуста → свекла.

К концу вегетационного сезона (через 3 мес после обработки) от нормы внесения 4,0 л/га (2,152 кг д.в./га) в лугово-бурой почве сохранилось 0,016–0,064 кг д.в./га, или 0,7–3,0%, гербицида Люмакс, от нормы внесения 8,0 л/га (4,304 кг д.в./га) – 0,024–0,170 кг/га, или 0,6–3,9%, (см. табл. 2).

На присутствие изучаемого препарата в почве показали практически все отобранные растения индикаторы. К началу следу-

Табл. 1. Токсичная доза гербицида Люмакс для сельскохозяйственных культур в лугово-бурой почве, л/га

Table 1. Toxic dose of the Lumax herbicide for agricultural crops in meadow brown soil, l/ha

Культура	Полная гибель растений	Снижение зеленой массы растений	
		на 50%	на 10%
Ячмень	4,0	1,193 (1,020 ÷ 1,394)	0,595
Овес	4,0	1,087 (0,994 ÷ 1,188)	0,399
Соя	4,0	0,712 (0,611 ÷ 0,829)	0,201
Гречиха	2,0	0,357 (0,308 ÷ 0,413)	0,178
Пшеница	2,0	0,336 (0,247 ÷ 0,456)	0,132
Редис	0,5	0,166 (0,126 ÷ 0,219)	0,070
Рапс	0,5	0,104 (0,089 ÷ 0,122)	0,042
Огурцы	0,25	0,070 (0,057 ÷ 0,085)	0,031
Томаты	0,5	0,068 (0,051 ÷ 0,091)	0,020
Рис	0,5	0,067 (0,053 ÷ 0,086)	0,020
Капуста	0,25	0,045 (0,033 ÷ 0,062)	0,017
Свекла	0,063	0,004 (0,001 ÷ 0,018)	0

Табл. 2. Динамика содержания действующих веществ гербицида Люмакс в лугово-бурой почве

Table 2. Dynamics of the content of active agents of the herbicide Lumax in meadow-brown soil

Тест-культура	Норма расхода, л/га		Содержание д.в. в слое почвы 0–20 см			
	по препарату	по д.в.	через 3 мес		через 8 мес	
			кг/га	% от внесенного количества	кг/га	% от внесенного количества
Соя	4	2,152	0,060	2,8	0	0
	8	4,304	0,064	1,5	0,040	0,9
Пшеница	4	2,152	0,064	3,0	0	0
	8	4,304	0,090	2,1	0,072	1,7
Гречиха	4	2,152	0	0	0	0
	8	4,304	0,110	2,6	0	0
Редис	4	2,152	0,016	0,7	0	0
	8	4,304	0,038	1,0	0	0
Рапс	4	2,152	0,025	1,2	0	0
	8	4,304	0,056	1,3	0	0
Капуста	4	2,152	0	0	0	0
	8	4,304	0,026	0,6	0	0
Огурцы	4	2,152	0,045	2,1	0	0
	8	4,304	0,050	1,2	0,035	0,8
Томаты	4	2,152	0,058	2,7	0	0
	8	4,304	0,062	1,4	0,047	1,1
Рис	4	2,152	0,046	2,1	0	0
	8	4,304	0,064	1,5	0,046	1,1

ющего полевого сезона (через 8 мес после внесения) препарат Люмакс, примененный в рекомендованной норме расхода, полностью разложился. При внесении препарата в двукратной от рекомендованной дозы осталось гербицида 0,035–0,072 кг/га, или 0,8–1,7%. Остаточные количества Люмакса в почве отмечены в посевах огурцов, сои, риса, томатов и пшеницы.

Проведенные исследования по определению последствий гербицида Люмакс свидетельствуют о том, что в рекомендованной норме расхода 4,0 л/га томаты незначительно (на 1,5%) снижали надземную массу (см. табл. 3).

На остальных культурах зеленая масса растений зарегистрирована на 0,7–7,9% больше, чем на безгербицидном варианте. В дозе 8,0 л/га, двукратной от рекомендованной, достоверно ($НСР_{05} = 11,7$ и 9,1% соответственно) наименьшее наращивание зеленой массы отмечено на пшенице – 12,5% и сое – 10%. Надземная масса томатов, огурца и риса оказалась также на 8,0–9,7% меньше, чем в контроле.

Табл. 3. Последствие гербицида Люмакс на культуры севооборота

Table 3. Aftereffect of the herbicide Lumax on the plants of crop rotation

Культура	Зеленая масса растений в контроле, г	Снижение зеленой массы растений от норм расхода, % к контролю		$НСР_{05}$, %
		4,0 л/га	8,0 л/га	
Пшеница	1,52	+ 0,7	12,5	11,7
Рис	0,86	+ 1,2	9,3	11,6
Соя	2,57	+ 4,7	10	9,1
Гречиха	3,64	+ 4,4	0	14,6
Огурцы	3,32	+ 6,3	8,7	11
Томаты	1,37	1,5	8,0	14
Рапс	1,51	+ 7,9	0	12

ВЫВОДЫ

1. По результатам исследований, проведенных в условиях вегетационного домика в лугово-бурой почве, установлена чувствительность сельскохозяйственных культур к гербициду Люмакс. Определены следующие высокочувствительные культуры: капуста, редис, рапс, свекла, томаты, огурцы, рис; чувствительные: пшеница, соя, гречиха; относительно устойчивые: ячмень, овес. К растениям индикаторам остаточных количеств гербицида Люмакс относятся высокочувствительные и чувствительные культуры.

2. Через 8 мес после внесения гербицида Люмакс в рекомендованной (4,0 л/га) норме расхода безопасен для последующих культур севооборота. В случае передозировки или двойного наложения (8,0 л/га) он может оказывать последствие. В лугово-бурой почве сохраняется до 0,8–1,7% действующего вещества препарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова С.В., Губа Е.И. Гербициды для раннеспелых и среднеспелых гибридов кукурузы // Защита и карантин растений. 2017. № 7. С. 48–50.
2. Данилова А.А. Оценка детоксикационной активности черноземов в агроценозах // Агрохимия. 2017. № 8. С. 92–96.
3. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г. Современные проблемы изучения гербицидов // Агрохимия. 2010. № 7. С. 73–91.
4. Мрясова Л.М., Кузнецова В.А., Остронков В.С., Лащин С.А. Снижение гербицидной нагрузки при использовании арабиногалактана // Аграрная наука. 2016. № 8. С. 15–17.
5. Соколов М.С., Санин С.С., Долженко В.И., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Надикта В.Д. Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая // Агрохимия. 2017. № 4. С. 3–9.
6. Захаренко В.А. Больше внимания разработке и внедрению современных технологий // Защита и карантин растений. 2006. № 1. С. 4–8.
7. Сметник А.А., Спиридонов Ю.Я. Особенности поведения пестицидов в почве // Защита и карантин растений. 2002. № 2. С. 46–47.

8. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков гербицидов в почве // *Агрохимия* 2016. № 6. С. 39–45.
9. Долженко В.И., Петунова А.А., Маханькова Т.А. Биолого-токсикологические требования к ассортименту гербицидов // *Защита и карантин растений*. 2001. № 5. С. 14.
10. Петрова М.О., Черменская Т.Д., Долженко В.И. Развитие исследований в аналитической лаборатории ВИЗР по оценке остаточных количеств пестицидов // *Вестник защиты растений*. 2020. Т.103. № 12. С. 87–93. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-2-13399.
11. Гулидов А.М. О последствии гербицидов // *Защита и карантин растений*. 2003. № 2. С. 25–26.
12. Федоровский О.Ю., Халиков С.С., Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д. Антидотная активность нового производного стимулятора роста растений флороксан по отношению к гербициду ряда сульфонилмочевин-метсульфуронметилу // *Агрохимия*. 2019. № 5. С. 29–34. DOI: 10.1134/S0002188119050041.
13. Халиков С.С., Голубев А.С., Чкаников Н.Д., Коротов Н.А., Спиридонов Ю.Я. Инновационные протравители с антидотным действием // *Агрохимия*. 2017. № 4. С. 22–25.
14. Спиридонов Ю.Я., Чичварина О.А., Босак Г.С., Селютин О.Ю., Поляков Н.Д., Варламова А.И., Федоровский О.Ю., Чкаников Н.Д., Халиков С.С. Инновационный подход в создании протравителей с антидотным действием против почвенных остатков гербицидов сульфонилмочевинного ряда // *Агрохимия*. 2019. № 5. С. 35–47. DOI: 10.1134/S0002188119050089.
15. Стецов Г.Я. Последствие гербицидов в Западной Сибири // *Защита и карантин растений*. 2015. № 3. С. 17–19.
16. Романенко Г.А. Обеспечить экологически безопасное развитие АПК // *Аграрная наука*. 2002. № 8. С. 2–3.
17. Данилова А.А. Доступный способ регулирования скорости детоксикации пестицидов в зерновых агроценозах Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 4. С. 33–35.

REFERENCES

1. Kuznetsova S.V., Guba E.I. Herbicides for early and mid-ripening corn hybrids. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 7, pp. 48–50. (In Russian).
2. Danilova A.A. Assessment of the detoxification activity of chernozems in agrocenoses. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2017, no. 8, pp. 92–96. (In Russian).
3. Spiridonov Yu.Ya., Zhemchuzhin S.G. Herbicides: current state of the problem. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2010, no. 7, pp. 73–91. (In Russian).
4. Mryasova L.M., Kuznetsova V.A., Ostroikov V.S., Lashin S.A. Reduction of herbicide stress by use arabinogalactan. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2016, no. 8, pp. 15–17. (In Russian).
5. Sokolov M.S., Sanin S.S., Dolzhenko V.I., Spiridonov Yu.Ya., Glinushkin A.P., Karakotov S.D., Nadykta V.D. The concept of fundamental-applied studies of plant and yield protection. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2017, no. 4, pp. 3–9. (In Russian).
6. Zakharenko V.A. More attention to the development and implementation of modern technologies. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2006, no. 1, pp. 4–8. (In Russian).
7. Smetnik A.A., Spiridonov Yu.Ya. Characteristics of pesticides in the soil. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2002, no. 2, pp. 46–47. (In Russian).
8. Khalikov S.S., Chkanikov N.D., Spiridonov Yu.Ya., Glinushkin A.P. The new drug for pre-treatment of seeds with comprehensive protection against diseases and herbicide residues in soil. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2016, no. 6, pp. 39–45. (In Russian).
9. Dolzhenko V.I., Petunova A.A., Makhan'kova T.A. Biological and toxicological requirements for the range of herbicides. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2001, no. 5, p. 14.
10. Petrova M.O., Chermenskaya T.D., Dolzhenko V.I. Development of the research to assess residual pesticides in the analytical laboratory of VIZR. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2020. T.103, no. 12, pp. 87–

93. (In Russian). DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-2-13399.
11. Gulidov A.M. On the aftereffect of herbicides. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2003, no. 2, pp. 25–26. (In Russian).
12. Fedorovskii O.Yu., Khalikov S.S., Spiridonov Yu.Ya., Chkanikov N.D. Antidote activity of a new derivative of plant growth stimulator floroxan in relation to herbicide from a number of sulfonylureas-metsulfuronmethyl. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 5, pp. 29–34. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119050041.
13. Khalikov S.S., Golubev A.S., Chkanikov N.D., Korotov N.A., Spiridonov Yu.Ya. Innovative protectants with antidote effect. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2017, no. 4, pp. 22–25. (In Russian).
14. Spiridonov Yu.Ya., Chichvarina O.A., Bosak G.S., Selyutina O.Yu., Polyakov N.D., Varlamova A.I., Fedorovskii O.Yu., Chkanikov N.D., Khalikov S.S. Innovative approach in development of disinfectants with antidote action against soil residues of sulfonylurea series. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 5, pp. 35–47. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119050089.
15. Stetsov G.Ya. The aftereffect of herbicides in Western Siberia. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2015, no. 3, pp. 17–19. (In Russian).
16. Romanenko G.A. Ensure environmentally friendly development of the agro-industrial complex. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2002, no. 8, pp. 2–3. (In Russian).
17. Danilova A.A. Accessible method of regulation of pesticide detoxification rate in cereal agrocenoses of Western Siberia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 4, pp. 33–35. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Костюк А.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 692684, Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42-а; e-mail: dalniizr@mail.ru

Лукачёва Н.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Ляшенко Е.В., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander V. Kostyuk**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 42a, Mira St., Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: dalniizr@mail.ru

Nadezhda G. Lukacheva, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Elena V. Lyashenko, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 24.02.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.04.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021



ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕГО ГОМЕОСТАЗА У КОРОВ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ЛАКТАЦИЙ

✉ ¹Дементьева Е.С., ²Магер С.Н.

¹Томский сельскохозяйственный институт – филиал Новосибирского государственного аграрного университета

Томск, Россия

✉ e-mail: desem@rambler.ru

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

Исследованы иммуноморфологические показатели коров крупного рогатого скота, находящегося в разных периодах лактации. В первые 3 мес лактации, исключая 7 дней молозивного периода, в сыворотке крови обнаружено 59,3 ед. циркулирующих иммунных комплексов, в середине лактации (4–7 мес) – 94,2 ($p < 0,05$), в конце (8–10 мес) – 94,1 ед. ($p < 0,05$). Достоверное различие между показателем в первые 3 мес и в последующие периоды лактации, связано с тем, что в начале лактации коровы еще не стельные. В молозивный период высокий показатель циркулирующих иммунных комплексов 116,1 ед. ($p < 0,05$) определен как следствие предродовой иммунной атаки плода на организм коровы, когда система мононуклеарных фагоцитов еще не справилась с элиминацией продуктов нейтрализации. В сухостойный период количество циркулирующих иммунных комплексов составляло 87,6 ед. ($p < 0,05$). Снижение показателя происходило в связи с увеличением активности мононуклеарных фагоцитов и отсутствием лактационной нагрузки на организм. Содержание сегментоядерных, функционально зрелых лейкоцитов в начале лактации составляло 39,4%, в середине лактации этот показатель снижался до 24,8% ($p < 0,05$), в конце ее составил 26,3% ($p < 0,05$). Установлено достоверное различие в относительном количестве сегментоядерных нейтрофилов в контроле и у нелактующих коров в сухостойном периоде – 29,9% ($p < 0,05$). В молозивный период уровень содержания лимфоцитов в крови животных составил 62,0% ($p < 0,05$) и достоверно отличался от контроля – 43,6%. В середине и в конце лактации также прослеживалось достоверное отличие показателя от контроля до 58,9–59,4% ($p < 0,05$). Установлено достоверное различие с группой глубокоствольных сухостойных коров – 53,9% ($p < 0,05$). В первые 1–3 мес лактации коровы или еще не стельные, или между матерью и плодом еще не сформирована тесная связь (плацента), поэтому низкая активность специфического иммунитета в это время вызвана отсутствием в крови коров чужеродных антигенов плода. Полученные данные свидетельствуют о возможности инициации родового процесса иммунной системой.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, лактация, резистентность, иммунная система, гомеостаз, лимфоциты, циркулирующие иммунные комплексы, мононуклеарные фагоциты

INDICATORS OF TOTAL HOMEOSTASIS IN COWS IN DIFFERENT PERIODS OF LACTATIONS

✉ ¹Dementieva E.S., ²Mager S.N

¹Tomsk Agricultural Institute – Branch of Novosibirsk State Agrarian University

Tomsk, Russia

✉ e-mail: desem@rambler.ru

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

The immunomorphological parameters of cattle in different periods of lactation were studied. In the first 3 months of lactation, excluding 7 days of the colostrum period, 59.3 units of circulating immune complexes were found in the serum, in the middle of lactation (4–7 months) – 94.2 ($p < 0.05$), at the end (8–10 months) – 94.1 units ($p < 0.05$). The significant difference between the indicator in the first 3 months and in the subsequent periods of lactation is due to the fact that at the beginning of lactation the cows were not yet pregnant. In the colostrum period, a high rate of circulating immune complexes of 116.1 units ($p < 0.05$) was determined as a consequence of a fetal prenatal immune attack on the cow's body, when the system of mononuclear phagocytes had not yet coped with the elimination of neutralization products. During the dry period, the number of circulating immune complexes was 87.6 units ($p < 0.05$). The decrease in the indicator occurred due to an increase in the activity of mononuclear phagocytes and the absence of lactation effect on the body. The content of segmental, functionally mature leukocytes at the beginning of lactation was 39.4%, in the middle of lactation this indicator decreased to 24.8% ($p < 0.05$), at the end it was 26.3% ($p < 0.05$). A significant difference was found in the relative number of segmented neutrophils in the control group and in non-lactating cows in the dry period – 29.9% ($p < 0.05$). During the colostrum period, the level of lymphocytes in the blood of animals was 62.0% ($p < 0.05$) and it significantly differed from the control – 43.6%. In the middle and at the end of lactation, there was also a significant difference between the indicator and the control, up to 58.9–59.4% ($p < 0.05$). A significant difference with the group of down-calving dry cows was established – 53.9% ($p < 0.05$). In the first 1–3 months of lactation, cows are either not yet pregnant, or a close bond (placenta) between the mother and the fetus has not yet been formed, therefore a low activity of specific immunity at this time is caused by the absence of foreign fetal antigens in the blood of cows. The findings suggest that the birth process may be initiated by the immune system.

Keywords: cattle, lactation, resistance, immune system, homeostasis, lymphocytes, circulating immune complexes, mononuclear phagocytes

Для цитирования: Дементьева Е.С., Магер С.Н. Показатели общего гомеостаза у коров в разные периоды лактаций // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 56–64. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-7>

For citation: Dementieva E.S., Mager S.N. Indicators of total homeostasis in cows in different periods of lactations. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2. pp. 56–64. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Технология производства молока предполагает, что в течение 7 мес лактации коровы вынашивают плод. Совмещение двух таких энергозатратных физиологических процессов, как беременность и молокообразование, истощает системы организма, вызывает нарушение компенсаторных механизмов, сокращает продолжительность эксплуатации и жизни животных [1, 2]. Для обеспечения здоровья матери и плода особое значение имеет состояние иммунной системы коров [3, 4].

Цель работы – изучить наиболее информативные гомеостатические показатели крови и сыворотки крови крупного рогатого скота в различные периоды лактации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на базе Новосибирского государственного аграрного университета и Томского сельскохозяйственного института. Объектом исследования служили коровы голштинских помесей сибирского отродья черно-пестрой породы с разной долей кровности первой – седьмой

лактаций с продуктивностью 3500–5500 кг. Разброс продуктивности продиктован необходимостью увеличить выборку животных. В предыдущих исследованиях нами не выявлено достоверной разницы при сопоставлении иммунологических и гематологических показателей у коров с продуктивностью от 3500 до 5500 кг.

Для определения показателей общего гомеостаза у коров в зависимости от периода лактации сформировали группы с числом животных от трех до 32. Для их сравнения использовали методы статистической обработки, которые позволяют выявить достоверные различия в группах с разным числом животных. Для оценки динамики показателей гомеостаза полученные данные сравнивали с контролем, в качестве которого выбрали группу коров, находящуюся в начале лактации.

Во все периоды опыта исследованы разные животные, что позволило избежать возможного влияния сезонности, изменения условий содержания и кормления на результаты опыта.

В крови лактирующих коров проводили подсчет форменных элементов, определяли лейкограмму по общепринятым методикам с помощью микроскопирования в камере Горяева и мазков крови, окрашенных по Романовскому – Гимза. Активность сывороточ-

ного лизоцима исследовали на фотоэлектрoкалориметре, оценивая светoпропускание в контрольных и опытных пробирках. Фагоцитарную активность нейтрофилов определяли методом опсонофагоцитарной реакции с использованием культуры золотистого стафилококка (штамм № 209). Определение циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови проводили на фотоэлектрoкалориметре, предварительно разводя сыворотку боратым буфером. Для оценки бластной трансформации лимфоцитов применяли стимулятор фитогемагглютинин, результаты учитывали морфологическим методом [5].

Статистическую обработку полученных цифровых данных, в том числе расчет средних значений и расчет математически достоверной разницы показателей результатов, проводили с использованием пакета статистических программ «Statistica for Windows 6.0»

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ изменений иммунологических показателей в различные периоды лактации показывает, что активность сывороточного лизоцима в контроле составляла 31,6% светoпропускания, в сухостойный период – 35,9% ($p < 0,05$), что свидетельствует об усилении неспецифического иммунитета перед отелом (см. табл. 1). При лактации, продол-

Табл. 1. Иммунологические показатели крови коров в разные периоды лактации

Table 1. Immunological indicators of cows' blood in different lactation periods

Показатель	Период лактации				
	1–3 мес (n = 16) контроль	4–7 мес (n = 6)	8–10 мес (n = 32)	Сухостойный (n = 28)	Молозивный (n = 7)
Лизоцим, % светoпропускания	31,6 ± 1,4	30,3 ± 2,0	32,3 ± 1,5	35,9 ± 1,1*	36,6 ± 3,2
Цркулирующие иммунные комплексы, ед.	59,3 ± 8,4	94,2 ± 14,5*	94,1 ± 6,4*	87,6 ± 7,0*	116,1 ± 21,0*
Бласты, %	54,8 ± 2,1	51,2 ± 5,1	53,3 ± 1,9	58,5 ± 2,2	53,1 ± 3,2
Средние лимфоциты, %	22,6 ± 1,8	20,3 ± 3,2	19,8 ± 1,0	20,5 ± 1,1	23,3 ± 2,0
Малые лимфоциты, %	22,7 ± 1,7	28,5 ± 3,3	27,1 ± 1,5	21,2 ± 1,7	23,1 ± 2,0
Активные лимфоциты, %	77,3 ± 1,7	71,5 ± 3,3	73,2 ± 1,5	79,0 ± 1,8	76,6 ± 1,9
Спонтанная активность, %	25,4 ± 2,0	26,8 ± 3,7	23,6 ± 1,8	22,0 ± 1,5	24,9 ± 2,5
Активные нейтрофилы, %	39,1 ± 2,0	40,0 ± 2,0	40,8 ± 1,6	37,1 ± 1,6	39,1 ± 3,8

* $p < 0,05$.

жающейся больше 12 мес, активность лизоцима достоверно выше контрольной группы – 40,7% ($p < 0,05$), что, возможно, связано с низкой молочной продуктивностью при длительной лактации [6, 7].

В первые 3 мес лактации, исключая 7 дней молозивного периода, в сыворотке обнаружили 59,3 ед. циркулирующих иммунных комплексов, в середине лактации (4–7 мес) – 94,2 ед. ($p < 0,05$), в конце (8–10 мес) – 94,1 ед. ($p < 0,05$). Достоверное различие между показателем в первые 3 мес и в последующие периоды лактации, вероятно, связано с тем, что в начале лактации коровы еще не стельные¹ [8]. Из 16 животных, находящихся в начале лактации, 15 были нестельными, одна с неопределенной стельностью, поскольку была вынужденно убита из-за травмы вымени. Срок стельности определяли после рождения здорового теленка.

В молозивный период высокий показатель циркулирующих иммунных комплексов – 116,1 ед. ($p < 0,05$) – свидетельствует о предродовой иммунной атаке плода на организм коровы, система мононуклеарных фагоцитов еще не справилась с элиминацией продуктов нейтрализации антител. В сухостойный период, когда количество циркулирующих иммунных комплексов составляло 87,6 ед. ($p < 0,05$), происходило снижение показателя, вероятно, в связи с увеличением активности мононуклеарных фагоцитов [9–12].

При оценке функциональной активности лимфоцитов установлено, что под воздействием фитогемагглютина в контрольной группе в бласты трансформировалось 54,8% лимфоцитов, в 4–7 мес лактации количество бластов уменьшалось до 51,2, в 8–10 мес активность лимфоцитов увеличивалась до 53,3%.

Таким образом, низкая активность лимфоцитов в середине лактации является следствием высокой продуктивности и глубокой стельности животных в этот период. В молозивный период лимфоциты трансформировались в бласты на 53,1%. В сухостойный

период активность лимфоцитов повышалась до 58,5%, это больше, чем в конце лактации. С уменьшением или прекращением выработки молока усиливалась специфическая реактивность и способность организма животных выдерживать антигенную нагрузку со стороны плода.

Уровень всех активных лимфоцитов, включая средний, был наиболее высок в сухостойный период – 79,0%, а также во время лактации, продолжающейся более 12 мес, – 79,7%. Самый низкий (71,5%) показатель отмечен в середине лактации, когда продукция молока наибольшая. Это указывает на обратную корреляционную зависимость количества выработанного молока от уровня специфической резистентности [13, 14].

Спонтанную активность лимфоцитов подсчитывали без добавления фитогемагглютина в контрольной пробе. В начале лактации показатель составлял 25,4%, в середине возрастал до 26,8%.

Показатели фагоцитарной активности нейтрофилов у коров от молозивного периода до 10 мес лактации отличались стабильностью и варьировали от 39,1 до 40,8% активных нейтрофилов.

Изучены гематологические показатели крови (см. табл. 2). В начале лактации содержание палочкоядерных нейтрофилов составляло 2,9%, в середине – 2,0, в конце – 1,3%; при лактации, продолжающейся более 12 мес, – 0,7% ($p < 0,05$). В течение лактации у коров наблюдали постепенное уменьшение палочкоядерных нейтрофилов, которое свидетельствует о стабилизации образования лейкоцитов в органах кроветворения [15, 16].

Содержание сегментоядерных, функционально зрелых лейкоцитов в начале лактации составляло 39,4%, в середине этот показатель снижался до 24,8% ($p < 0,05$), в конце ее – 26,3% ($p < 0,05$). При этом установлено достоверное различие в относительном количестве сегментоядерных нейтрофилов в контроле и у нелактующих коров в сухо-

¹Яценко Ю.Н., Магер С.Н. Изучение уровня циркулирующих иммунных комплексов у телят с различным иммунным статусом в ранний постнатальный период // Актуальные проблемы развития АПК в работах молодых ученых Сибири: материалы XI регион. науч.-практ. конф. молодых ученых Сибирского федерального округа. Новосибирск, 2015. С. 155–160.

Табл. 2. Гематологические показатели крови коров в разные периоды лактации**Table 2.** Hematological blood counts of cows in different lactation periods

Показатель	Период лактации				
	1–3 мес (n = 11) контроль	4–7 мес (n = 6)	8–10 мес (n = 25)	Сухостой- ный (n = 26)	Молозив- ный (n = 7)
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2,9 ± 0,9	2,0 ± 1,0	1,3 ± 0,2	1,9 ± 0,4	2,3 ± 1,1
Сегментоядерные нейтрофилы, %	39,4 ± 4,1	24,8 ± 4,6*	26,3 ± 2,2*	29,9 ± 2,6*	26,2 ± 5,2
Эозинофилы, %	9,5 ± 2,5	12,0 ± 5,3	11,0 ± 1,3	9,8 ± 1,2	3,7 ± 1,7
Моноциты, %	3,8 ± 0,9	2,0 ± 2,0	2,5 ± 0,4	4,6 ± 0,6	5,8 ± 1,7
Лимфоциты, %	43,6 ± 2,7	59,4 ± 8,1*	58,9 ± 2,6*	53,9 ± 3,1*	62,0 ± 6,8*
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	5,2 ± 0,2	4,9 ± 0,5	5,2 ± 0,2	5,6 ± 0,2	6,1 ± 0,3*
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	6,7 ± 0,8	7,7 ± 1,7	7,2 ± 0,5	6,6 ± 0,7	8,2 ± 1,7

* $p < 0,05$.

стойном периоде – 29,9% ($p < 0,05$). Таким образом, лейкопоз у коров после первых 3 мес лактации достоверно снижался; при этом установлено развитие железистого эпителия в молочной железе коров и увеличение выработки молока.

Эозинофильных гранулоцитов в начале лактации обнаружено 9,5%, в середине – 12,0, в конце – 11,0, в молозивный период – 3,7%. Низкое содержание эозинофилов в молозивный период указывает на снижение уровня неспецифической защиты в пользу специфической и необходимость синтеза иммуноглобулинов для защиты новорожденного теленка от инфекций [17].

Содержание моноцитов в контрольной группе было 3,8%, в молозивный период – 5,8, у животных с лактацией 4–7 мес – 2,0, у коров, лактирующих 8–10 мес, – 2,5%.

Уровень содержания лимфоцитов в крови животных указывает на состояние специфической резистентности [18]. В молозивный период этот показатель составлял 62,0% ($p < 0,05$) и достоверно отличался от контроля – 43,6%. В секрете молочной железы у коров в данный период появляется большое количество иммуноглобулинов,

обеспечивающих защиту новорожденного теленка. Можно предположить, что процент лимфоцитов повышался не за счет уменьшения гранулоцитов. Увеличение абсолютного количества лейкоцитов – $8,2 \times 10^9/л$ – происходило за счет абсолютного увеличения количества лимфоцитов. В середине и в конце лактации также прослеживалось достоверное отличие показателя от контроля до 58,9–59,4% ($p < 0,05$). Установлено достоверное различие с группой глубокоостельных сухостойных коров – 53,9% ($p < 0,05$). В первые 1–3 мес лактации коровы или еще не стельные, или между матерью и плодом еще не сформирована плацента, поэтому низкую активность специфического иммунитета в это время объясняем отсутствием в организме коров антигенов плода [19–21].

В первые 3 мес лактации количество эритроцитов в крови составляло $5,2 \times 10^{12}/л$, в 4–7 мес – $4,9 \times 10^{12}/л$, в 8–10 мес – $5,2 \times 10^{12}/л$. Если количество эритроцитов рассматривать как показатель уровня обмена веществ, то на протяжении лактации он изменялся незначительно. Достоверное отличие в количестве эритроцитов обнаружено между группами коров в 1–3 мес лакта-

ции и молозивным периодом – $6,1 \times 10^{12}/л$ ($p < 0,05$).

Таким образом, наиболее высокий уровень обмена веществ в течение лактации отмечен в первые 7 дней после отела. В сухостойный период количество эритроцитов было выше, чем во время лактации, в связи с завершением формирования плода, подготовкой к родам и предстоящей лактацией.

Выявлена динамика изменения показателя лейкопоза у лактирующих коров: количество лейкоцитов в начале лактации составляло $6,7 \times 10^9/л$, в середине этот показатель увеличился до $7,7 \times 10^9$, в конце лактации снижался до $7,2 \times 10^9/л$. В молозивный период данный показатель равнялся $8,2 \times 10^9/л$. Во время лактации длительностью более 12 мес количество лейкоцитов уменьшалось – $4,6 \times 10^9/л$ ($p < 0,05$), что свидетельствует о стабилизации иммунной системы у коров с длительной лактацией [22, 23].

Зафиксированы изменения биохимических показателей в сыворотке крови коров в различные периоды лактации. По сравнению с контролем (2,38 ммоль/л) достоверно отличалось содержание кальция у коров в молозивный период – 3,17 ммоль/л ($p < 0,05$), что обусловлено небольшим объемом секрета молочной железы и высоким уровнем обмена элемента. Обнаружено также достоверное отличие с группой сухостойных коров – 2,90 ммоль/л ($p < 0,05$), которое объясняем отсутствием элиминации кальция с молоком и интенсивным обменом макроэлемента, связанным с формированием скелета плода.

В контрольной группе щелочной резерв составил 42,0 об.% CO_2 , в середине лактации – 23,4 ($p < 0,05$), в конце – 36,10 об.% CO_2 . В середине лактации происходило достоверное снижение щелочного резерва, которое обусловлено высокой продуктивностью коров в этот период. Увеличение щелочного резерва (37,0 об.% CO_2) в конце лактации, по нашему мнению, вызвано снижением молокоотдачи в сухостойный период, незначительный рост происходил после прекращения кормления животных силосом (см. сноску 1).

В начале лактации содержание каротина в сыворотке крови коров равнялось $0,92 \times 10^{-2}$ мкмоль/л, в середине оно увеличивалось до $1,17 \times 10^{-2}$ мкмоль/л, к концу лактации составляло $1,36 \times 10^{-2}$ мкмоль/л ($p < 0,05$). В молозивный и сухостойный периоды показатель содержания каротина был $0,89–1,08 \times 10^{-2}$ мкмоль/л. В течение лактационного периода отмечено постепенное увеличение данного показателя, что связываем с ростом, развитием плода и снижением выработки молока.

Количество сахара в крови животных в первые 1–3 мес лактации составило 4,38 ммоль/л, в 4–7 мес – 2,0 ($p < 0,05$), в 8–10 – 1,91 ммоль/л ($p < 0,05$). В течение лактации происходило достоверное снижение сахара в крови. Вероятно, на этот процесс влияет повышение уровня обмена веществ и рост молокообразования в начале лактации. В сухостойный период также обнаружено достоверное различие по сравнению с контролем – 2,16 ммоль/л ($p < 0,05$), связанное со снижением обмена веществ. Некоторое повышение уровня глюкозы в сухостое по сравнению с окончанием лактации объясняем исключением из рациона силоса, содержащего масляную кислоту.

ВЫВОДЫ

1. Перед отелом активность сывороточно-го лизоцима увеличивается от 31,6% светопропускания в контроле до 35,9% ($p < 0,05$) в сухостойный период.

2. Достоверное различие между содержанием в сыворотке циркулирующих иммунных комплексов в первые 3 мес и в последующие периоды лактации вызвано тем, что в начале лактации коровы еще не стельные.

3. В молозивный период высокий показатель циркулирующих иммунных комплексов – 116,1 ед. ($p < 0,05$) – определили как последствие предродовой иммунной атаки плода на организм коровы, когда система мононуклеарных фагоцитов еще не справилась с элиминацией продуктов нейтрализации. В сухостойный период количество циркулирующих иммунных комплексов со-

ставляло 87,6 ед. ($p < 0,05$). Снижение показателя, вероятно, происходило в связи с увеличением активности мононуклеарных фагоцитов и отсутствием лактационной нагрузки на организм.

4. В молочивный период уровень содержания лимфоцитов в крови животных составляет 62,0% ($p < 0,05$) и достоверно отличается от контроля – 43,6%. В секрете молочной железы у коров в этот период появляется большое количество иммуноглобулинов, обеспечивающих защиту новорожденного теленка. Установлено достоверное различие с группой глубокостельных сухостойных коров – 53,9% ($p < 0,05$). В первые 1–3 мес лактации коровы или еще не стельные, или между матерью и плодом еще не сформирована тесная связь (плацента), поэтому низкую активность специфического иммунитета в это время объясняем отсутствием в крови коров чужеродных антигенов плода.

5. Достоверное отличие в количестве эритроцитов обнаружено между группами 1–3 мес и молочивным периодом – $6,1 \times 10^{12}/л$ ($p < 0,05$). Наиболее высокий уровень обмена веществ в течение лактации отмечен в первые 7 дней после отела.

6. Иммунный конфликт, связанный с напряженным состоянием специфического иммунитета перед родами и высоким содержанием иммунных комплексов в крови в молочивный период, способствует снижению плацентой барьерной функции, что является, на наш взгляд, основной причиной изгнания плода из организма коровы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Евглевский А.А., Турнаев С.Н., Тарасов В.Ю.* Проблемы обеспечения здоровья высокопродуктивных коров в промышленном животноводстве и практические пути ее решения // Вестник Курской ГСХА. 2017. № 4. С. 26–30.
2. *Магер С.Н., Напимеров В.А., Смирнов П.Н.* Влияние стресс-факторов на воспроизводительную способность крупного рогатого скота // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2005. № 1 (2). С. 49–51.
3. Иммунология: монография / под ред. Е.С. Воронина. М.: Колосс-Пресс, 2002. 408 с.
4. *Шабашова Н.В.* Иммуитет, иммунная система и профилактика инфекционных и неинфекционных заболеваний: монография. СПб.: Издательство политехнического университета, 2013. 118 с.
5. *Новиков Д.К., Новикова В.И.* Оценка иммунного статуса: монография. М.; Витебск: Издательство Витебского медицинского института, 1996. 281 с.
6. *Магер С.Н., Деметьева Е.С.* Физиология иммунной системы: монография. СПб.: Лань, 2014. 192 с.
7. Аллергология и иммунология: монография / под ред. Р.М. Хаитова, Н.И. Ильиной. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 56 с.
8. *Кульмакова Н.И., Мударисов Р.М.* Иммунобиологический статус крупного рогатого скота в системе «мать – плод – новорожденный»: монография. Иркутск: Мега-принт, 2018. 206 с.
9. *Логинов С.И., Смирнов П.Н., Трунов А.Н.* Иммунные комплексы у животных и человека: норма и патология: монография. Новосибирск: Издательство РАСХН, 1999. 144 с.
10. *Порываева А.П., Красноперов А.С., Верещак Н.А., Ваганова Л.С.* Значение циркулирующих иммунных комплексов для оценки популяционного здоровья крупного рогатого скота в зоне с напряженной экологической обстановкой // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2017. № 2 (22). С. 83–87.
11. *Gardner L., Moffett A.* Dendritic cells in the human decidua // Biology of Reproduction. 2003. Vol. 69. P. 1438–1446.
12. *Mia S. et al.* An optimized protocol for human M2 macrophages using M-CSF and IL-4/IL-10/TGF- β yields a dominant immunosuppressive phenotype // Scandinavian journal of immunology. 2014. Vol. 79. N. 5. P. 305–314.
13. *Tizard J.* Veterinary Immunology. Philadelphia, London, Toronto, 2013. 552 p.
14. *Хаито Р.М., Игнатьева Г.А., Сидорович И.Г.* Иммунология: монография. М.: Медицина, 2000. 432 с.
15. *Потапнев М.П., Гуцина Л.М., Мороз Л.А.* Фенотипическая и функциональная гетерогенность субпопуляций нейтрофилов в норме и при патологии // Иммунология. 2019. Т. 40. № 5. С. 84–96.

16. Abbas A., Lichtman A.N., Pillai S. Cellular and Molecular Immunology: 6th ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia: Elsevier Science, 2007. 572 p.
17. Тыринова Т.В., Леплина О.Ю., Тихонова М.А., Останин А.А., Черных Е.Р. Взаимосвязь функциональной активности генерируемых *in vitro* дендритных клеток с содержанием CD16⁺ клеток в популяции моноцитов периферической крови // Медицинская иммунология. 2020. Т. 22. № 2. С. 269–280.
18. Kovats S., Main E.K., Librach C., Stubblebine M., Fisher S.J., DeMars R. A class I antigen, HLA-G, expressed in human trophoblasts // Science. 1990. Vol. 248. P. 220–223. DOI: 10.1126/science.2326636.
19. Соколов Д.И. Васкулогенез и ангиогенез в развитии плаценты // Журнал акушерства и женских болезней. 2007. Т. 56. № 3. С. 129–133.
20. Сухих Г.Т., Ванько Л.В. Иммунология беременности: монография. М.: Издательство РАМН, 2003. 400 с.
21. Талаев В.Ю., Матвейчев А.В., Ломунова М.А., Талаева Е.Б., Бабайкина О.Н., Заиченко Н.Е., Цатуров М.Э. Клетки трофобласта плаценты человека угнетают способность дендритных клеток индуцировать продукцию интерферона- γ // Иммунология. 2009. № 3. С. 148–152.
22. Серых М.М., Зайцев В.В., Петров А.М., Седых М.М., Гиломедова Л.П., Зайцева Л.М. Иммунология репродукции: монография. Самара: Издательство СГСХА, 2011. 246 с.
23. Kammerer U., Eggert A.O., Kapp M., McLellan A., Teunis B., Geijtenbeek H., Dietl J., Kooyk Y., Kämpgen E. Unique appearance of proliferating antigen-presenting cells expressing DC-SIGN (CD 209) in the decidua of early human pregnancy // The American Journal of Pathology. 2003. Vol. 162. P. 887–896. DOI: 10.1016/S0002-9440(10)63884-9.
2. Mager S.N., Naprimerov V.A., Smirnov P.N. Impact of stress-factors on reproductive performance in cows. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2005, no. 1 (2), pp. 49–51. (In Russian).
3. *Immunology* / pod red. E.S. Voronina. Moscow, Koloss-Press Publ., 2002, 408 p. (In Russian).
4. Shabashova N.V. *Immunity, immune system and prevention of infectious and non-infectious diseases*. St. Petersburg, Izdatel'stvo politekhnicheskogo universiteta = St. Petersburg, Publishing House of Polytechnical University, 2013, 118 p. (In Russian).
5. Novikov D.K., Novikova V.I. *Immune status assessment*. Moscow–Vitebsk, Izdatel'stvo Vitebskogo meditsinskogo instituta = Moscow–Vitebsk, Publishing House of Vitebsk Medical Institute, 1996, 281 p. (In Russian).
6. Mager S.N., Dement'eva E.S. *Physiology of the immune system*. St. Petersburg, Lan' Publ., 2014, 192 p. (In Russian).
7. *Allergology and immunology*. / pod red. R.M. Khaitova, N.I. Il'inoi. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2014, 56 p. (In Russian).
8. Kul'makova N.I., Mudarisov R.M. *Immunobiological status of cattle in the "mother - fetus - newborn" system*. Irkutsk, Mega-print Publ., 2018, 206 p. (In Russian).
9. Loginov S.I., Smirnov P.N., Trunov A.N. *Immune complexes in animals and humans: norm and pathology*. Novosibirsk, RASKhN Publ., 1999, 144 p. (In Russian).
10. Poryvaeva A.P., Krasnoperov A.S., Vereshchak N.A., Vaganova L.S. Significance of circulating immune complexes to assess the population health of cattle in an area with intense environmental conditions. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii = Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*, 2017, no. 2 (22), pp. 83–87. (In Russian).
11. Gardner L., Moffett A. Dendritic cells in the human decidua. *Biology of Reproduction*, 2003, vol. 69, pp. 1438–1446.
12. Mia S. et al. An optimized protocol for human M2 macrophages using M-CSF and IL-4/IL-10/TGF- β yields a dominant immunosuppressive phenotype. *Scandinavian journal of immunology*, 2014, vol. 79, no. 5, pp. 305–314.
13. Tizard J. *Veterinary Immunology*. Philadelphia, London, Toronto, 2013, 552 p.

REFERENCES

14. Khaito R.M. Ignat'eva G.A., Sidorovich I.G. *Immunology*. Moscow, Meditsina Publ., 2000, 432 p. (In Russian).
15. Potapnev M.P., Gushchina L.M., Moroz L.A. Human neutrophils subpopulations and functions heterogeneity in norm and pathology. *Immunologiya*, 2019, vol. 40, no. 5, pp. 84–96. (In Russian).
16. Abbas A., Lichtman A.N., Pillai S. Cellular and Molecular Immunology: 6th ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia: Elsevier Science, 2007, 572 p.
17. Tyrinova T.V., Leplina O.Yu., Tikhonova M.A., Ostanin A.A., Chernykh E.R. Relationship between the functional activity of *in vitro* generated monocyte-derived dendritic cells and the presence of CD16⁺ cells among peripheral blood monocytes. *Meditsinskaya immunologiya = Medical Immunology*, 2020, vol. 22, no. 2, pp. 269–280. (In Russian).
18. Kovats S., Main E.K., Librach C., Stubblebine M., Fisher S.J., DeMars R. A class I antigen, HLA-G, expressed in human trophoblasts. *Science*, 1990, vol. 248, pp. 220–223. DOI: 10.1126/science.2326636.
19. Sokolov D.I. Vasculogenesis and angiogenesis in development of a placenta. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh boleznei = Journal of Obstetrics and Woman's Diseases*, 2007, vol. 56, no. 3, pp. 129–133. (In Russian).
20. Sukhikh G.T., Van'ko L.V. *Immunology of pregnancy*. Moscow, RAMN Publ., 2003, 400 p. (In Russian).
21. Talaev V.Yu., Matveichev A.V., Lomunova M.A., Talaeva E.B., Babaikina O.N., Zaichenko N.E., Tsaturov M.E. Human placental trophoblast cells suppress the ability of dendrite cells to induce interferon- γ production. *Immunologiya*. 2009, no. 3, pp. 148–152.
22. Serykh M.M., Zaitsev V.V., Petrov A.M., Sedikh M.M., Gnilomedova L.P., Zaitseva L.M. *Immunology of reproduction*. Samara, SGSKhA Publ., 2011, 246 p. (In Russian).
23. Kammerer U., Eggert A.O., Kapp M., McLellan A., Teunis B., Geijtenbeek H., Dietl J., Kooyk Y., Kämpgen E. Unique appearance of proliferating antigen-presenting cells expressing DC-SIGN (CD 209) in the decidua of early human pregnancy. *The American Journal of Pathology*, 2003, vol. 162, pp. 887–896. DOI: 10.1016/S0002-9440(10)63884-9

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Деметьева Е.А., кандидат биологических наук, доцент; адрес для переписки: Россия, 634050, Томск, ул. Карла Маркса, 19; e-mail: desem@rambler.ru

Мажер С.Н., доктор биологических наук, руководитель научного направления

AUTHOR INFORMATION

✉ Elena A. Dementyeva, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; address: 19, Karl Marx St., Tomsk, 634050, Russia, e-mail: desem@rambler.ru

Sergey N. Mager, Doctor of Science in Biology, Head of Scientific Division

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.11.2020
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.01.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКЦИОНИРОВАННОЙ БЕЛКОВО-ВИТАМИННОЙ МУКИ ИЗ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ В РАЦИОНАХ ПЕРЕПЕЛОВ

Мерзлякова О.Г., ✉ Рогачёв В.А.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: helmmet@mail.ru

Представлены результаты эксперимента по использованию в рационе выращиваемых перепелов белково-витаминной муки из пшеничных отрубей, разделенной на фракции с размером частиц 140, 400 и 800 мкм. Опыт продолжительностью 60 дней проведен по общепринятой методике на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в четыре аналогичные группы (одна контрольная и три опытные) по 80 гол. в каждой. Все группы получали комбикорм (основной рацион), приготовленный с учетом возраста и физиологических особенностей перепелов, но в рационе молодняка 1, 2 и 3-й опытных групп часть пшеницы (7%) заменили пшеничной белково-витаминной мукой трех фракций с размером частиц 140, 400 и 800 мкм соответственно. Птицу содержали в клеточной батарее при соблюдении требуемых условий микроклимата. Изучено влияние скармливания фракционированной белково-витаминной муки из пшеничных отрубей на сохранность поголовья, интенсивность роста цыплят, показатели мясной продуктивности и гематологические показатели, изменение видового состава микроорганизмов желудочно-кишечного тракта. Определены оптимальные по эффективности продуктивного и физиологического действия фракции муки из пшеничных отрубей при использовании их в качестве нового кормового средства в рационах перепелов. При введении в комбикорм перепелов белково-витаминной муки из пшеничных отрубей с размером частиц 140 и 400 мкм в количестве 7% от зерновой части рациона повысились сохранность птицы на 3,0%, среднесуточный прирост живой массы на 2,30 и 5,59%, масса потрошеной тушки на 4,5 и 6,16%, содержание белка в мясе на 0,84 и 0,57%. Скармливание перепелам муки различных фракций не оказало положительного влияния на конверсию корма в продукцию. Биохимические показатели крови цыплят оставались в пределах физиологической нормы. Фракционированная белково-витаминная мука с размером частиц 400 и 800 мкм стимулировала рост бифидобактерий, с размером частиц 140 и 800 мкм сдерживала развитие кишечной палочки.

Ключевые слова: перепела, комбикорм, белково-витаминная мука, фракции, сохранность, живая масса, микрофлора

THE USE OF FRACTIONATED PROTEIN-VITAMIN FLOUR FROM WHEAT BRAN IN THE DIETS OF QUAILS

Merzlyakova O.G., ✉ Rogachev V.A.

Siberian Federal Research Centre for AgroBiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: helmmet@mail.ru

The results of the experiment on the use of protein-vitamin flour from wheat bran, divided into fractions with particle size of 140, 400 and 800 μm in the diet of domesticated quails are presented. The experiment lasted for 60 days and was carried out according to the generally accepted methods on quails of the Japanese breed, formed in four similar groups (one control and three experimental), 80 heads each, at the age of one-day old. All groups received compound feed (the main diet), prepared taking into account the age and physiological characteristics of quails, but in the bird diet of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, part of the wheat (7%) was replaced with wheat protein-vitamin flour of three fractions with a particle size of 140, 400 and 800 μm , respectively. The poultry was kept in a battery cage under required microclimate conditions. The effect of feeding fractionated protein-vitamin flour from wheat bran was studied on the survival rate of quail chicks,

their growth rate, indicators of meat productivity and hematological parameters, changes in the species composition of microorganisms of the gastrointestinal tract. The optimal fractions of wheat bran flour as the new feed in the diets of quails were determined in terms of efficiency of their productive and physiological action. The introduction of protein-vitamin flour from wheat bran into the compound feed of quails with a particle size of 140 and 400 μm in the amount of 7% of the grain part of the diet increased the survival rate of quail chicks by 3.0%, the average daily gain in live weight by 2.30 and 5.59%, the weight of eviscerated bird carcass by 4.5 and 6.16%, protein content in meat by 0.84 and 0.57%. Feeding the quails with flour of various fractions did not have a positive effect on the conversion of feed into produce. The biochemical parameters of the quail chicks' blood remained within the physiological norm. Fractionated protein-vitamin flour with a particle size of 400 and 800 μm stimulated the growth of bifidobacteria, and with a particle size of 140 and 800 μm inhibited the development of *Escherichia coli*.

Keywords: quail, compound feed, protein-vitamin flour, fractions, survival rate, live weight, microflora

Для цитирования: Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А. Использование фракционированной белково-витаминной муки из пшеничных отрубей в рационах перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 65–72. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-8>

For citation: Merzlyakova O.G., Rogachev V.A. The use of fractionated protein-vitamin flour from wheat bran in the diets of quails. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2. pp. 65–72. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

К числу одной из наиболее распространенных инноваций в животноводстве относится использование кормовых добавок, позволяющих сбалансировать рационы по нормируемым элементам питания и сделать их более полноценным. Система кормления, основанная на применении различных кормовых добавок, – оптимальный способ повышения продуктивности животных, снижения расхода кормов на единицу продукции и улучшения ее качества.

Перспективной кормовой добавкой для сельскохозяйственной птицы следует считать белково-витаминную муку, получаемую путем размола пшеничных или ржаных отрубей на пальцевой мельнице с дальнейшим фракционированием и рассевом на ситах. Получаемые фракции муки (140, 400, 800 мкм) характеризуются различным гранулометрическим составом. При сортовых помолах пшеницы и ржи от зерна отделяются биологически ценные морфологические части, такие как оболочки, алейроновый слой и зародыш. В алейроновом слое, кото-

рый составляет от 6 до 9% массы зерновки пшеницы, практически отсутствуют целлюлоза и лигнин, но более высокое содержание растворимых пищевых волокон, феруловой кислоты и лигнанов, обладающих значительной антиоксидантной активностью [1–8]. Мелкие фракции муки в большей степени обогащены элементами алейронового слоя и зародыша, содержание белка в которых достигает 35%. Белок получаемых фракций значительно отличается по аминокислотному составу от белков эндосперма и характеризуется лучшей сбалансированностью по аминокислотам [9, 10].

Для оценки продуктивного и физиологического действия фракционированной муки из пшеничных отрубей целесообразно использовать модельный вид домашней птицы – японских перепелов, которые филогенетически тесно связаны с цыплятами-бройлерами (также принадлежат к порядку курообразных семейства Phasianidae). Выводы, сделанные по результатам опытов, проведенных на перепелах, можно перенести и на другие виды птицы [11, 12].

Цель исследований – экспериментально обосновать эффективность использования в кормлении перепелов, выращиваемых до 60-дневного возраста, новой кормовой добавки – фракционированной белково-витаминной муки из пшеничных отрубей.

Задачи исследования – определить влияние кормовой добавки на сохранность и интенсивность роста, показатели мясной продуктивности и биохимические показатели крови, видовой состав микрофлоры кишечника перепелов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыт продолжительностью 60 дней проведен по общепринятой методике на перепелиной ферме физиологического двора Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН) на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в четыре аналогичные группы (одна контрольная и три опытные) по 80 гол. в каждой¹.

Условия содержания птицы и микроклимат в клеточной батарее соответствовали зоотехническим требованиям. Всем подопытным перепелам скармливали одинаковый комбикорм (основной рацион), приготовленный с учетом возраста и физиологических особенностей данного вида птицы.

Межгрупповые различия заключались в следующем: молодняк контрольной группы потреблял только комбикорм, птице 1, 2 и 3-й опытных групп часть пшеницы (7%) основного рациона заменили белково-витаминной мукой из пшеничных отрубей, разделенной на фракции с размером частиц 140, 400 и 800 мкм соответственно. Фракционированная мука из пшеничных отрубей (кормовая добавка), используемая в эксперименте, выработана на опытном стенде Сибирского филиала Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН (см. табл. 1).

Фракционированная белково-витаминная мука из пшеничных отрубей может иметь различные модели действия: повышение

Табл. 1. Характеристика опытных образцов белково-витаминной муки из пшеничных отрубей, разделенной на различные фракции, %

Table 1. Characteristics of control samples of protein-vitamin flour from wheat bran, divided into various fractions, %

Показатель	Фракции белково-витаминной муки из пшеничных отрубей, мкм		
	140	400	800
Обменная энергия, МДж	13,76	12,98	13,06
Сырой жир	2,28	3,52	3,05
Сырой протеин	17,52	12,36	13,43
Сырая зола	3,93	4,43	5,53
Сырая клетчатка	4,91	9,87	8,02
БЭВ	58,44	56,83	55,65
Кальций	0,625	0,550	0,649
Фосфор	0,763	0,887	1,084
Сумма незаменимых аминокислот	10,493	8,340	9,786
Сумма заменимых аминокислот	10,736	7,402	9,000
Аминокислотный индекс	0,977	1,127	1,087

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

эффективности использования питательных веществ рационов, активизацию иммунитета животных, стимуляцию роста и развития молодняка, яйценоскости и репродуктивной функции птицы, улучшение и стабилизацию микрофлоры кишечника.

Рационы составляли в соответствии с нормами Всероссийского научно-исследовательского технологического института птицеводства РАН^{2,3}. Комбикорма содержали достаточное количество обменной энергии и основных питательных веществ. Первые 5 дней цыплятам дополнительно к комбикорму скармливали вареные перепелиные яйца с целью улучшения адаптации перепелят к внешней среде. Учет поедаемости кормов осуществляли ежедневно путем взвешивания заданных кормов и их остатков. Ежедневно проводили наблюдение за поведением и состоянием здоровья перепелов.

Контрольные взвешивания птицы проводили при постановке на опыт, в возрасте 30 дней и в 2 мес по окончании периода выращивания. В 60-дневном возрасте произведен убой перепелов (по 3 гол. из каждой группы).

Химический состав корма, муки из пшеничных отрубей и мяса перепелов исследовали в биохимической лаборатории СибНИПТИЖа СФНЦА РАН по общепринятым методикам зоотехнического анализа.

Биохимический состав крови птицы определяли в лаборатории биотехнологий Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН.

Состав микрофлоры, выделенной из желудочно-кишечного тракта перепелов, определяли в лаборатории регуляции микробиоцинозов сельскохозяйственных животных и растений СибНИПТИЖа СФНЦА РАН. При изучении микрофлоры пищеварительного тракта птицы использовали анаэробную технику Хангейта и питательные среды (использовали экстракт из фекалий перепелов).

Полученный в опыте цифровой материал обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с помощью программного обеспечения «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комбикорм для перепелов приготовили в соответствии с основными требованиями для данного вида птицы по сбалансированности, высокой калорийности и необходимой степени измельчения. В состав комбикорма входили следующие компоненты: пшеница фуражная, соя полножирная, жмых подсолнечный, мука рыбная, мука мясокостная, дрожжи кормовые, жиры растительные, минерал Ca/P, мел кормовой, премикс. Процентное содержание ингредиентов комбикорма и его питательность были различными в зависимости от возраста птицы (1–30 и 31–60 дней). В среднем в 100 г комбикорма содержалось 1,26 МДж обменной энергии, 26,4 – сырого протеина, 3,7% сырой клетчатки.

Введение фракционированной муки из пшеничных отрубей в комбикорм перепелов оказало заметное влияние на его поедаемость. В период выращивания (60 дней) птица опытных групп потребила комбикорма на 14,55–25,02% больше по сравнению с контрольными аналогами.

Сохранность поголовья цыплят опытных групп оказалась выше по сравнению с контролем на 2–3% (см. табл. 2).

Перепела 1-й и 2-й опытных групп обладали более высокой энергией роста и лучшей конверсией корма в мясную продукцию. Они превосходили контрольных аналогов по абсолютному приросту живой массы на 2,31 и 5,68%, по среднесуточному приросту на 2,30 и 5,59% ($p > 0,05$).

Результаты контрольного убоя птицы показали, что масса потрошеной тушки перепелов 1-й и 2-й опытных групп была боль-

²Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / под общ. ред. В.И. Фисинина, Ш.А. Имангулова, И.А. Егорова, Т.М. Околеловой. Сергиев Посад, 2003. 142 с.

³Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебник. Сергиев Посад, 2003. 375 с.

Табл. 2. Сохранность, прирост живой массы и затраты корма на единицу прироста у цыплят-перепелов за период выращивания**Table 2.** Survival rate, live weight gain and feed use per unit of weight gain of quail chicks during the growing period

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Фракция из муки пшеничных отрубей, мкм	—	140	400	800
Сохранность, %	94	97	97	96
Живая масса, г:				
в начале опыта	8,53 ± 0,08	8,57 ± 0,08	8,61 ± 0,08	8,50 ± 0,07
в 30 дней	112,12 ± 2,23	110,74 ± 2,41	114,46 ± 2,10	106,96 ± 2,26
в 60 дней	190,71 ± 2,61	194,96 ± 2,45	201,14 ± 2,43	189,47 ± 2,69
Абсолютный прирост живой массы, г:				
за 30 дней	103,59 ± 2,06	102,17 ± 2,22	105,85 ± 1,94	98,46 ± 3,08
за 60 дней	182,18 ± 2,49	186,39 ± 2,34	192,53 ± 2,33	180,97 ± 2,57
Среднесуточный прирост живой массы, г:				
за 30 дней	3,45 ± 0,07	3,41 ± 0,07	3,53 ± 0,06	3,28 ± 0,07
за 60 дней	3,04 ± 0,04	3,11 ± 0,04	3,21 ± 0,04	3,02 ± 0,04
Потреблено кормов, кг	1,251	1,433	1,564	1,433
Затраты корма на 1 г прироста, г	6,87	7,74	8,12	7,97

ше, чем в контрольной группе, на 4,50 и 6,16%, убойный выход выше на 1,73 и 3,25% ($p > 0,05$) (см. табл. 3). Птица 3-й опытной группы уступала контрольным аналогам по массе потрошеной тушки на 3,09%.

В мясе птицы 1–3-й опытных групп по сравнению с контрольными аналогами содержалось меньше сухого вещества (на 2,94, 3,35 и 4,31%), а также жира (в 1,96; 2,02 и 3,37 раза), но было больше белка (на 0,84; 0,57 и 0,83%) (см. табл. 4). Мясо птицы опытных групп имело лучшую сбалансиро-

ванность по аминокислотам, о чем свидетельствует более высокий (в 1,17–1,50 раза) аминокислотный индекс.

Биохимические показатели крови отражают состояние организма птицы и тесно связаны с ее продуктивностью. Отмечено увеличение общего белка в сыворотке крови цыплят-перепелов 3-й опытной группы на 8,71 г/л (21,69%) по сравнению с контролем и на 9,36–10,36 г/л (24,87–26,91%) по сравнению с 1-й и 2-й опытными группами. Эта тенденция касается и содержания в крови

Табл. 3. Результаты убоя подопытной птицы**Table 3.** Results of slaughter of experimental poultry

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Фракция из муки пшеничных отрубей, мкм	—	140	400	800
Предубойная живая масса, г	185,67 ± 0,67	189,67 ± 0,67	189,00 ± 0,58	177,67 ± 0,67
Масса потрошеной тушки, г	140,67 ± 0,88	147,00 ± 4,16	149,33 ± 0,88	136,33 ± 1,76
Убойный выход, %	75,76 ± 0,33	77,49 ± 1,93	79,01 ± 0,23	76,73 ± 0,80

Табл. 4. Химический состав мяса цыплят перепелов, %**Table 4.** Chemical composition of quail chick meat, %

Показатель	Группа			
	контрольная	контрольная		
		1-я	2-я	3-я
Фракция из муки пшеничных отрубей, мкм	—	140	400	800
Сухое вещество	28,92 ± 0,19	25,98 ± 0,08	25,57 ± 0,30	24,61 ± 0,64
Жир	7,22 ± 0,20	3,69 ± 0,07*	3,57 ± 0,11*	2,14 ± 0,19*
Белок	20,66 ± 0,30	21,50 ± 0,09	21,23 ± 0,25	21,49 ± 0,48
Зола	1,02 ± 0,06	0,93 ± 0,04	0,89 ± 0,03	0,98 ± 0,05
Кальций	0,115 ± 0,003	0,156 ± 0,004	0,155 ± 0,004	0,204 ± 0,006
Фосфор	0,234 ± 0,006	0,229 ± 0,006	0,209 ± 0,003*	0,199 ± 0,005*
Сумма незаменимых аминокислот	8,03	8,36	7,76	7,86
Сумма заменимых аминокислот	10,50	9,38	6,99	6,87
Аминокислотный индекс	0,76	0,89	1,11	1,14

глобулина, креатинина, АСТ и фосфора. В целом изучаемые биохимические показатели всей подопытной птицы варьировали в пределах физиологической нормы.

Как известно, основные представители нормальной микрофлоры кишечника птицы, в том числе перепелов, – бифидо- и лактобактерии. Их конгломераты локализуются на слизистой оболочке кишечника, примыкая к мембранам энтероцитов, а также могут находиться в непосредственной близости от поверхности эпителия в слое муцина, покрывающего мембраны эпителиальных клеток. В кишечнике постоянно присутствует и условно-патогенная микрофлора, активность которой сдерживается общей резистентностью организма. Яркими представителями этой микрофлоры в кишечнике птиц являются энтерококки, стрептококки и кишечная палочка.

В ходе исследования микробиоценоза кишечника перепелов отобран материал для посева на специальные питательные среды с целью определения основных симбионтов и патогенных микроорганизмов. Obligatная микрофлора кишечника молодняка моногастричных животных и птицы представлена преимущественно строгими и факультативными анаэробами.

Кормовые добавки из фракционированной муки, используемые в рационе перепелов 2-й и 3-й опытных групп, стимулировали рост бифидобактерий (увеличение lg КОЕ/г в 1,68 и 1,63 раза). Фракционированная мука, скармливаемая птице 1-й и 3-й опытных групп, сдерживала развитие кишечной палочки (снижение lg КОЕ/г в 1,6 и 1,88 раза) (см. табл. 5).

Табл. 5. Видовой состав микрофлоры кишечника перепелов, lg КОЕ/г**Table 5.** Species composition of microflora intestines of quails, lg CFU/g

Показатель	Группа			
	кон- троль- ная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Фракция из муки пшеничных отрубей, мкм	—	140	400	800
Вид микроорганизма:				
<i>Lactobacillus</i>	9,0	10,1	9,4	10,7
<i>Bifidobacterium</i>	7,3	7,1	12,3	11,9
<i>Enterococcus</i>	6,0	7,3	5,1	7,0
<i>Escherichia coli</i>	3,2	2,0	3,4	1,7

ВЫВОДЫ

1. Оптимальный размер частиц фракционированной белково-витаминной муки из пшеничных отрубей, вводимых в рацион перепелов в количестве 7% от его зерновой части, составляет для выращиваемых в течение 60 дней цыплят 140 и 400 мкм. Скармливание птице комбикорма, состоящего из муки с размером частиц 140 и 400 мкм, увеличивает сохранность молодняка на 3,0%, среднесуточный прирост живой массы на 2,30 и 5,59%, улучшает показатели мясной продуктивности перепелов (повышение массы потрошеной тушки цыплят на 4,50 и 6,16%, содержания белка в мясе на 0,84 и 0,57%).

2. Использование фракционированной муки из пшеничных отрубей в количестве 7% от зерновой части рациона не оказывает положительного влияния на конверсию корма в продукцию.

3. Фракционированная отрубная мука с размером частиц 400 и 800 мкм стимулирует рост бифидобактерий (увеличение Ig КОЕ/г в 1,68 и 1,63 раза), с размером частиц 140 и 800 мкм сдерживает развитие кишечной палочки (снижение Ig КОЕ/г в 1,6 и 1,88 раза).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишняков А., Власов В., Тоньшина Т., Новицкий О., Панин И. Мука зародышей пшеницы в комбикормах // Комбикорма, 2003. № 4. С. 41–42.
2. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки: монография. М.: Агропромиздат, 1989. 368 с.
3. Лукьянчикова Н.Л., Скрибин В.А., Табанюхов К.А. Особенности состава отрубей пшеницы и ржи и их роль в профилактике хронических заболеваний человека. Обзор // Инновации и продовольственная безопасность. 2020. № 4 (30). С. 41–58.
4. Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., Abecassis J. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality // Journal of Cereal Science. 2007. N 46. P. 327–347.
5. Якунина Н., Мальцева Н., Ядришенская О., Невинный В. Кормовая добавка из зародышей

пшеницы // Комбикорма. 2004. № 4. С. 37–38.

6. Колпакова В.В., Крикунова Л.Н., Кононенко Н.Н. Исследование возможности получения белковых препаратов из дифференцированных фракций зерна ржи и ячменя // Известия вузов. Пищевая технология. 2001. № 5-6. С. 35–37.
7. Courtine C.M., Broekaert W.F., Swennen K., Lescroart O., Onagbesan O., Buyse J., Decuyper E., Van de Wiele T., Marzorati M., Verstraete W., Huyghebaert G., Delcour J.A. Dietary inclusion of wheat bran arabinoxyloligosaccharides induce beneficial nutritional effects in chickens // Cereal Chemistry. 2008. Vol. 85. N 5. P. 607–613.
8. Szwajgier D., Jakubczyk A. Biotransformation of ferulic acid by *Lactobacillus acidophilus* Kland selected *Bifidobacterium* strains // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2010. Vol. 9 (1). P. 45–59.
9. Журлова Е.Д., Карпельянц Л.В. Исследование пребиотической активности ксило-олигосахаридов из ржанных и пшеничных отрубей *in vitro* // Scientific Journal «Science Rise». 2015. Vol. 4/1. N 9. P. 79–84.
10. Яшин А., Яшин Я., Федина П., Черноусова Н. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах // Аналитика. 2012. № 1. С. 32–36.
11. Rezaei M., Karimi Torshizib M., Walla H., Ivarssona E. Body growth, intestinal morphology and microflora of quail on diets supplemented with micronised wheat fibre // Poultry Science. 2018. Vol. 59. P. 422–429. DOI:10.1080/00071668.2018.1460461.
12. Mills A., Crawford L., Domjan M., Faure J. The behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix Japonica* // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 1997. Vol. 21. P. 261–281. DOI: 10.1016/S0149-7634(96)00028-0.

REFERENCES

1. Vishnyakov A., Vlasov V., Tonshina T., Novitsky O., Panin I. Wheat germ flour in compound feed. *Kombikorma = Compound Feeds Magazine*, 2003, no. 4, pp. 41–42. (In Russian).
2. Kazakov E.D., Kretovich V.L. *Biochemistry of grain and products of its processing*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989, 368 p. (In Russian).
3. Lukyanchikova N.L., Scriabin V.A., Tabanyukhov K.A. Peculiarities of the composition of

- wheat and rye bran and their role in the prevention of chronic diseases of human. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost' = Innovations and Food Safety*, 2020, no. 4 (30), pp. 41–58. (In Russian).
4. Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., Abecassis J. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, 2007, no. 46, pp. 327–347.
 5. Yakunina N., Maltseva N., Yadrishenskaya O., Nevinniy V. Feed additive from wheat germ. *Kombikorma = Compound Feeds Magazine*, 2004, no. 4, pp. 37–38. (In Russian).
 6. Kolpakova V.V., Krikunova L.N., Kononenko N.N. Study of the possibility of obtaining protein preparations from differentiated fractions of rye and barley grain. *Izvestiya vuzov = Food Technology*, 2001, no. 5-6, pp. 35–37. (In Russian).
 7. Courtine C.M., Broekaert W.F., Swennen K., Lescroart O., Onagbesan O., Buyse J., Decuyper E., Van de Wiele T., Marzorati M., Verstraete W., Huyghebaert G., Delcour J.A. Dietary inclusion of wheat bran arabinoxyloligosaccharides induce beneficial nutritional effects in chickens. *Cereal Chemistry*, 2008, vol. 85, no. 5, pp. 607–613.
 8. Szwajgier D., Jakubczyk A. Biotransformation of ferulic acid by *Lactobacillus acidophilus* KI- and selected *Bifidobacterium* strains. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2010, vol. 9 (1), pp. 45–59.
 9. Zhurlova E.D., Karpelians L.V. Study of the prebiotic activity of xylooligosaccharides from rye and wheat bran in vitro. *Scientific Journal «Science Rise»*, 2015, vol. 4/1, no. 9, pp. 79–84. (In Russian).
 10. Yashin A., Yashin Ya., Fedina P., Chernousova N. Determination of natural antioxidants in cereal grains and legumes. *Analitika = Analytics*, 2012, no. 1, pp. 32–36. (In Russian).
 11. Rezaei M., Karimi Torshizib M., Walla H., Ivarssona E. Body growth, intestinal morphology and microflora of quail on diets supplemented with micronised wheat fibre. *Poultry Science*, 2018, vol. 59, pp. 422–429. DOI: 10.1080/00071668.2018.1460461.
 12. Mills A., Crawford L., Domjan M., Faure J. The behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix Japonica*. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 1997, vol. 21, pp. 261–281. DOI: 10.1016/S0149-7634(96)00028-0.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мерзлякова О.Г., старший научный сотрудник

✉ **Рогачев В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: helmmet@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Olga G. Merzlyakova, Senior Researcher

✉ **Viktor A. Rogachev**, Doctor of Science in Agriculture, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: helmmet@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 19.01.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.04.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ВЕТОМ 1 И ВЕТОМ 20.76 НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА ГУСЕЙ

¹ Яковлева Н.С., ¹ Ноздрин Г.А., ² Стойковски В.,

(✉) ¹ Яковлева М.С., ¹ Барсукова Е.Н., ¹ Новик Я.В.

¹Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

(✉) e-mail: marischa2906@mail.ru

²Университет им. Святых Кирилла и Мефодия

Скопье, Республика Северная Македония

Представлены результаты исследования влияния новых микробиальных препаратов на динамику абсолютной массы и среднесуточного пророста гусей. В научном эксперименте применяли пробиотики Ветом 20.76 на основе хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* и Ветом 1 на основе живых спорообразующих бактерий штамма *Bacillus subtilis* DSM 32424, обладающих противогельминтным, противовирусным и противогрибковым действием. По принципу пар-аналогов сформировали одну контрольную и четыре опытных групп по 10 гусят в каждой в возрасте 1 мес. Гусят опытных групп применяли препарат Ветом 20.76 в различной дозировке: молодняку 1-й опытной группы – 0,5 мкл/кг живой массы тела, 2-й – 1 мкл/кг, 3-й – 2 мкл/кг. Гусят 4-й опытной группы давали Ветом 1 в дозе 50 мг/кг живой массы тела. Оба препарата применяли в утренние часы с водой ежедневно один раз в сутки в течение 30 сут. Гусям контрольной группы указанные препараты не назначали. Установлено, что препараты Ветом 20.76 в дозах 0,5; 1 и 2 мкл/кг массы тела и Ветом 1 в дозе 50 мг/кг массы тела обладают ростостимулирующим действием при применении его гусят в течение 30 сут. Интенсивность роста опытной птицы зависела от дозы применяемых препаратов. Оптимальные результаты получены при применении Ветома 20.76 в дозе 2 мкл/кг массы тела и Ветома 1 в дозе 50 мг/кг массы тела один раз в сутки на протяжении 30 сут. Среднесуточный прирост живой массы опытных гусей повышался в 3-й, 4-й опытных группах на 5,24 и 20,60% в первые 15 сут эксперимента и на 24,8 и 44,64% в период последействия препарата.

Ключевые слова: пробиотик, Ветом, гуси, масса тела, среднесуточный прирост

EFFECT OF MICROBIAL PREPARATIONS VETOM 1 AND VETOM 20.76 ON GROWTH INTENSITY OF GEESE

¹Yakovleva N.S., ¹Nozdrin G.A., ²Stoikovski V.,

(✉) ¹Yakovleva M.S., ¹Barsukova E.N., ¹Novik Ya.V.

¹Novosibirsk State University of Agriculture

Novosibirsk, Russia

(✉) e-mail: marischa2906@mail.ru

²Ss. Cyril and Methodius University of Skopje

Skopje, Republic of North Macedonia

The results of the study on the effect of new microbial preparations on the dynamics of the absolute weight and average daily gain of geese are presented. In the scientific experiment, probiotics Vetom 20.76 based on the predatory fungus *Arthrobotrys oligospora* and Vetom 1 on the basis of live spore-forming bacteria of the *Bacillus subtilis* DSM 32424 strain, which have anthelmintic, antiviral and antifungal effects, were used. One control and four experimental groups of 10 goslings each at the age of 1 month were formed according to the principle of analog pairs. The goslings of the experimental groups received Vetom 20.76 in various dosages: young birds of the 1st experimental group – 0.5 µl/kg of live body weight, the 2nd – 1 µl/kg, the 3rd – 2 µl/kg. Goslings of the 4th experimental group were given Vetom 1 at a dose of 50 mg/kg of live body weight. Both drugs were given in the morning with water, once a day for 30 days. These drugs were not prescribed to geese of the control group. It was established that Preparations Vetom 20.76 in doses of 0.5; 1 and 2 µl/kg

of body weight and Vetom 1 at a dose of 50 mg/kg of body weight have a growth-stimulating effect when given to goslings for 30 days. The growth rate of the experimental birds depended on the dose of the drugs used. Optimal results were obtained with the use of Vetom 20.76 at a dose of 2 µl/kg of body weight and Vetom 1 at a dose of 50 mg/kg of body weight once a day for 30 days. The average daily gain in live weight of the experimental geese increased in the 3d and 4th experimental groups by 5.24 and 20.60% in the first 15 days of the experiment and by 24.8 and 44.64% during the aftereffect of the drug.

Keywords: probiotic, Vetom, geese, body weight, average daily gain

Для цитирования: Яковлева Н.С., Ноздрин Г.А., Стойковски В., Яковлева М.С., Барсукова Е.Н., Новик Я.В. Влияние микробиальных препаратов Ветом 1 и Ветом 20.76 на интенсивность роста гусей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51 № 2. С. 73–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-9>

For citation: Yakovleva N.S., Nozdryn G.A., Stoikovski V., Yakovleva M.S., Barsukova E.N., Novik Ya.V. Effect of microbial preparations Vetom 1 and Vetom 20.76 on growth intensity of geese. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 73–79. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Птицеводство – одна из наиболее интенсивных и динамично развивающихся отраслей АПК. Гусеводство является высокорентабельной отраслью птицеводства. Повышение продуктивности и выпуск экологически чистой продукции – приоритетное направление в гусеводстве. Достижение данной цели возможно при сокращении применения антибиотиков, уменьшении их отрицательного воздействия на качество кормов, а также снижении воздействия вредных факторов внешней среды на организм птицы [1, 2].

Один из способов, вызывающих положительные изменения в организме птицы, – использование пробиотиков. Их применяют в птицеводстве в качестве кормовых добавок и биологических регуляторов метаболических процессов в организме птицы. Пробиотики стабилизируют пищеварительную систему, уничтожают патогенные бактерии и секретируют специальные ферменты, ко-

торые дают возможность птице лучше усваивать питательные вещества, повышают ее сохранность и продуктивность, позволяют снизить затраты кормов на единицу продукции [3–8]. Применение пробиотиков серии Ветом весьма перспективно при выращивании сельскохозяйственной птицы, в частности гусей^{1–3} [9, 10].

Среди пробиотиков в последнее время большое внимание уделяют новым препаратам на основе хищных апатогенных грибов (*Duddingtonia flagrans* и *Arthrobotrys oligospora*), обладающим противогельминтным, противовирусным и противогрибковым действием. Препараты на основе штаммов *Duddingtonia flagrans* и *Arthrobotrys oligospora* относят к группе пробиотиков [11, 12].

Цель исследования – изучить влияние микробиальных препаратов Ветом 20.76 на основе хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* и Ветом 1 на основе *Bacillus subtilis* на интенсивность роста гусей.

¹Шевченко А.И., Шевченко С.А. Сохранность сельскохозяйственной птицы в различные возрастные периоды при применении гетеробиотика, гомобиотика и синбиотиков // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 286–291.

²Уткина Р.Г., Ноздрин Г.А. Доклинические исследования по определению класса токсичности нового пробиотического препарата Ветом 20.76 // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского государственного аграрного университета. Новосибирск, 2018. С. 128–132.

³Уткина Р.Г. Современное состояние и будущие тенденции создания фармакологических препаратов на основе хищных грибов // Сельскохозяйственные науки: материалы 57-й Междунар. науч. студенческой конф. Новосибирск, 2019. С. 58.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-производственный опыт проводили на базе физиологического двора НПФ «Исследовательский центр» (р.п. Кольцово Новосибирской области).

На протяжении опыта птицу содержали в напольных клетках на глубокой несменяемой подстилке в естественных условиях и освещении. При кормлении использовали комбикорма «Дельта Фидс» для сельскохозяйственной птицы фирмы «БиоПро». Содержание и кормление птицы соответствовало санитарно-гигиеническим нормам.

Исследования проведены на гусятах в возрасте 1 мес. По принципу пар-аналогов сформировали четыре опытных группы и одну контрольную по 10 гусят в каждой. Перед началом опыта гусят выдержали 2 нед на карантине.

Гусятам 1–3-й опытных групп ежедневно с водой задавали Ветом 20.76 один раз в сутки в течение 30 сут в дозе 0,5; 1 и 2 мкл/кг живой массы тела соответственно. Молодняку 4-й опытной группы Ветом 1 задавали ежедневно один раз в сутки в течение 30 сут в дозе 50 мг/кг живой массы тела. Птице контрольной группы указанные препараты не назначали.

Определение абсолютной массы проводили на электронных весах до начала опыта, на 15, 30 и 60-е сутки. Среднесуточный при-

рост рассчитывали как частное от разности массы и периода между их измерениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До эксперимента абсолютная масса гусей опытных и контрольной групп не имела достоверных различий (см. табл. 1).

На 15-е сутки опыта медиана прироста абсолютной массы гусей 1–4-й опытных групп была выше по отношению к контролю на 13,09 ($p < 0,01$); 8,33; 8,96 и 12,94 соответственно. На 30-е сутки эксперимента прирост абсолютной массы у гусей 1–4-й опытных групп оказался выше, чем у аналогов из контрольной группы, на 4,25; 2,87; 4,02; 6,78% соответственно. На 60-е сутки медиана прироста абсолютной массы у гусей 2-й опытной группы была ниже по отношению к контролю на 2,44%, у гусей 1, 3 и 4-й опытных групп выше на 4,88; 9,76 и 12,2% соответственно.

Интенсивность роста гусей при применении препарата повышалась. Массонакопление регистрировали при применении Ветом 20.76 в дозе 2 мкл/кг живой массы и Ветом 1 в дозе 50 мг/кг живой массы (см. рис. 1).

По результатам исследования, повышался среднесуточный прирост живой массы гусей опытных групп (см. табл. 2).

С 1-х по 15-е сутки медиана среднесуточного прироста у гусей 1-й и 2-й опытных групп была ниже по отношению к контролю –

Табл. 1. Динамика абсолютной массы гусей, г
Table 1. Dynamics of the absolute mass of geese, g

Группа	Сутки		
	15-е	30-е	60-е
Контрольная	2635,00 ± 67,85	3480,00 ± 119,45	4100,00 ± 210,45
Опытная:			
1-я	2980,00 ± 69,92**	3628,00 ± 90,01	4300,00 ± 134,78
2-я	2854,50 ± 90,97	3580,00 ± 107,36	4000,00 ± 203,27
3-я	2871,00 ± 114,38	3620,00 ± 114,67	4500,00 ± 240,21
4-я	2976,00 ± 117,94	3716,00 ± 124,86	4600,00 ± 275,05

Здесь и в табл. 2:

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

*** $p < 0,001$.

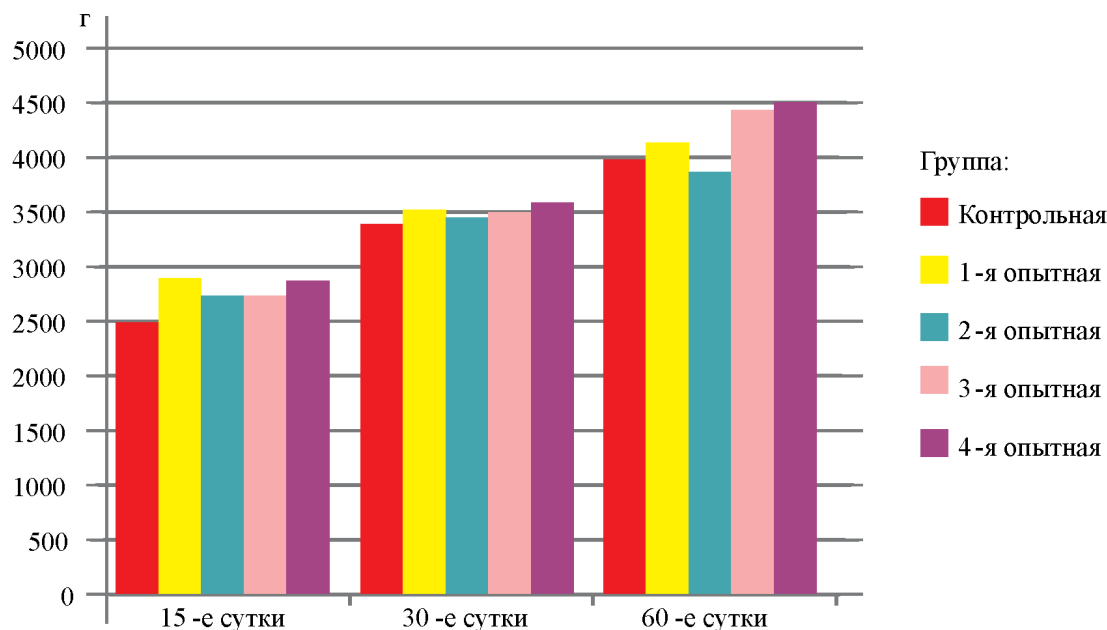


Рис. 1. Динамика абсолютной массы гусей

Fig. 1. Dynamics of the absolute mass of geese

Табл. 2. Среднесуточный прирост живой массы гусей, г

Table 2. Average daily gain in live weight of geese, g

Группа	Сутки			
	1–15-е	15–30-е	30–60-е	1–60-е
Контрольная	99,20 ± 2,36	61,33 ± 2,87	20,83 ± 5,50	50,33 ± 2,93
Опытная: 1-я	98,90 ± 1,87	45,87 ± 2,10***	26,27 ± 2,28	49,20 ± 1,43
2-я	93,73 ± 2,82	52,83 ± 2,99	14,47 ± 3,60	44,73 ± 2,04
3-я	104,40 ± 6,85	51,27 ± 4,02 *	26,00 ± 4,75	52,15 ± 3,81
4-я	119,63 ± 4,44**	51,47 ± 2,38*	30,13 ± 4,46	57,25 ± 3,44

0,3 и 5,51% соответственно, у гусей 3-й и 4-й опытных групп – выше на 5,24 и 20,60% ($p < 0,01$). С 15-х по 30-е сутки медиана среднесуточного прироста у гусей 1–4-й опытных групп оказалась ниже по отношению к контролю на 25,22 ($p < 0,001$); 13,86; 16,41 ($p < 0,05$) и 16,09% ($p < 0,05$) соответственно. С 30-х по 60-е сутки медиана среднесуточного прироста у гусей 2-й опытной группы была ниже по отношению к контролю на 30,56% соответственно, у гусей 1, 3 и 4-й опытных групп – выше на 26,08; 24,8 и 44,64% соответственно.

За весь период эксперимента с 1-х по 60-е сутки медиана среднесуточного прироста у гусей 3-й и 4-й опытных групп была выше по отношению к контролю на 3,63 и 13,76% соответственно, у гусей 1-й и 2-й опытных групп ниже на 2,24; 11,11%.

В первые 15 сут эксперимента увеличение среднесуточного прироста у гусей происходило как при введении Ветом 20.76 в дозе 2 мкл/кг живой массы, так и при применении Ветом 1 в дозе 50 мг/кг живой массы (см. рис. 2). На протяжении всего опыта и в период последствия препарата (30–60-е

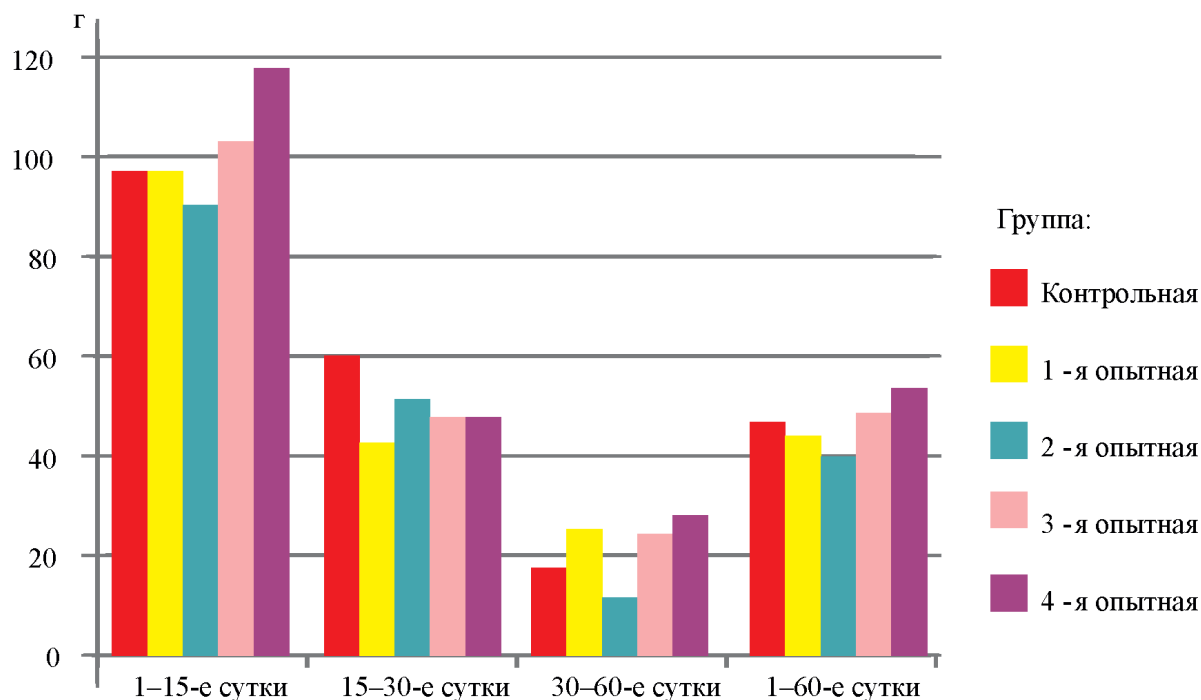


Рис. 2. Динамика среднесуточного прироста гусей, г

Fig. 2. Dynamics of the average daily gain of geese, g

сутки), выраженный среднесуточный прирост отмечен при введении Ветом 1 в дозе 50 мг/кг живой массы тела.

ВЫВОДЫ

1. Препараты Ветом 20.76 в дозах 0,5; 1 и 2 мкл/кг массы тела и Ветом 1 в дозе 50 мг/кг массы тела обладают ростостимулирующим действием при применении его гусятам в течение 30 сут.

2. Интенсивность роста опытной птицы зависела от дозы применяемых препаратов. Оптимальные результаты получили при применении Ветом 20.76 в дозе 2 мкл/кг массы тела и Ветом 1 в дозе 50 мг/кг массы тела один раз в сутки на протяжении 30 сут.

3. Среднесуточный прирост живой массы опытных гусей повышался в 3-й и 4-й опытных группах на 5,24 и 20,60% в первые 15 сут эксперимента и на 24,8 и 44,64% в период последействия препарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурленков Н.В., Самусенко Л.Д. Теоретическое обоснование производства мясной продукции водоплавающей птицы // Эффективное животноводство. 2019. № 55 (153). С. 22–24.
2. Ноздрин Г.А., Шевченко А.И., Шевченко С.А. Физиологический статус и продуктивность гусей при применении пробиотиков: монография. Новосибирск: Золотой колос, 2017. 194 с.
3. Лебедева И.А., Щепеткина С.В., Новикова М.В., Сканчев А.И. Пробиотики в современном птицеводстве // БИО. 2018. № 1 (208). С. 32–37.
4. Степанова А.М. Влияние пробиотика из штаммов *Bacillus subtilis* на минерально-витаминный состав продукции птицеводства // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 8 (108). С. 1128–1137.
5. Улитко В.Е., Ерисанова О.Е. Влияние Коретрона в рационах бройлеров на их продуктивность и иммунный статус // Птицеводство. 2009. № 3. С. 34–36.
6. Улитко В.Е., Ерисанова О.Е. Влияние пробиотика «Биотроник Сефорте» и препарата «Каролин» на убойные и мясные качества

- цыплят-бройлеров // Зоотехния. 2008. № 5. С. 11–13.
7. Курманаева В.В., Бушов А.В. Коррекция микробиоценоза кишечника цыплят-бройлеров при включении в их рационы пробиотиков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3 (19). С. 93–99
8. Суханова С.Ф., Корниенко И.Г. Показатели естественной резистентности гусят-бройлеров, потреблявших Левисел SB плюс // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 103–108.
9. Рафикова Э.Р., Ноздрин Г.А., Леляк А.А. Корреляционные связи между уровнем дозы Ветом 21.77 и массой, а также некоторыми гематологическими показателями бройлеров // Вестник НГАУ. 2018. № 3 (48). С. 92–102. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-92-102.
10. Кулаченко И.В., Кулаченко В.П., Хмыров А.В. Морфофункциональное состояние иммунокомпетентных и детоксикационных органов цыплят-бройлеров на фоне скормливания Ветом 1.1 и АКД фаворина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 4 (16). С. 123–129.
11. Яковлева Н.С., Ноздрин Г.А., Яковлева М.С., Тишков С.Н., Шевченко А.И. Влияние препарата Ветом 20.76 на основе хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* на уровень лейкоцитов в крови гусей // Вестник НГАУ. 2019. № 4 (53). С. 103–108. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-103-108.
12. Yakovleva N.S., Nozdrin G.A., Yakovleva M.S., Tishkov S.N., Lelyak A.I. Pharmacodynamics of the drug based on *Arthrobotrys oligospora* // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2019. Vol. 7. N 12. S. 861–866. DOI: 10.30534/ijeter/2019/237122019.
3. Lebedeva I.A., Shchepetkina S.V., Novikova M.V., Skanchev A.I. Probiotics in modern poultry farming. *BIO = Journal BIO*, 2018, no. 1 (208), pp. 32–37. (In Russian).
4. Stepanova A.M. Effect of probiotic from *Bacillus subtilis* strains on the mineral and vitamin composition of poultry products. *Nauchnaya zhizn' = Scientific Life*, 2020, vol. 15, no. 8 (108), pp. 1128–1137. (In Russian).
5. Ulit'ko V.E., Erisanova O.E. Influence of Coretron in broiler diets on their productivity and immune status. *Ptitsevodstvo = Poultry*, 2009, no. 3. pp. 34–36. (In Russian).
6. Ulit'ko V.E., Erisanova O.E. Influence of Byotronic Ce-forte and preparation Karoline on slaughter and meat qualities of broiler chickens. *Zootekhnika*, 2008, no. 5. pp. 11–13. (In Russian).
7. Kurmanaeva V.V., Bushov A.V. Correction of microbiocenosis of intestines of broiler chickens with the use of probiotics in their diets. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2012, no. 3 (19), pp. 93–99. (In Russian).
8. Sukhanova S.F., Kornienko I.G. Natural resistance indices of broilers goslings fed Levisel SB plus feed supplement. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2017, no. 5 (151). pp. 103–108. (In Russian).
9. Rafikova E.R., Nozdrin G.A., Lelyak A.A. Correlations between Vetom 21.77 doses, mass and some hematological parameters of broilers. *Vestnik NGAU = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2018, no. 3 (48), pp. 92–102. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2018-48-3-92-102.
10. Kulachenko I.V., Kulachenko V.P., Khmyrov A.V. Morphofunctional status of immunocompetent and detoxification organs of broiler chickens in the course of feeding Vetom 1.1 and AKD Favorin. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy = Innovations in AIC: problems and prospects*, 2017, no. 4 (16), pp. 123–129. (In Russian).
11. Yakovleva N.S., Nozdrin G.A., Yakovleva M.S., Tishkov S.N., Shevchenko A.I. The impact of Vetom 20.76 based on predatory fungus *Arthrobotrys oligospora* on the leukocytes in the geese blood. *Vestnik NGAU = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2019,

REFERENCES

- no. 4 (53), pp. 103–108. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-103-108.
12. Yakovleva N.S., Nozdrin G.A., Yakovleva M.S., Tishkov S.N., Lelyak A.I. Pharmacodynamics of the drug based on Arthrobotry

oligospora. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 2019, vol. 7, no. 12, pp. 861–866. DOI: 10.30534/ijeter/2019/237122019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яковлева Н.С.**, аспирант; **адрес для переписки:** 630039, Россия, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: nataha951995@mail.ru

Ноздрин Г.А., доктор ветеринарных наук, профессор; e-mail: grigory.nozdrin@yandex.ru

Стойковски В., доктор биологических наук, профессор

Яковлева М.С., аспирант; e-mail: marischa2906@mail.ru

Барсукова Е.Н., кандидат биологических наук, доцент; e-mail: pharrngenpath@mail.ru

Новик Я.В., ведущий специалист; e-mail: yana_demeshonok@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Natalia S. Yakovleva, postgraduate student; **address:** 160 Dobrolyubov St., Novosibirsk, 630039 Russia; e-mail: nataha951995@mail.ru

Grigory A. Nozdrin, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor; e-mail: grigory.nozdrin@yandex.ru

Velimir Stojkowski, Doctor of Science in Biology, Professor

✉ **Marina S. Yakovleva**, postgraduate student; e-mail: marischa2906@mail.ru

Ekaterina N. Barsukova, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; e-mail: pharrngenpath@mail.ru

Yana V. Novik, Leading Specialist; e-mail: yana_demeshonok@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.01.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 31.03.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021

КАЛЬЦИЙ КАК ИНГИБИТОР АКТИВНОСТИ ТРИПСИНА В ПАНКРЕАТИЧЕСКОМ СОКЕ КУР

✉ Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Фисинин В.И., Кислова И.В., Овчинникова Н.В.

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук

Московская область, г. Сергиев Посад, Россия

✉ e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

Представлены результаты изучения взаимодействия кальция и панкреатических ферментов у кур кросса Хайсекс белый 46-недельного возраста. Показано, что одновременно с всасыванием в желудочно-кишечном канале птиц происходит эндогенная экскреция кальция с пищеварительными соками. Определено влияние кальция на активность трипсина в эксперименте *in vitro*. В опыте вводили разные дозы кальция (5,0; 7,5; 10,5; 12,5 и 25,0 мг) в панкреатический сок кур, предварительно разведенный физиологическим раствором в 10 раз. Число повторов в каждом варианте опыта 20 раз. Для опыта применяли кальций хлористый 2-водный (ХИММЕД, РФ). Активность трипсина устанавливали кинетическим методом. Содержание кальция определяли биохимическим анализатором Sinnova BS-3000P (КНР) и набором для определения кальция в крови животных ДИАКОН-ВЕТ (РФ). Установлено, что в панкреатическом соке кур содержится до $2,9 \pm 0,03$ ммоль кальция/л, что сопоставимо с уровнем кальция в сыворотке крови $1,99 \pm 0,10 - 3,13 \pm 0,20$ ммоль/л. Определено, что кальций оказывает ингибирующее влияние на активность трипсина. Увеличение кальция в панкреатическом соке кур в 5 раз снижает активность трипсина на 34,7%. По данным дисперсного анализа, концентрация кальция в панкреатическом соке влияет на активность трипсина, сила влияния фактора достоверна и составляет 92%. Установлена устойчивая отрицательная корреляция между содержанием кальция в панкреатическом соке и активностью трипсина $r = -0.78$, что согласуется с корреляцией соответствующих показателей в крови. Это позволяет рассматривать кальций вместе с протеазами как элемент, регулирующий процессы метаболизма в организме кур.

Ключевые слова: панкреатический сок кур, кальций, трипсин, ингибитор

CALCIUM AS AN INHIBITOR OF TRYPsin ACTIVITY IN PANCREATIC JUICE OF CHICKEN

✉ Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Fisinin V.I., Kislova I.V., Ovchinnikova N.V.

Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry" of the Russian Academy of Sciences

Sergiev Posad, Moscow region, Russia

✉ e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

The results of studying the interaction of calcium and pancreatic enzymes in 46-week-old Hisex white chickens are presented. It is shown that intestinal absorption of calcium is accompanied by endogenous excretion of calcium with digestive juices. The effect of calcium on tryptic activity in an *in vitro* experiment was determined. In the experiment, different doses of calcium (5.0; 7.5; 0.5; 12.5 and 25.0 mg) were injected into the pancreatic juice of chickens, previously diluted with physiological solution 10 times. The number of repetitions in each variant of the experiment was 20 times. For the experiment, 2-aqueous calcium chloride (Chimmed, RF) was used. Trypsin activity was determined by the kinetic method. The content of calcium was determined with a Sinnova BS-3000P biochemical analyzer (China) and a set for the determination of calcium in the blood of animals DIAKON-VET (RF). It was found that pancreatic juice of chickens contains up to 2.9 ± 0.03 mmol of calcium/l, which is comparable to the level of calcium in the blood serum of $1.99 \pm 0.10 - 3.13 \pm 0.20$ mmol/l. The inhibiting effect of calcium on the tryptic activity was found. A five-fold increase in calcium in pancreatic juice of chickens reduces the activity of trypsin by 34.7%. According to

the analysis of variance, the concentration of calcium in pancreatic juice affects tryptic activity, the reliability of the effect is confirmed by 92%. A stable negative correlation was established between calcium content in pancreatic juice and activity of trypsin $r = -0.78$, which is consistent with the correlation of the corresponding parameters in the blood. These findings serve as evidence that calcium together with proteases can be regarded as an element that regulates metabolic processes in chickens.

Keywords: pancreatic juice of chickens, calcium, trypsin, inhibitor

Для цитирования: Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Фисинин В.И., Кислова И.В., Овчинникова Н.В. Кальций как ингибитор активности трипсина в панкреатическом соке кур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 80–86. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-10>

For citation: Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Fisinin V.I., Kislova I.V., Ovchinnikova N.V. Calcium as an inhibitor of trypsin activity in pancreatic juice of chicken. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 80–86. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Кальций в организме кур играет исключительно важную роль в формировании скелета и скорлупы яиц. Кроме этого, кальций участвует в сокращении мышечных волокон, влияет на автоматию, процессы возбуждения и сокращения сердца, в свертывании крови, активирует ряд ферментов и стабилизирует трипсин панкреатического сока [1]. В организме животных кальций находится в костной ткани, мышцах, биологических жидкостях. Одновременно с всасыванием в желудочно-кишечном канале птиц происходит эндогенная экскреция кальция с пищеварительными соками. Исследованиями установлено, что в панкреатическом соке кур находится до $2,9 \pm 0,03$ ммоль кальция/л, что сопоставимо с уровнем кальция в сыворотке крови – $1,99 \pm 0,10 - 3,13 \pm 0,20$ ммоль/л [2]. Нормы кальция в рационе кур в разные возрастные периоды изменяются с учетом потребности в макроэлементе. При высоком уровне кальция степень его усвояемости несушками снижается как в абсолютном, так и в относительном выражении [3]. Увеличение в рационе несушек кальция выше нормы нецелесообразно. Вместо ожидаемого улучшения качества скорлупы нередко получают обратные результаты. Избыток кальция ингибирует абсорбцию микроэлементов (цинка, марганца, железа, возможно, меди) и ухудшает усвоение растительного

(фитатного) фосфора. Введение чрезмерных количеств кальция в комбикорма (в России обычно в виде мела) ухудшает их вкусовые качества и поедаемость птицей.

Цель исследований – определить влияние кальция на активность трипсина в пищеварительном соке кур в эксперименте *in vitro*.

Задачи исследования – изучить активность трипсина на фоне разных доз кальция в панкреатическом соке кур кросса Хайсекс белый; выполнить дисперсионный анализ влияния количества кальция на активность трипсина панкреатического сока, рассчитать корреляцию между признаками в панкреатическом соке и плазме крови кур.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполняли в условиях лаборатории физиологии Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук в 2020 г. Объект исследования – панкреатический сок, полученный в хронических экспериментах от кур кросса Хайсекс белый 46-недельного возраста, прооперированных по методу Ц.Ж. Батоева [4]. Активность трипсина устанавливали кинетическим методом [5]. Содержание кальция определяли с использованием полуавтоматического биохимического анализатора Sinnova BS-3000P (КНР) и набора для определения кальция в крови

животных компании «ДИАКОН-ВЕТ» (РФ). Вначале определяли базовую активность трипсина, который находился в панкреатическом соке кур. Для эксперимента предварительно разводили сок физиологическим раствором в 10 раз для того, чтобы его протеолитическая активность соответствовала дуоденальному химусу у кур. Затем вводили в пробирки с соком разные дозы кальция, начиная от 5,0 мг, увеличивая количество минерала на 0,25 мг в каждой следующей пробирке, до 12,5 и 25,0 мг. Для опыта применяли кальций хлористый 2-водный (ХИММЕД, РФ). Исследования активности трипсина в каждой из пробирок с кальцием повторялись не менее 20 раз.

Для статистической обработки результатов использовали программу Excel, с помощью которой выполняли расчет среднего значения (M), среднеквадратичное отклонение ($\pm m$), корреляцию, а также применяли пакет анализа Microsoft Office для выполнения дисперсионного анализа. Достоверность различий устанавливали по t -критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования, полученные *in vitro*, показали, что активность трипсина в панкреатическом соке кур изменяется при добавлении разных доз кальция (см. табл. 1).

Данные таблицы свидетельствуют о том, что кальций оказывает ингибирующее влияние на активность трипсина. Наиболее рез-

кие периоды снижения активности фермента отмечены между первой и второй пробирками (на 17,0%, $p < 0.05$), третьей и четвертой – (на 15,6%, $p < 0.05$). В целом при увеличении кальция в панкреатическом соке кур в 5 раз активность трипсина снижается на 34,7%.

Проведенный дисперсный анализ показал, что между содержанием в панкреатическом соке кальция и активностью трипсина существует связь (см. табл. 2, 3). Сила влияния фактора (количество кальция) достоверна и составляет 92,0%.

Коррелятивный анализ показал, что между содержанием кальция и активностью трипсина в панкреатическом соке кур существует устойчивая обратная связь, коэффициент которой равен минус 0,78.

По результатам биохимического исследования биохимии в крови кур-несушек отмечена устойчивая обратная корреляция между кальцием и активностью трипсина (см. рисунок), $r = -0,51$.

Полученные данные согласуются с результатами исследований А.Г. Михайловой и др. [6] о возможности регуляции с помощью ионов кальция побочного нежелательного гидролиза при использовании энтеропептидазы. Установлены изменения содержания кальция в крови цыплят-бройлеров и их прародителей в онтогенезе, что, возможно, оказывает влияние на метаболизм [7]. Так, у 1-суточных цыплят количество кальция в плазме крови отмечено достаточно низким, но уже в первую неделю постэмбриональной жизни оно повысилось на 38,7%

Табл. 1. Активность трипсина на фоне разных доз кальция в панкреатическом соке кур
Table 1. Trypsin activity depending on the doses of calcium in chicken pancreatic juice

Количество кальция в пробирке, мг/ (ммоль/л)	Активность трипсина, ед./л				
	Первая пробирка	Вторая пробирка	Третья пробирка	Четвертая пробирка	Пятая пробирка
5,0/3,95	124,8 $\pm$ 3,35	103,7 $\pm$ 2,82	100,0 $\pm$ 0,70	84,4 $\pm$ 0,47	81,5 $\pm$ 2,21
7,5/5,87					
10,0/8,07					
12,5/10,30					
25,0/20,38					

Табл. 2. Однофакторный дисперсионный анализ взаимосвязи кальция и трипсина

Table 2. One-way ANOVA of the relationship between calcium and trypsin

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
Концентрация кальция	5	1,2	0,24	0,02425
Активность трипсина	10	989,689	98,9689	304,5126677

Табл. 3. Дисперсионный анализ влияния количества кальция на активность трипсина панкреатического сока

Table 3. ANOVA of the influence of calcium amount on the activity of trypsin in pancreatic juice

Источник вариации	Сумма квадратов отклонений (SS)	Степень свободы (Df)	Средний квадрат (Ms)	Критерий фактического распределения (F)	p – значение*	Критерий теоретического распределения (F-критическое)
Между группами	32491,32	1	32491,32	154,1159011	1,38935E-08	4.667192732
Внутри групп	2740,711	13	210,8239			
Итого	35232,03	14				

Сила влияния 92,0%

*Вероятность того, что дисперсия, воспроизводимая уравнением, равна дисперсии остатков.

и оставалось на таком уровне до 35 сут. В плазме крови у 1-суточных цыплят наблюдали высокую активность трипсина, что могло быть связано с выработкой достаточного количества ингибиторов, сдерживающих активность фермента в период эмбриогенеза. К 7-суточному возрасту активность трипсина снижалась у цыплят-бройлеров в 11,8 раза. В дальнейшем наблюдали постепенное снижение этого показателя как в абсолютных величинах, так и относительно живой массы. В целом относительный показатель активности трипсина на единицу живой массы снизился за 35-суточный период исследований у цыплят-бройлеров в 501 раз. Кроме того, ионы кальция являются маркерами состояния поджелудочной железы при ее патологии [8, 9]. Панкреатит является в настоящее время распространенным и тяжелым заболеванием, которое не имеет специфической терапии и характеризуется недостаточно изученным патогенезом. Кальций (Ca(2+)) является универсальным носителем сигналов, регулирующих многие аспекты клеточной активности. Он контролирует

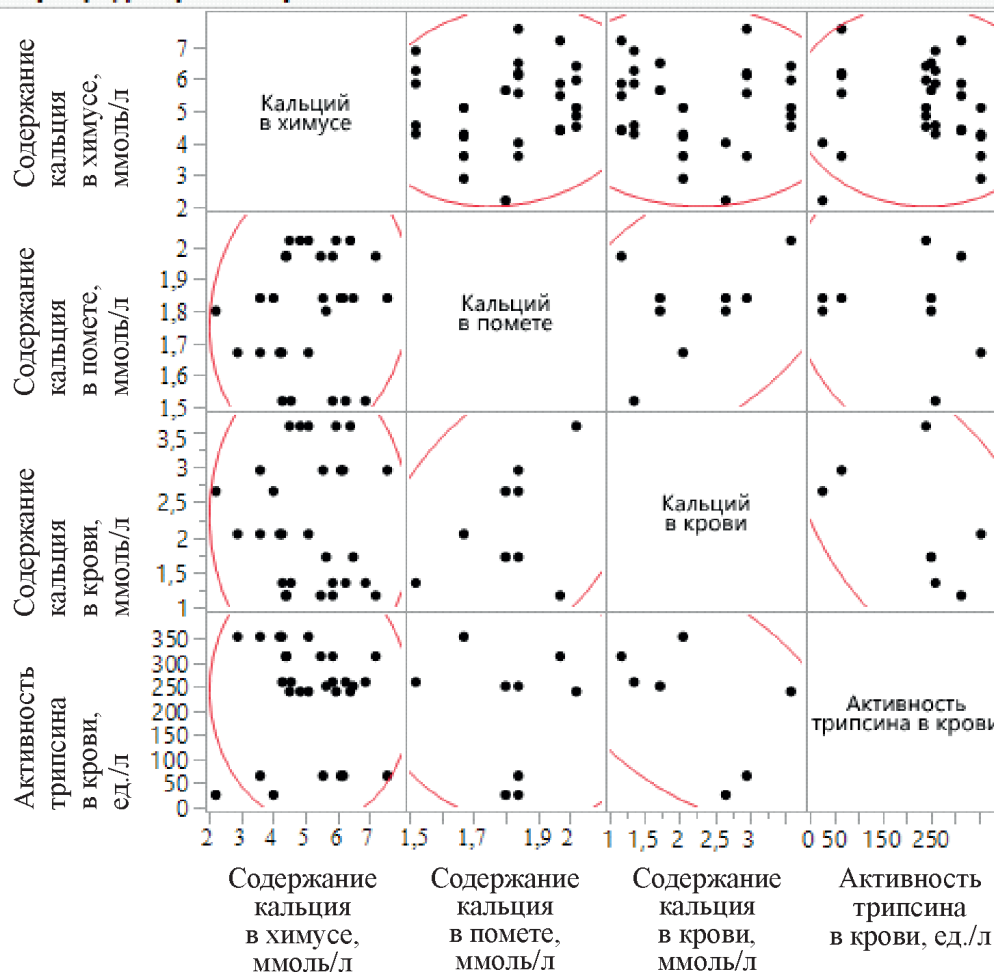
секрецию пищеварительных ферментов в ацинарных клетках поджелудочной железы. Перегрузка Ca(2+) – ключевое раннее событие в патогенезе многих заболеваний. В панкреатических ацинарных клетках патологические ионы кальция Ca(2+) являются ключевым фактором в инициации повреждения клеток. Из-за длительного и постоянного действия Ca(2+) происходит активация трипсина, вакуолизация и некроз, которые имеют решающее значение в развитии панкреатита. Следовательно, при панкреатитах кальций, наоборот, является активатором трипсина, а не его ингибитором, как в нормальных условиях. Исследованиями О. Gryshchenko et al. [10] также установлено, что сигналы Ca(2+) в звездчатых клетках обеспечивают петлю амплификации, способствующую гибели ацинарных клеток. Начальное высвобождение протеаз калликреина и трипсина из умирающих ацинарных клеток может через генерацию брадикинина и активируемые протеазой рецепторы индуцировать Ca(2+), сигналы в звездчатых клетках. Они затем могут повредить

Корреляция между активностью трипсина и кальция в биологических средах кур

Корреляции

	Кальций в химусе	Кальций в помете	Кальций в крови	Активность трипсина в крови
Кальций в химусе	1,0000	0,1267	-0,0420	-0,0413
Кальций в помете	0,1267	1,0000	0,4718	-0,1496
Кальций в крови	-0,0420	0,4718	1,0000	-0,5143
Активность трипсина в крови	-0,0413	-0,1496	-0,5143	1,0000

Матрица диаграммы рассеивания



Корреляция между активностью трипсина и кальцием (Ca) в биологических средах кур (рассчитана в программном обеспечении JMP Trial 14.1.0, производитель SAS Institute, USA Carolina)

Correlation between trypsin activity and calcium (Ca) in biological media of chickens (calculated using JMP Trial 14.1.0 software, manufactured by SAS Institute, USA Carolina)

ацинарные клетки и тем самым вызвать дополнительное высвобождение протеаз [10]. Авторы указывают на возможное участие в этом процессе оксида азота, связь с которым трипсина установлена в исследованиях на птице [11].

Магний – естественный антагонист кальция [12]. Повышение концентрации кальция в крови и его введение в двенадцатиперст-

ную кишку усиливает секрецию всех панкреатических ферментов, что не согласуется с результатами нашего исследования. Однако при хроническом панкреатите концентрация кальция в панкреатическом соке снижается параллельно дебиту ферментов [12]. Магний также выделяется в составе панкреатического сока одновременно с кальцием, что свидетельствует о его важной

роли в секреторном процессе поджелудочной железы. Это подтверждается данными на курах [13].

Таким образом, кальций в опытах *in vitro* в панкреатическом соке кур оказывает ингибирующее влияние на активность трипсина. Проведенный дисперсный анализ показал, что между содержанием в панкреатическом соке кальция и активностью трипсина существует сильная связь, равная 92,0%. При этом наблюдается обратная корреляция, которая характерна для показателей активности трипсина и содержания кальция в крови. Полученные новые знания в вопросах взаимодействия кальция и активности трипсина позволяют сделать предположение о регуляторной функции трипсина и кальция в метаболизме птицы.

ВЫВОДЫ

1. По результатам исследований концентрация кальция в панкреатическом соке птиц влияет на активность трипсина, сила влияния фактора достоверна и составляет 92%.

2. Корреляция между содержанием кальция в панкреатическом соке и активностью трипсина носит устойчивый отрицательный характер с коэффициентом минус 0,78, который согласуется с корреляцией соответствующих признаков в крови.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физиология сельскохозяйственных животных // Руководство по физиологии. Л.: Наука, 1978. 233 с.
2. Кислова И.В., Овчинникова Н.В., Кощеева М.В. Биохимические показатели крови высокопродуктивной птицы при разном содержании кальция в рационе // Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 45–48. DOI: 10/30975/2073-4999-2020-23-1-45-48.
3. Коцаев И.А. Обеспечение сельскохозяйственной птицы кальцием // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2018. № 2 (8). С. 3–8.
4. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц: монография. Улан-Удэ: издательство

Бурятского государственного университета, 2001. С. 72–81.

5. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // Ветеринария. 2018. № 12. С. 51–54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54.
6. Михайлова А.Г., Лихарева В.В., Прудченко И.А., Руми Л.Д. Эффект ионов кальция на энтропептидазный катализ // Биохимия. 2005. Т. 70. № 10. С. 1367–1375.
7. Егоров И.А., Грозина А.А., Вертипрахов В.Г., Ленкова Т.Н., Манукян В.А., Егорова Т.А., Кошеева М.В. Возрастные изменения биохимических показателей крови у мясных цыплят (*Gallus gallus* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 820–830. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.4.820rus.
8. Li J., Zhou R., Zhang J., Li Z.F. Calcium signaling of pancreatic acinar cells in the pathogenesis of pancreatitis // World Journal of Gastroenterology. 2014. Vol. 21. N 20 (43). P. 16146. DOI: 10.3748/wjg.v20.i43.16146.
9. Raraty M.G.T., Petersen O.H., Sutton R.J., Neoptolemos J.P. Intracellular free ionized calcium in the pathogenesis of acute pancreatitis // Best Practice & Research Clinical Gastroenterology. 1999. Vol. 13 (2). P. 241–251. DOI: 10.1053/bega.1999.0022.
10. Gryshchenko O., Gerasimenko J.V., Peng S., Gerasimenko O.V., Petersen O.H. Calcium signalling in the acinar environment of the exocrine pancreas: physiology and pathophysiology // The Journal of Physiology. 2018. Vol. 596. Is. 14. P. 2663–2678. DOI: 10.1113/JP275395.
11. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Титов В.Ю., Грозина А.А. Динамика активности пищеварительных ферментов и содержания депонированного оксида азота в плазме крови петушков после кормления // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2018. Т. 104. № 8. С. 976–983.
12. Савустьяненко А.В. К вопросу о хроническом панкреатите: Срез знаний 2011 // Новости медицины и фармации. 2011. № 18 (387). С. 14–15.
13. Грозина А.А. К вопросу о химическом составе панкреатического сока кур // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 1. С. 146–153.

REFERENCES

1. Physiology of farm animals. *Physiology guidelines*, Leningrad, Nauka Publ., 1978. 233 p. (In Russian).
2. Kislova I.V., Ovchinnikova N.V., Koshcheeva M.V. Biochemical parameters of the blood of a highly productive poultry with different calcium content in the diet. *Ptitsa i ptitseprodukt = Poultry and Poultry Products*, 2021, no. 1, pp. 45–48. (In Russian). DOI: 10/30975/2073-4999-2020-23-1-45-48.
3. Koshchaev I.A. Providing poultry with calcium. *Aktual'nye voprosy sel'skokhozyaistvennoi biologii = Actual Issues in Agricultural Biology*, 2018, no. 2 (8), pp. 3–8. (In Russian).
4. Batoev Ts.Zh. *Physiology of poultry digestion*. Ulan-Ude, Publishing house of Buryat State University, 2001, pp. 72–81. (In Russian).
5. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. Assessment of poultry pancreatic gland condition by determination of trypsin activity in poultry. *Veterinariya*, 2018, no. 12, pp. 51–54. (In Russian). DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54.
6. Mikhailova A.G., Likhareva V.V., Prudchenko I.A., Rumsh L.D. Effect of calcium ions on enteropeptidase catalysis. *Biokhimiya*, 2005, vol. 70, no. 10, pp. 1367–1375. (In Russian).
7. Egorov I.A., Grozina A.A., Vertiprakhov V.G., Lenkova T.N., Manukyan V.A., Egorova T.A., Koshcheeva M.V. The age dynamics of biochemical blood indices in broiler chicken (*Gallus gallus* L.). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2018, vol. 53, no. 4, pp. 820–830. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2018.4.820rus.
8. Li J., Zhou R., Zhang J., Li Z.F. Calcium signaling of pancreatic acinar cells in the pathogenesis of pancreatitis. *World Journal of Gastroenterology*, 2014, vol. 21, no. 20 (43), pp. 16146. DOI: 10.3748/wjg.v20.i43.16146.
9. Raraty M.G.T., Petersen O.H., Sutton R.J., Neoptolemos J.P. Intracellular free ionized calcium in the pathogenesis of acute pancreatitis. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 1999, vol. 13 (2), pp. 241–251. DOI: 10.1053/bega.1999.0022.
10. Gryshchenko O., Gerasimenko J.V., Peng S., Gerasimenko O.V., Petersen O.H. Calcium signalling in the acinar environment of the exocrine pancreas: physiology and pathophysiology. *The Journal of Physiology*, 2018, vol. 596, is. 14, pp. 2663–2678. DOI: 10.1113/JP275395.
11. Fisinin V.I., Vertiprakhov V.G., Titov V.Yu., Grozina A.A. The postprandial dynamics of activity of the digestive enzymes and concentration of depot of nitric oxide in blood serum of cockerels. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova = Russian Journal of Physiology*, 2018, vol. 104, no. 8, pp. 976–983. (In Russian).
12. Savust'yanenko A.V. Chronic pancreatitis: Knowledge base to 2011. *Novosti meditsiny i farmatsii = News of Medicine & Pharmacia*, 2011, no. 18 (387), pp. 14–15. (In Russian).
13. Grozina A.A. On the chemical composition of hens' pancreatic juice. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2019, is. 1, pp. 146–153. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Вертипрахов В.Г.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом; **адрес для переписки:** Россия, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10; e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

Грозина А.А., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела

Фисинин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель

Кислова И.В., младший научный сотрудник

Овчинникова Н.В., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vladimir G. Vertiprakhov**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Head of Dept.; **address:** 10, Ptitsegradskaya St., Sergiev Posad, Moscow Region, 141300, Russia, e-mail: vertiprakhov63@mail.ru

Alena A. Grozina, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Vladimir I. Fisinin, Doctor of Science in Agriculture, Professor, RAS Academician, Scientific Supervisor

Irina V. Kislova, Junior Researcher

Natalia V. Ovchinnikova, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 02.02.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.04.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021



ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СМАРТФОНА ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ

✉ ^{1,2}Алейников А.Ф., ²Торопов В.И.

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

✉ e-mail: fti2009@yandex.ru

²Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия

Описаны симптомы и биофизические процессы, протекающие в землянике садовой при поражении ее доминирующим видом болезни (до 80%), вызванной грибами-возбудителями. Показана неэффективность визуальной оценки степени поражения болезнями земляники по условной 5-балльной шкале или в процентном отношении по площади, пораженной грибами листовой пластины, с привлечением квалифицированных специалистов. Для создания средств диагностики, позволяющих заранее обнаружить грибные болезни земляники садовой, предложен один из методов компьютерного зрения путем подсчета пикселей изображения в пространстве цветовых каналов красного, зеленого и синего цвета (R, G, B). Данный метод дает возможность определять степень поражения грибными болезнями отдельного листа растения. Алгоритм включает захват изображения с помощью цифровой камеры путем фокусировки на листе растения, размещенном на подложке с равномерным фоном, обеспечивающим контрастное выделение объекта; преобразование цветного изображения в черно-белое; разделение изображения между областями с некротическими пятнами и здоровыми областями листа растения с помощью маскирования и удаления пикселей; подсчет количества пикселей в этих двух областях и расчет их соотношения. Приведены сведения о компьютерной программе определения степени поражения листа земляники садовой грибными болезнями. В качестве языка для разработки логической части информационной системы использован язык программирования Java (операционная система Android Studio 3.4.1). Для построения графического интерфейса использовано обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных модулей программного проекта LibGDX. Предлагаемый алгоритм реализован для персонального компьютера и может в виде программного приложения устанавливаться на смартфон, с помощью которого любой сельхозпроизводитель может осуществлять раннюю диагностику грибных болезней растений.

Ключевые слова: земляника садовая, диагностика, болезни, степень поражения, компьютерное зрение, смартфон

APP FOR SMARTPHONE FOR DETECTING FUNGUS DISEASES OF PLANT LEAVES

✉ ^{1,2}Aleynikov A.F., ²Toropov V.I.

¹Siberian Federal Research Centre of AgroBiotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: fti2009@yandex.ru

²Novosibirsk State Technical University
Novosibirsk

The symptoms and biophysical processes occurring in garden strawberry plants when they are affected by the dominant type of disease (up to 80%) caused by pathogenic fungi have been described. The ineffectiveness of the visual assessment of the degree of damage to strawberry diseases by a conventional 5-point scale or as a percentage of the leaf plate area affected by fungi, with the involvement of qualified specialists, has been shown. To create diagnostic tools that allow early detection of fungal diseases of garden strawberries, one of the methods of computer vision was proposed by counting image pixels in the space of color channels of red, green and blue (R, G, B), which makes it possible to determine the degree of fungal diseases affecting an individual plant leaf. The algorithm includes capturing an image with a digital camera by focusing on a plant leaf placed on a substrate with a uniform background providing a contrasting selection of the object; converting a color image to black and white; dividing the image between areas with necrotic spots and healthy areas of the plant leaf by masking and removing pixels; counting the number of pixels in these two areas and calculating their ratio. Information about a computer software for determining the degree of damage to a strawberry leaf by garden fungal diseases has been given. Java programming language (operating system Android Studio 3.4.1) was used as a language for the development of the logical part of the information system. In order to build a graphical interface, the software facilitating the development and integration of various modules of the LibGDX software project was used. The proposed algorithm is implemented for a personal computer and can be installed on a smartphone in the form of a software application, with the help of which any agricultural producer can carry out early diagnosis of fungal plant diseases.

Keywords: garden strawberry, diagnosis, diseases, degree of damage, computer vision, smartphone.

Благодарность

Работа поддержана бюджетным проектом СФНЦА РАН № 0533-2021-0007.

Acknowledgments

This work was supported by the budgetary project of SFSCA RAS No. 0533-2021-0007.

Для цитирования: Алейников А.Ф., Торопов В.И. Приложение для смартфона по обнаружению грибных болезней листьев растений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 87–95. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-11>

For citation: Aleynikov A.F., Toropov V.I. App for smartphone for detecting fungus diseases of plant leaves. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2. pp. 87–95. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Продукты из растительного сырья не только обеспечивают организм питательными веществами, но и содержат целый комплекс полезных минеральных веществ, витаминов, а также повышают устойчивость организма к различным заболеваниям, т.е. являются функциональными продуктами [1]. Земляника садовая питательна имеет обильный биохимический состав и обладает высокими вкусовыми качествами, ценными лечебными свойствами и привлекательным видом.

Однако землянику садовую поражают свыше 30 грибных, вирусных и бактериаль-

ных болезней. Большинство болезней (около 80%) вызываются грибами [2]. Болезни растений рассматриваются как производственные риски, поскольку их трудно обнаружить и идентифицировать заранее. Для сельхозпроизводителей важно выявлять болезни на ранней стадии, чтобы контролировать их распространение.

Наиболее ранними ответными реакциями клеток растений на действие возбудителей болезней и продуцируемых ими элиситоров (элиситоры – экзометаболиты возбудителя, которые связываются с рецептором организма-хозяина и запускают защитную реакцию) являются повышение в цитозоле содержания ионов кальция и протонов, изменение

параметров транспортной системы плазматической мембраны, включающей выпрямляющие селективные калиевые каналы, электрогенную водородную АТФазную помпу, кальций-проницаемые и неселективные катионные каналы, а также деполяризацию плазмалеммы и тонопласта [3]. Кроме того, элиситоры «включают» различные сигнальные системы клеток растений, что приводит к экспрессии защитных генов, синтезу соответствующих белков (антигенов), образованию фитоалексинов – вторичных метаболитов, никогда не присутствующих в здоровом растении, основная масса которых локализуется вокруг места поражения [3]. Фитоалексины приводят к замедлению синтеза ферментов грибного фитопатогена, замедлению его роста, а порой и его уничтожению. Синтез фитоалексинов берут на себя здоровые клетки, окружающие некроз. Именно в них эти вещества образуются, а затем направляются навстречу опасности – в некротизированные клетки, в которых находится паразит. Известно также, что при поражении возбудителями грибных болезней не происходит быстрой гибели хозяев, однако интенсивность фотосинтеза больных растений обычно значительно ниже нормы [4]. Это происходит в основном из-за нарушения структуры фотосинтетического аппарата клеток: резко уменьшаются число хлоропластов на единицу площади листа, объем хлоропластов, концентрация хлорофилла и соотношение хлорофиллов *a* и *b*.

Размер отдельного листа растения и его площадь – важные параметры, от которых зависит эффективность преобразования энергии видимого света (фотосинтеза) и поддержания водного баланса целого растения [1].

Реакцией растений на действие возбудителей грибных болезней является также образование на поверхности листьев растения специфических цветных некротических пятен и конфигурация их распределения [5]. Пятна возникают от нарушения деятельности хлоропластов и понижения содержания хлорофилла в листьях.

При разработке средства диагностики грибной болезни растения важно определить степень поражения этой болезнью конкретного листа выбранного образца земляники садовой. На практике степень поражения квалифицированные специалисты определяют органолептическим методом (по условной 5-балльной шкале или в процентном отношении по площади, пораженной грибами листовой пластины) [6]. Консультации с экспертами для выявления болезней растений обходятся дорого и требуют много времени. Определение степени поражения производителями в процессе вегетации земляники садовой субъективно, индивидуально и неоднозначно, так как проводится путем мысленного сличения цветных образцов некротических пятен с шаблонами из атласов [7].

Большинство методов диагностики болезней культурных растений требуют применения дорогостоящего громоздкого оборудования. Они инвазивны и длительны [1].

Цель исследований – обосновать эффективность применения экспресс-метода компьютерного зрения для определения степени поражения листьев растений и создать на его основе портативное устройство для контроля фитосанитарного состояния посевов культурных растений в их производстве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Портативная электронная техника – неотъемлемый спутник жизни современных людей. Это объясняется многофункциональностью таких устройств. Например, все выпускаемые смартфоны наделены функциями телефона, карманного персонального компьютера, музыкального плеера и фотоаппарата. Смартфон способен заменить источник света, пульт управления для различной электротехники, строительный уровень, GPS-навигатор и др. Эволюция портативной электронной техники имеет высокие темпы и развивается путем создания специальных программных приложений для потребностей людей в различных областях их деятельности.

Перспективное направление – использование смартфонов в качестве средств измерений и диагностики. В настоящее время в мире разрабатывают и уже используют смартфоны в качестве «диагностического центра» индивидуального здоровья путем его превращения в тонометр, термометр, глюкометр, электрокардиограф и в другие медицинские приборы и устройства. Например, благодаря развитию инновационных цифровых технологий и искусственного интеллекта смартфоны нашли широкое применение в традиционной диагностике заболеваний человека [8]. Прибор в реальном времени через приложение, которое установлено на смартфоне человека, ухаживающего за пациентом, передает данные о его здоровье: частоте сердцебиения и параметрах дыхания, уровне стресса и циклах сна и др.

Для реализации диагностики болезней растений в виде приложения к смартфону перспективны методы компьютерного зрения путем подсчета пикселей изображения в пространстве цветовых каналов красного, зеленого и синего цвета (R, G, B) [9–14]. Обычно используемым индикатором состояния растений является цвет листьев, который связан с содержанием в них хлорофилла.

Разработка алгоритма программы определения степени поражения листьев растения болезнями в виде приложений к смартфону основана на следующих методических аспектах.

Получение изображения – первый шаг для любой системы зрения до проведения процедуры анализа изображения. Цифровая камера смартфона используется для захвата изображений с требуемым разрешением. Для улучшения качества изображения необходимо поддерживать равный угол и освещенность. При приближении к листу камера фокусируется на листе, который располагают на подложке с равномерным белым или черным фоном, чтобы получить контрастный образ пораженного листа растения.

Цель предварительной обработки изображения состоит в гарантии следующего

условия: извлечение информативных параметров не влияет на фон, размер и форму листа, интенсивность источника света и характеристики камеры для диагностики болезни растения [15]. Предварительную обработку изображений также используют для выделения определенных функций и выявления деталей на изображении. При этом применяют различные методы, такие как фильтрация изображений, изменение размера, сегментация, морфологические и другие операции¹. Кроме того, захваченные изображения могут содержать некоторый шум. Удаление шума выполняется до анализа изображения с использованием фильтров верхних и нижних частот, медианных и линейных и др. Изображение также может быть улучшено, чтобы различать объект и фон. После захвата изображение преобразуется в пространственное представление другого цвета, если это требуется для дальнейшего анализа. В некоторых случаях для выявления болезней на листьях растений необходимо маскирование и удаление пикселей. Маскировка – это установка значения пикселя в изображении на какое-либо другое фоновое значение или на ноль. На этом этапе необходимо идентифицировать сильно окрашенные пиксели. Например, при идентификации болезни зеленые пиксели обозначают здоровую область листа. В связи с этим предпочтительно удалять зеленые пиксели и сохранять пиксели с зараженной части исследуемого пространства. Маскирование выполняется на основе заданного порогового значения. Красному, зеленому и синему компоненту пикселя присваивается нулевое значение, если зеленый компонент интенсивности пикселей меньше предварительно рассчитанного порогового значения. Маскирование значительно сокращает время обработки, поскольку сегментация заболевания получается путем присвоения нулевого значения части, не относящейся к болезням, и значения «1» для пораженной грибом-возбудителем болезни части листа.

Сегментация изображения – это разделение изображения на объект и область или

¹Tichkule S.K., Gawali D.H. Plant diseases detection using image processing techniques // Online International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET). 2016. DOI: 10.1109/get.2016.7916653.

фон. При идентификации заболевания она используется для разделения изображения между областями с некротическими пятнами и здоровыми областями в листьях [16]. В некоторых случаях зараженная часть после того, как она была извлечена, сегментируется на несколько пятен одинакового размера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Алгоритм реализации предложенного метода компьютерного зрения первоначально реализован на персональном компьютере с использованием ранее полученных цветных изображений листьев земляники садовой (см. рис. 1).

Это обусловлено необходимостью тщательной отработки алгоритма программы, поскольку дисплей компьютера имеет более высокое разрешение и большую площадь отображения окна программы, чем дисплей смартфона. Кроме того, при анализе доста-

точного количества изображений с помощью создаваемой программы появится возможность выявления неточностей ее операций и корректировки или модификации программы по полученным данным с использованием опыта экспериментатора.

В качестве языка для разработки логической части информационной системы использован язык программирования Java (операционная система Android Studio 3.4.1). Для построения графического интерфейса использовали обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных модулей программного проекта LibGDX. Проект LibGDX – кроссплатформенный фреймворк для разработки игр и визуализации, основанный на языке программирования Java с некоторыми компонентами, написанными на C и C++ для повышения производительности определенного кода. В настоящее время поддерживает Windows, Linux, Mac OS X, Android, iOS и HTML5 как целевые платформы².

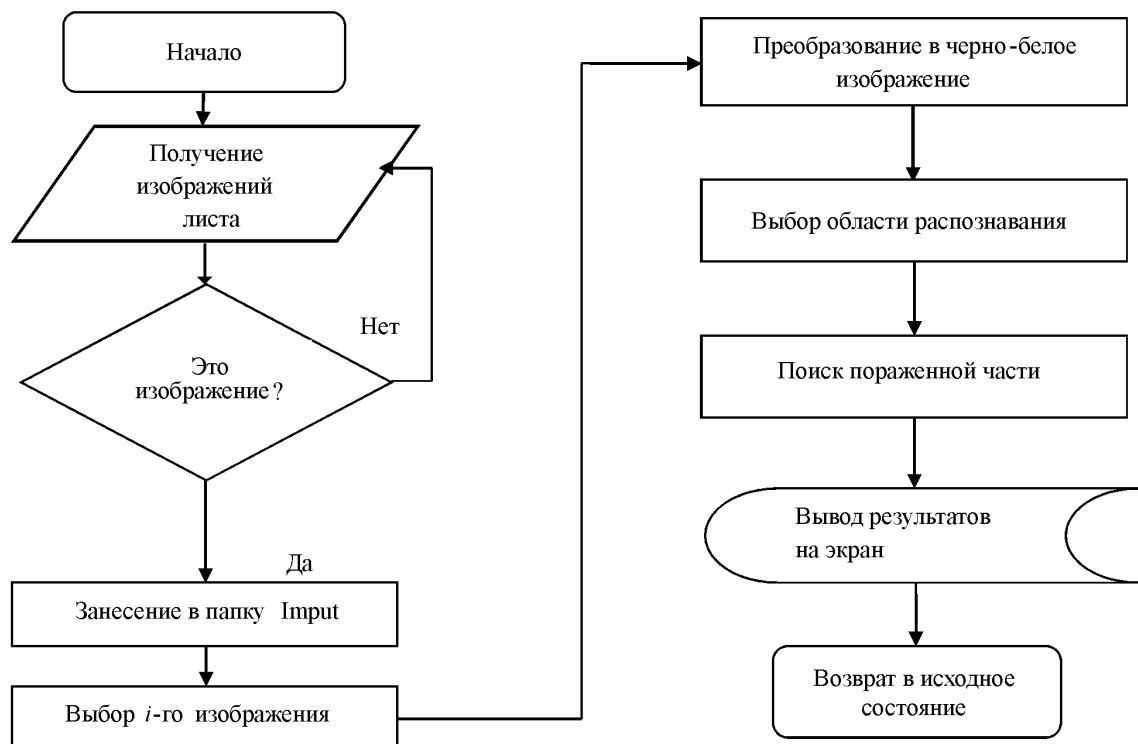


Рис. 1. Алгоритм программы определения степени поражения листа земляники садовой

Fig. 1. Algorithm of the program for determining the degree of damage to the leaf of garden strawberry

²libGDX – кроссплатформенный фреймворк для разработки игр и визуализации // On-line руководство разработчика URL: <http://www.libgdx.ru/p/guide.html> (дата обращения 10.02.2021).

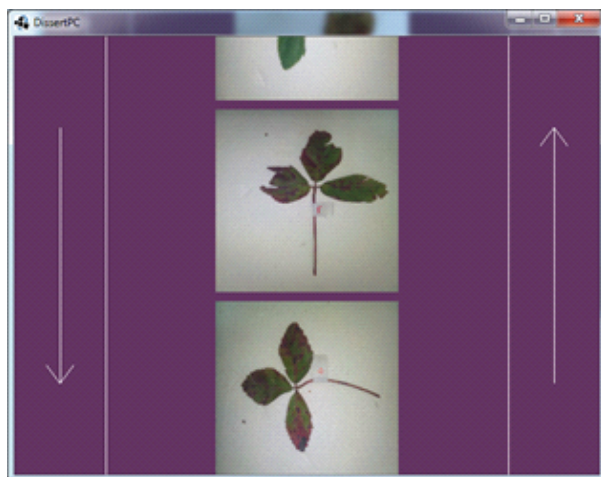


Рис. 2. Выбор изображения для распознавания
Fig. 2. Selecting an image for recognition

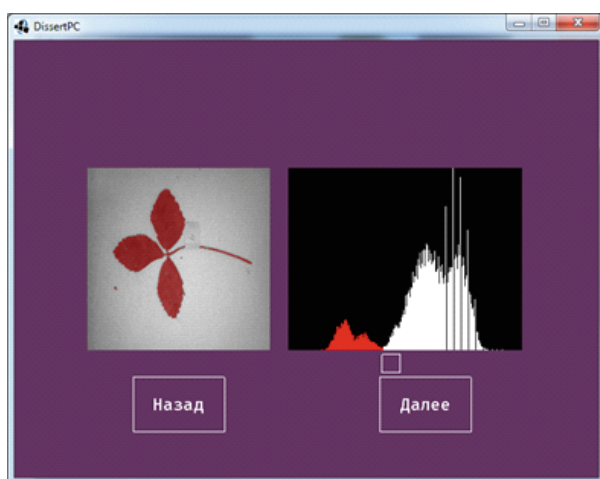


Рис. 3. Пример выбора распознаваемой области
Fig. 3. An example of recognized area selection

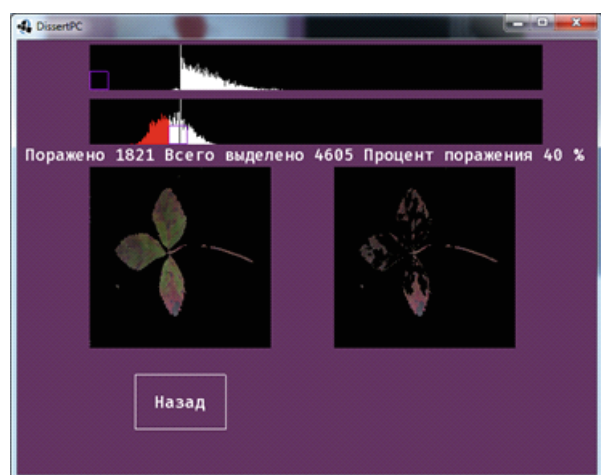


Рис. 4. Пример вывода результата обнаружения пораженной болезнями области растения
Fig. 4. An example of the result output of detecting a diseased plant area

С помощью фотокамеры формируется цветное изображение листа растения. Далее полученное изображение копируют в папку Input. Выбор изображения из папки осуществляют с помощью вертикальных ползунков клика мышью (см. рис. 2).

Затем изображение приводится к базовому формату в пикселях, чтобы оно полностью разместилось на экран программы LibGDX.

Далее происходит процесс преобразования цветного изображения в черно-белое. Преобразование изображения сегментируют путем анализа распределения интенсивности черно-белого цвета на гистограмме, чтобы соответствовать требованиям набора данных о болезнях растений. Гистограмма представляет собой график с яркостью, размещенной на оси абсцисс x с максимальным размером в 256 пикселей. На оси ординат y отложена последовательность пикселей от 1 до 200 с соответствующим уровнем яркости.

Как только изображение сегментировано, извлеченную область обрабатывают для удаления пиксельных областей, в которых преобладает зеленый цвет, т.е. места, где лист считается однозначно здоровым.

После этого с помощью ползунка под графиком выделяют пиксели нужной яркости от 0 до 255, где 0 – черный цвет, 255 – абсолютно белый. На этом этапе выделяют пиксели площади листа растения без фона (см. рис. 3).

Затем определяется степень поражения растения (см. рис. 4). Эту процедуру выполняют путем анализа каждого пикселя сравнением его цветовых сигнатур, например сравнение красного цвета с зеленым, синего с зеленым.

Для более точной оценки созданы две гистограммы-графика с осью абсцисс x от 1 в 500 пикселей и с осью ординат y для отображения на них по вертикали соотношения пикселей красный/зеленый и синий/зеленый, которые отвечают за удаление пиксельных областей, в которых преобладал красный или синий цвет (см. рис. 4).

При движении ползунка вправо по оси x количество пикселей на экране уменьшается

пропорционально пику на гистограмме (на рис. 4 справа отображена уже отфильтрованная часть).

Приведем пример расчета пика на гистограмме. Возьмем пиксель со следующими значениями: красный = 70, зеленый = 50, синий = 60. Этот пиксель добавится в элемент массива пика (красный/зеленый), равный $(70/50) \times 100 = 140$, и пик с координатами по оси абсцисс x , равный 140, станет выше на единицу.

На гистограммах значений элементов массива пикселей есть пики. Чем выше пик на гистограмме, тем больше он имеет пикселей с данным соотношением. Таким образом, мы уменьшаем количество пикселей, близких к зеленым и, следовательно, находим пораженные болезнью области. Затем удаляем пиксели, где значение зеленого больше, чем значение красного и синего цвета. Эти сомнительные пиксели со значениями в массиве от 0 до 499 под гистограммой удаляют ползунком. После удаления сомнительных пикселей высчитывают пораженную часть и выводят на экран.

Введение описанных выше операций с использованием двух гистограмм и ползунков позволит осуществлять раннюю диагностику болезней, когда ее симптомы еще мало заметны для наблюдателя.

Приведенный алгоритм и программное обеспечение представлены в виде базового блока, который будет совершенствоваться в процессе дальнейших исследований и экспериментальных работ.

При испытании базового блока программы в полевых условиях появится возможность учета наблюдений и пожеланий экспертов по защите растений, агрономов, производителей и других специалистов по выращиванию конкретных сельскохозяйственных культур и его дальнейшей корректировки и трансформации. Например, в связи со значимостью такого признака растений, как площадь, в фотосинтетическом

процессе и регулировании водного баланса возникает необходимость определения ее размеров.

В дальнейшем необходимо решать и другие более сложные задачи, например определение доминирующей грибной болезни растения³, задачи классификации болезней [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе разновидности метода компьютерного зрения, осуществляющего подсчет пикселей изображения в пространстве цветовых каналов красного, зеленого и синего цвета (R, G, B), разработан алгоритм и программный продукт для автоматизированного определения степени поражения грибными болезнями листьев земляники садовой, более точный, чем распространенный органолептический визуальный экспертный метод.

Алгоритм и программное обеспечение представлены в виде базового блока, который может дополняться и совершенствоваться в процессе экспериментальных работ и решать смежные задачи по определению хозяйственно важных признаков растений.

Результаты исследования позволили создать программное приложение, которое может быть установлено на личный смартфон любого специалиста сельского хозяйства. Данное приложение будет полезно при обнаружении на ранней стадии развития грибных болезней различных сельскохозяйственных культур, а также при мониторинге фитосанитарного состояния посевов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Díaz S., Kattge J., Cornelissen J.H.C., Wright I.J., Lavorel S., Dray S., Gorné L.D.* The global spectrum of plant form and function // *Nature*. 2016. Vol. 529. P. 167–171. DOI: 10.1038/nature16489.
2. *Алейников А.Ф.* Метод неинвазивного определения грибных болезней земляники са-

³*Kumar S., Raghavendra B.K.* Diseases Detection of Various Plant Leaf Using Image Processing Techniques: A Review // 5-th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS). 2019. P. 313–316. DOI: 10.1109/ICACCS.2019.8728325.

- довой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 71–83. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-105.
3. Zhang Y., Yang X., Liu Q., Qiu D., Zhang Y., Zeng H., Yuan J., Mao J. Purification of novel protein elicitor from *Botrytis cinerea* that induces disease resistance and drought tolerance in plants // *Microbiological Research*. 2010. Vol. 165. N 2. P. 142–151. DOI: 10.1016/j.micres.2009.03.004.
 4. Алейников А.Ф., Минеев В.В. Изменение флуоресценции хлорофилла земляники садовой при воздействии гриба *Ramularia tulasnei* Sacc // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 94–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-12.
 5. Schrader J., Pillar G., Kreft H. Leaf-IT: An Android application for measuring leaf area // *Ecology and Evolution*. 2017. Vol. 7 (22). P. 9731–9738. DOI: 10.1002/ece3.3485.
 6. Говорова Г.Ф., Говоров Д.Н. Грибные болезни земляники и клубники: монография. М.: Проспект, 2016. 142 с.
 7. Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф. Определитель болезней растений: монография; 3-е изд., испр. СПб.: Лань, 2003. 592 с.
 8. Kanchi S., Sabela M.I. Bissetty Smartphone based bioanalytical and diagnosis applications: A review // *Biosensors and Bioelectronics*. 2018. Vol. 102. P. 136–149. DOI: 10.1016/j.bios.2017.11.021.
 9. Annamalai P., Lee W.S., Burks T. Color vision system for estimating citrus yield in real-time // An ASAE/CSAE Meeting Presentation. 2004. P. 43–54. DOI: 10.13031/2013.16714.
 10. Camargo A., Smith J.S. An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms // *Biosystems Engineering*. 2009. Vol. 102. N 1. P. 9–21. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2008.09.030.
 11. Gong A., Wu X., Qiu Z., He Y. A handheld device for leaf area measurement // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2013. Vol. 98. P. 74–80. DOI: 10.1016/j.compag.2013.07.013.
 12. Li Z., Paul R., Tis B.T., Saville A.C., Hansel J.C., Yu T., Ristaino J.B., Wei Q. Non-invasive plant disease diagnostics enabled by smartphone-based fingerprinting of leaf volatiles // *Nature Plants*. 2019. Vol. 5 (8). P. 856–866. DOI: 10.1038/s41477-019-0476-y.
 13. Padhye P., Rajani K. Machine vision guided system for classification and detection of plant diseases using support vector machine // *International Journal of Computational Science and Engineering*. 2014. Vol. 5. P. 249–254.
 14. Raut S., Fulsunge A. Plant Disease Detection in Image Processing Using MATLAB // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2017. Vol. 6 (6). P. 73–103. DOI: 10.15680/IJIRSET.2017.0606034.
 15. Patil J.K., Kumar R. Advances in image processing for detection of plant diseases // *Journal of Advanced Bioinformatics Applications and Research*. 2011. Vol. 2. P. 135–141.
 16. Renugambal K., Senthilraja B. Application of image processing techniques in plant disease recognition // *International Journal of Engineering Research & Technology*. 2015. Vol. 4 (3). P. 919–923.
 17. Khan M.A. Detection and Classification of Plant Diseases Using Image Processing and Multiclass Support Vector Machine // *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*. 2020. Vol. 68 (4). P. 5–11. DOI: 10.14445/22312803/IJCTT-V68I4P102.

REFERECCES

1. Díaz S., Kattge J., Cornelissen J.H.C., Wright I.J., Lavorel S., Dray S., Gorné L.D. The global spectrum of plant form and function. *Nature*, 2016, vol. 529, pp. 167–171. DOI: 10.1038/nature16489.
2. Aleynikov A.F. Method of non-invasive determination of fungal diseases of common garden strawberry. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no 3, pp. 71–83. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-105.
3. Zhang Y., Yang X., Liu Q., Qiu D., Zhang Y., Zeng H., Yuan J., Mao J. Purification of novel protein elicitor from *Botrytis cinerea* that induces disease resistance and drought tolerance in plants. *Microbiological Research*, 2010, vol. 165, no. 2, pp. 142–151. DOI: 10.1016/j.micres.2009.03.004.
4. Aleynikov A.F., Mineev V.V. Effect of the fungus *Ramularia tulasnei* Sacc on chlorophyll fluorescence in garden strawberry. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no 2,

- pp. 94–102. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-12.
5. Schrader J., Pillar G., Kreft H. Leaf-IT: An Android application for measuring leaf area. *Ecology and Evolution*, 2017, vol. 7 (22), pp. 9731–9738. DOI: 10.1002/ece3.3485.
 6. Govorova G.F., Govorov D.N. *Fungal diseases of strawberries*. Moscow, Prospekt Publ., 2016, 142 p. (In Russian).
 7. Hohryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. *List of plant diseases*. St. Petersburg, Lan' Publ., 2003, 592 p. (In Russian).
 8. Kanchi S., Sabela M.I. Bisetty Smartphone based bioanalytical and diagnosis applications: A review. *Biosensors and Bioelectronics*, 2018, vol. 102, pp. 136–149. DOI: 10.1016/j.bios.2017.11.021.
 9. Annamalai P., Lee W.S., Burks T. Color vision system for estimating citrus yield in real-time. *An ASAE/CSAE Meeting Presentation*, 2004, pp. 43–54. DOI: 10.13031/2013.16714.
 10. Camargo A., Smith J.S. An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms. *Biosystems Engineering*, 2009, vol. 102, no. 1, pp. 9–21. DOI: org/10.1016/j.biosystemseng.2008.09.030.
 11. Gong A., Wu X., Qiu Z., He Y. A handheld device for leaf area measurement. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2013, vol. 98, pp. 74–80. DOI: 10.1016/j.compag.2013.07.013.
 12. Li Z., Paul R., Tis B.T., Saville A.C., Hansel J.C., Yu T., Ristaino J.B., Wei Q. Non-invasive plant disease diagnostics enabled by smartphone-based fingerprinting of leaf volatiles. *Nature Plants*, 2019, vol. 5 (8), pp. 856–866. DOI: 10.1038/s41477-019-0476-y.
 13. Padhye P., Rajani K. Machine vision guided system for classification and detection of plant diseases using support vector machine. *International Journal of Computational Science and Engineering*, 2014, vol. 5, pp. 249–254.
 14. Raut S., Fulsunge A. Plant Disease Detection in Image Processing Using MATLAB. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2017, vol. 6 (6), pp. 73–103. DOI: 10.15680/IJIR-SET.2017.0606034.
 15. Patil J.K., Kumar R. Advances in image processing for detection of plant diseases. *Journal of Advanced Bioinformatics Applications and Research*, 2011, vol. 2, pp. 135–141.
 16. Renugambal K., Senthilraja B. Application of image processing techniques in plant disease recognition. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2015, vol. 4 (3), pp. 919–923.
 17. Khan M.A. Detection and Classification of Plant Diseases Using Image Processing and Multiclass Support Vector Machine. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 2020, vol. 68 (4), pp. 5–11. DOI: 10.14445/22312803/IJCTT-V68I4P102.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Алейников А.Ф.**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник: **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: fti2009@yandex.ru

Торопов В.И., магистрант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander F. Aleynikov**, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: fti2009@yandex.ru

Viktor I. Toropov, Master's degree student

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.02.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.03.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021



СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

✉ Нечаев А.И.

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

✉ e-mail: netaew@mail.ru

Рассмотрены проблемы построения и реализации структуры информационно-управляющей системы (ИУС) возделывания зерновых культур на основе оптимизации выбора агротехнологий с точки зрения методов теории управления, системного и компартментального подходов. В качестве объектов управления рассмотрены почва, возделываемая культура и экология используемого участка агроландшафта. Сделан вывод о том, что ИУС относится к классу систем адаптивного управления с прогнозированием многомерным динамическим стохастическим объектом. Показано новое качество системы управления, существенно определяющее ее структуру, – наличие контура управления поддержания плодородия почвы и экологии в севообороте и контура управления агроценозом культуры. Предложена иерархическая структурная схема системы управления объектом с прогнозированием, реализующая функциональные преобразования информационного потока в ИУС. В качестве критерия выбора альтернативной агротехнологии использована эколого-экономическая эффективность, модифицированная с учетом целей управления и состава машинно-тракторного парка. Аналитическое описание процессов агробиосистемы на современном уровне базируется на компартментальном подходе с описанием явлений в виде дифференциальных уравнений. Содержание компартмента описывает процесс переноса энергии и массы в системе почва – растительный покров – приземный слой воздуха на основе функционального (теоретического) динамического имитационного моделирования. По результатам информационного обзора, реализация подобной системы управления в настоящее время не выявлена. Использование эмпирических имитационных моделей в ИУС неприемлемо, так как смена культуры или природно-климатической зоны потребует разработки новой эмпирической модели. Проанализированы системы имитации биофизических процессов WOFOST, DSSAT, DSSAT Cropping System (CSM), APSIM и AGROTOOL, использующие методы функционального динамического имитационного моделирования в рамках компартментального подхода. Разработанная структура ИУС с использованием модели продуктивности посевов AGROTOOL реализуется при условии создания новых модулей компартментов.

Ключевые слова: адаптивно-ландшафтное земледелие, агротехнологии, математическое моделирование, информационно-управляющие системы, компартментальный подход

STRUCTURE OF THE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM OF CEREAL CROPS CULTIVATION

✉ Nechaev A.I.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: netaew@mail.ru

The problems of constructing and implementing the structure of the information management system (IMS) for the cultivation of grain crops based on the optimization of the choice of agricultural technologies in view of the methods of the management theory, system and compartmental approaches are considered. The objects of management are soil, a cultivated crop and ecology of the agricultural landscape area used. It is concluded that the IMS belongs to the class of adaptive control systems with prediction by a multidimensional dynamic stochastic object. A new quality of the management system, which significantly determines its structure, is shown, namely the presence of a control loop for maintaining soil fertility and ecology in crop rotation and a control loop for the agrocenosis of the crop. A hierarchical block diagram of the object management system with forecasting is proposed, which implements functional transformations of the information flow in the IMS. As a criterion for choosing an alternative agricultural technology, environmental and economic efficiency was used, modified in view of the management goals and the composition of the machine and tractor fleet. The analytical description of the processes of the agrobiosystem at the modern level is based on the compartmental approach with the description of phenomena in the form of differential equations. The content of the compartment describes the process of energy and mass transfer in the system: soil – vegetation cover – ground layer of the air based on functional (theoretical) dynamic simulation. Based on the results of the information review, the possibility of implementation of such a management system has not been currently identified. The use of empirical simulation models in the IMS is unacceptable, since a change in a crop or natural-climatic zone will require the development of a new empirical model. The systems for simulating biophysical processes WOFOST, DSSAT, DSSAT Cropping System (CSM), APSIM and AGROTOOL, using methods of functional dynamic simulation within the framework of the compartmental approach, have been analyzed. The developed IMS structure using the AGROTOOL crop productivity model is implemented on condition that new modules of compartments are created.

Keywords: adaptive landscape agriculture, agricultural technologies, mathematical modeling, information management systems, compartmental approach

Для цитирования: Нечаев А.И. Структура информационно-управляющей системы возделывания зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 96–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-12>

For citation: Nechaev A.I. Structure of the information management system of cereal crops cultivation. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 96–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-12>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Автоматизация управления возделыванием зерновых культур преследует цель внедрения цифровых технологий. В частности, информационно-управляющие системы (ИУС) применяются для расчета параметров агротехнологий, определяющих проведение технологических операции на поле. При этом проблема создания ИУС на уровне сельскохозяйственных предприятий в настоящее время не решена, поскольку многие процессы в объекте управления (почва, культура, экология) не описаны в аналитической форме, достаточной для синтеза реализуемой структуры ИУС.

Рассмотрим пути решения поставленной проблемы, ограничивая анализ управления возделыванием зерновых культур участком агроландшафта (поле) с заданной системой севооборота и сезонным характером управляющих воздействий. Такой метод управления относится к управлению с прогнозированием¹ на основе создания новой информации в ходе прогнозирования при порождении и выборе альтернатив.

Для этого синтезируем структуру ИУС в соответствии с ее классификацией в терминах общей теории управления, свойствами регулирования объекта управления (ОУ),

¹Касперович С.А. Прогнозирование и планирование экономики: курс лекций для студентов. Минск: БГТУ, 2007. 172 с.

функциональным набором описания процессов преобразования потоков информации для целей регулирования. При этом оценим возможность ее реализации в рамках известных решений.

Цель функционирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия – производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами при обеспечении устойчивости агроландшафта и воспроизводства почвенного плодородия [1].

Достижение этой цели требует управления комплексом взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, составляющих суть агротехнологий.

Отметим, что параметры почвы, культуры и экологии имеют стохастический характер и определяются в основном климатическими условиями и интенсивностью солнечной радиации. Кроме того, свойства ОУ зависят от агроклиматической зоны участка агроландшафта, определяющего адаптационные механизмы функционирования ИУС.

Поэтому в целом систему управления можно отнести к классу систем адаптивного управления с прогнозированием многомерным динамическим стохастическим объектом [2] с возможностью изменять параметры или структуру регулятора в зависимости от параметров ОУ или внешних возмущений².

Структура ИУС базируется на аналитических моделях, описывающих физические процессы в ОУ, и математической модели вычисления управляющих воздействий на ОУ для достижения цели управления.

В математическом моделировании процессов агроэкосистемы можно выделить основные направления в классе имитационных моделей [3, 4]:

– эмпирический подход с широким использованием эвристического описания опреде-

ляющих процессов (применяются регрессионные соотношения, уравнения аллометрии, многочисленные функции стресса и т.п.);

– функциональный или теоретический (механистический или экофизиологический) подход с рассмотрением сущности процессов и причинно-следственных связей в агроэкосистеме с описанием их динамики на основе физически интерпретируемых зависимостей.

Аналитическое описание процессов агробIOSистемы на современном уровне базируется на компартментальном подходе³. При этом предполагается, что в пределах объема компартмента процессы не являются функцией пространственной переменной, поэтому допускается описание в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. Такой подход используется для исследования процессов переноса вещества и энергии внутри живой системы и обмена их со средой, в частности, в системе почва – растительный покров – приземный слой воздуха. Структура аналитического описания биофизических процессов базируется на основе функционального (теоретического) динамического имитационного моделирования и представляется в виде взаимосвязанных компартментов. Использование эмпирических имитационных моделей неприемлемо, поскольку смена культуры или природно-климатической зоны потребует разработки новой эмпирической модели. В случае компартментального подхода физическая сущность процессов ОУ остается неизменной при изменении параметров ОУ, что определяет вариабельность имитационной модели.

Определим структуру ИУС адаптивного управления с прогнозированием возделывания зерновых культур с позиции функциональных преобразований информационного потока. Отметим свойства процесса регулирования ОУ, определяемые декомпозицией главной цели:

– управление имеет две цели управления: управление устойчивостью, поддержанием

²Адаптивное управление. URL: <https://ru.wikipedia.org/>

³Новосельцев В.Н. Теория управления и биосистемы. Анализ сохранительных свойств. М.: главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1978. 320 с.

плодородия почвы и экологии в севообороте (цель управления 1) и управление агроценозом культуры, в том числе изменение состояния почвы, экологии посевов (цель управления 2) и, в соответствии с этим, два контура управления с периодами управления, равными периоду полной ротации севооборота и сезону возделывания культуры;

– прогнозирование управления осуществляется выбором альтернативы из $k1 = 0, \dots, N1$, $k2 = 0, \dots, N2$ номеров альтернатив агротехнологий и из $k3 = 0, \dots, N3$, $k4 = 0, \dots, N4$ номеров альтернатив состава машинно-тракторного парка (МТП), соответственно контура управления 1, 2 в соответствии с критериальной функцией и их адаптированности зональным условиям применения.

Эффективность управления для практических целей можно оценить показателем эколого-экономической эффективности $\mathcal{E}_{\text{эобщ}}$, отражающим величину чистого дохода (или прибыли) с учетом предотвращенного экологического ущерба [1] по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эобщ}} = \frac{B_{\text{п}} - Z_{\text{п}} - (Y - K \cdot Z_{\text{у}})}{Z_{\text{э}}}, \quad (1)$$

где $B_{\text{п}}$ – стоимость валовой продукции; $Z_{\text{п}}$ – производственные затраты; Y – величина эколого-экономического ущерба сельскохозяйственного производства; K – коэффициент эффективности природоохранных мероприятий; $Z_{\text{у}}$ – затраты, направленные на предупреждение и ликвидацию ущерба в сельском хозяйстве; $Z_{\text{э}}$ – затраты, обеспечивающие эколого-экономический эффект, включая и природоохранные мероприятия.

С учетом массива альтернатив критериальная функция управления будет иметь вид

$$\Phi = \max_{\substack{0 \leq k1 \leq N1 \\ 0 \leq k2 \leq N2}} \left\{ \frac{B_{\text{п}k1, k2} - \min_{0 \leq k3 \leq N3} (Z_{\text{нпс}k1, k3}) - \min_{0 \leq k4 \leq N4} (Z_{\text{нпк}k2, k4} + Z_{\text{нак}k2, k4})}{(\min_{0 \leq k3 \leq N3} (Z_{\text{эпс}k1, k3} / N_{\text{пс}}) + \min_{0 \leq k4 \leq N4} (Z_{\text{эпк}k2, k4} + Z_{\text{эак}k2, k4}))} \right\}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{нпс}k1, k3}$, $Z_{\text{нпк}k2, k4}$, $Z_{\text{нак}k2, k4}$ – эколого-экономические затраты альтернативной агротехнологии, включая затраты на выполнение операций агротехнологии агрегатами из альтернативных наборов МТП; $Z_{\text{эпс}k1, k3}$, $Z_{\text{эпк}k2, k4}$, $Z_{\text{эак}k2, k4}$ – затраты, обеспечившие эколого-экономический эффект, включая природоохранные мероприятия при изменении состояния почвы в цикле севооборота (индексы пс , $k1$, $k3$) соответственно, при изменении состояния почвы при управлении агроценозом культуры (индексы пк , $k2$, $k4$) и при изменении состояния культуры (индексы ак , $k2$, $k4$); $N_{\text{пс}}$ – число периодов ротации севооборота.

Функциональные преобразования информационного потока в системе управления с прогнозированием рассмотрим с позиций элементов теории множеств. Информационный поток представим множеством параметров вида $v = \{v_1(t), \dots, v_n(t)\}$, где $v_n(t)$ – элемент множества (параметр), описывающий состояние системы в момент времени t и имеющий функциональные отношения f с множеством w : $w = f\{v\}$. В общем случае f – функционал (любое отображение из произвольного множества в произвольное), оператор – отображение, ставящие в соответствие функции другую функцию. Тогда преобразования информационного потока можно описать следующим образом:

а) $a, b, c, d, a_p, b_p, c_p, d_p, a_t, b_t, c_t, d_t$, где a, b – множества параметров почвы, обеспечивающие устойчивость, плодородие и экологию в цикле севооборота и сезона соответственно, c – состояние агроценоза культуры, d – климатические условия, при этом индекс $*p, *t$ определяет прогнозируемые и текущие множества параметров;

б) множества параметров агротехнологии поддержания плодородия почвы альтернативы $k1$ и агроценоза культуры $k2$ определяются соответственно функционалами с учетом набора МТП mtp_{k1}, mtp_{k2} : $AT_{\text{пс}, k1} = f_{\text{атпс}}\{a, b, c, d, mtp_{k1}\}$, $AT_{\text{ак}, k2} = f_{\text{атак}}\{a, b, c, d, mtp_{k2}\}$, множества параметров агрегатов для осуществления технологических операций определяются функционалами $mtp_{\text{пс}, k1} = f_{\text{умтпс}}\{AT_{\text{пс}, k1}\}$ и $mtp_{\text{пк}, k2} = f_{\text{умтак}}\{AT_{\text{ак}, k2}\}$. Прогнозируемые множе-

ства параметров состояния объекта, урожайности и параметр устойчивости и сохранения плодородия почвы вычисляются операторами:

$$\begin{aligned}a_p &= A_{Ta_{k1}, k2}(a, b), \\b_p &= A_{Tb_{k1}, k2}(a, b), \\c_p &= A_{TC_{k1}, k2}(a, b, c), \\c_p &= A_{TC_{k1}, k2}(a_p, b_p, c_p), \\W_a &= A_{Tow}\{AT_{ps, k1}, AT_{ps, k2}\},\end{aligned}$$

взаимосвязанные функционально с параметрами агротехнологий:

$$\begin{aligned}A_{Ta_{k1}, k2} &= f_{oa}\{AT_{ps, k1}, AT_{ak, k2}\}, \\A_{Tb_{k1}, k2} &= f_{ob}\{AT_{ps, k1}, AT_{ak, k2}\}, \\A_{TC_{k1}, k2} &= f_{oc}\{AT_{ps, k1}, AT_{ak, k2}\}, \\A_{TC_{k1}, k2} &= f_{oc}\{AT_{ps, k1}, AT_{ak, k2}\}, \\A_{Tow} &= f_{ow}\{AT_{ps, k1}, AT_{ak, k2}\}.\end{aligned}$$

Значения множеств параметров воздействий на почву и экологию почвы в цикле севооборота, сезона, агроценоза и экологию культуры определяются соответственно функционалами:

$$\begin{aligned}U_{ps} &= f_{ups}\{AT_{ps, k1}\}, \\U_{es} &= f_{ues}\{AT_{ps, k1}\}, \\U_{pk} &= f_{upk}\{AT_{ak, k2}\}, \\U_{ak} &= f_{uak}\{AT_{ak, k2}\}, \\U_{ek} &= f_{uek}\{AT_{ak, k2}\},\end{aligned}$$

а множество параметров агрегатов для осуществления технологических операций в цикле ротации севооборота и сезона определяется функционалами:

$$mtp_{pk1} = f_{umtps}\{AT_{ps, k1}\} \text{ и } mtp_{pk2} = f_{umtak}\{AT_{ak, k2}\}.$$

Перечисленный набор функций и операторов, используя системный подход [5], можно представить в виде иерархической структуры системы управления объектом, представленной на рисунке. Управление осуществляется следующими действиями:

– для заданной районированной зоны участка агроландшафта (агротехнологического вида и типа земель), типа севооборота, посевной культуры, прогнозируемых климатических условий и базовым набором МТП

синтезируется набор из $k1, k2$ прогнозируемых к применению функций. Возможен выбор из известных значений, соответствующих функционалам $f_{atps}, f_{oa}, f_{ups}, f_{ues}, f_{umtps}, f_{atak}, f_{ob}, f_{uak}, f_{uek}, f_{umtpk}, f_{oc}$, определяемых в том числе типом агротехнологии (экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокоинтенсивные) с учетом состояния объекта управления, определяемого множеством параметров a, b, c, d_p , МТП. При этом генерируется необходимый набор функций, связывающих выходные и входные множества параметров данного функционала;

– вычисляется множество параметров прогнозируемых агротехнологий поддержания плодородия почвы в цикле севооборота AT_{ps} , агроценоза культуры AT_{ak} ;

– синтезируются операторы преобразования множества параметров или выбираются из известных $A_{Ta_{k1}, k2}, A_{Tb_{k1}, k2}, A_{TC_{k1}, k2}$, множества параметров базового набора МТП mtp_{pk1}, mtp_{pk2} , прогнозируемых для проведения необходимых операций на поле;

– вычисляются прогнозируемые множества параметров плодородия почвы и агроценоза культуры объекта управления a, b, c операторами преобразования;

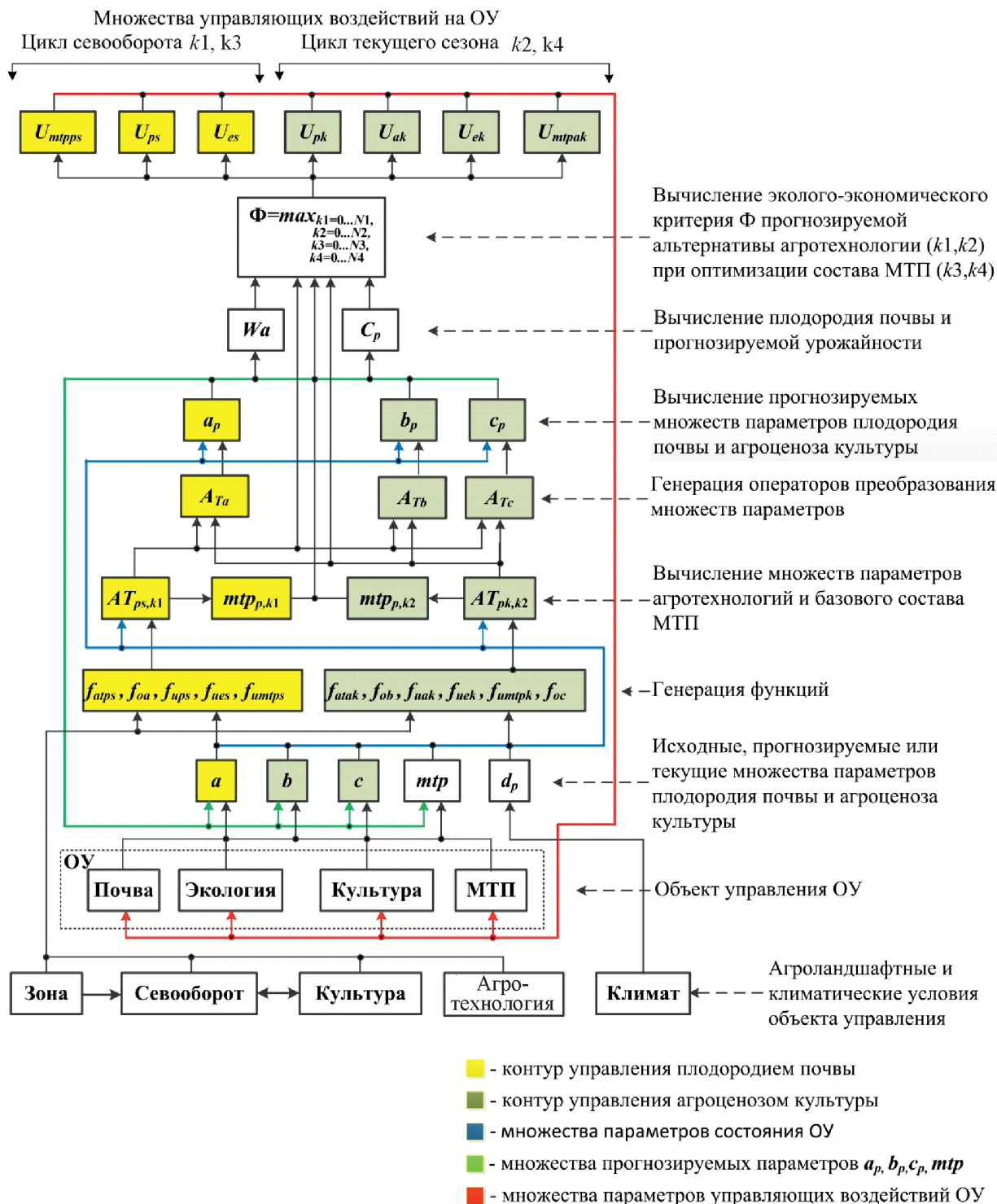
– вычисляются условия плодородия почвы W_a и прогнозируемой урожайности C_p ;

– при выполнении условия плодородия почвы $W_a \geq 0$ вычисляют эколого-экономические затраты, множество параметров агрегатов для осуществления технологических операций $U_{mtp_{ps, k1, k3}}, U_{mtp_{ak, k2, k4}}$ и значение эколого-экономического критерия Φ по выражению (2);

– осуществляется поиск альтернативного варианта $k1, k2, k3, k4$ агротехнологий, соответствующий максимальному значению эколого-экономического критерия Φ ;

– значения множества параметров воздействий на почву и экологию почвы в цикле севооборота, сезона и агроценоза и экологию культуры определяются соответственно функционалами $U_{mtps}, U_{ps}, U_{es}, U_{pk}, U_{ak}, U_{ek}, U_{mtpak}$;

– отклонение прогнозируемого состояния объекта управления от фактического определяется в соответствии с циклом управле-



Иерархическая структура системы управления объектом с прогнозированием
Hierarchical structure of the object management system with forecasting

ния. При этом рассчитывается фактическое значение эколого-экономического критерия Φ и корректируется процедура генерации функций в системе управления для минимизации отклонений в следующем цикле управления.

Оценим возможность реализации синтезированной структуры ИУС с прогнозированием (далее ИУС) известными решениями в области информационных технологий и математического моделирования агроэкологических задач (см. рисунок). Проведен обзор информационных источников⁴ [6].

К системе управления, основанной на эвристических моделях, относится например, многоуровневая модель интеллектуального управления агротехнологическим процессом в биопроизводственной системе [7]. Она базируется на эвристической коррекции математических моделей агроэкосистем эвристическими знаниями земледельцев. Система "Эйдос-Х++" основана на системно-когнитивной статистической взаимосвязи искомым параметров по известному множеству реализаций агротехнологического процесса. Применение этой системы ограничено знанием реальной статистики истории применения агротехнологий за длительный период времени [8]. Такая информация в большинстве случаев в хозяйствах отсутствует.

Другие известные методы или математические модели описывают отдельные процессы агробiosистемы без описания их взаимосвязи. Такими системами являются модели определения оптимальных доз удобрений⁵

и динамики гумуса [9], автоматизированный банк моделей плодородия «ПЛОМОД»⁶, в которых взаимосвязь параметров севооборота с состоянием плодородия и экологии почвы определяется в основном на уровне методологий и относится к категории знания [10]. Эти методы не могут быть применены в ИУС без доработки аналитического описания процессов взаимосвязи в рамках компартментального подхода.

Заслуживают внимание математические модели процессов, несвязанные с агроценозом культуры или модели оценки результатов. Это агрометеорологическая информационно-прогностическая система ИПС Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ) на основе синоптико-статистического метода⁷, математические модели и алгоритмы прогнозной оценки урожайности зерновых культур с использованием спутниковых данных (модель EPIC)⁸, оценка устойчивости органического вещества почвы на основе математической теории катастроф [11, 12], оптимизация состава МТП⁹ [13, 14]. Такие модели могут быть применены в структуре ИУС при их доработке.

Известны системы имитации биофизических процессов, базирующиеся на функциональном (теоретическом) динамическом имитационном моделировании процессов агробiosистемы в рамках компартментального подхода. Это системы WOFOST¹⁰ (Нидерланды), DSSAT – The Decision Support System for Agrotechnology Transfer¹¹, DSSAT

⁴Хомяков Д.М., Искандарян Р.А. Информационные технологии и математическое моделирование в задачах природопользования. URL: <http://fadr.msu.ru/rin/ecol/model.htm>

⁵Арланцева Е.Р. Математическое обеспечение поддержки принятия решений для оптимизации интенсивности растениеводства : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13. МСХА имени К.А. Тимирязева, каф. экономической кибернетики. М., 2008.

⁶Фрид А.С. Банк моделей плодородия "ПЛОМОД". URL: <http://www.esoil.ru/databases/bank.html>

⁷Лебедева В.М. Синоптико-статистический метод прогноза. URL: <http://cxm.obninsk.ru/index.php?id=157>

⁸Брыксин В.М. Разработка математической модели и программных средств оценки урожайности зерновых культур в условиях Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18. Барнаул, 2009. 22 с.

⁹Артемов Ю.Г. Повышение эффективности производства сельхозпродукции в условиях Ленинградской области путем оптимизации ресурсного обеспечения и состава машинно-тракторного парка: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Санкт-Петербург; Павловск, 2013, с. 19.

¹⁰Hadiya N., Kumar N., Mote B.M. Use of WOFOST model in agriculture-A review- URL: https://www.researchgate.net/publication/327098320_Use_of_WOFOST_model_in_agriculture-A_review

¹¹Jones J.W. Hoogenboom G., Porter C.H., Boote K.J., Batchelor W.D., Hunt L.A., Wilkens P.W., Singh U., Gijsman A.J., Ritchie J.T. The DSSAT cropping system model // European Journal of Agronomy. 2003. № 18 (3–4). С. 235–265.

Cropping System (CSM)¹², проект IBSNAT (США), система моделирования APSIM – Agricultural Production Systems SIMulator¹³, (Австралия) и модель продуктивности посевов AGROTOOL (Россия) [15]. Эти модели являются полумпирическими, имеют сходную структуру и различаются в основном номенклатурой и деталями описания отдельных блоков. Данные системы не являются системами управления, поскольку реализуют моделирование процессов почва – приземный слой воздуха – растение без учета процессов адаптивного управления с прогнозированием.

Рассмотрим реализацию структуры ИУС с учетом модели продуктивности посевов AGROTOOL, включающей описание следующих процессов, имеющих место в системе почва – растительный покров – приземный слой воздуха:

- компартмент почва – динамика почвенной влаги, динамика соединений азота в почве, рост и развитие корневой системы;

- компартмент приземный слой воздуха – режимы посева, фотосинтеза и фотодыхания, транспирации растений и испарения влаги с поверхности почвы, выбор норм и сроков орошения в поливном земледелии;

- компартмент растение – влагоперенос в растение, рост и развитие растений (надземные органы), прогнозирование урожая (начиная с фазы колошения).

Структуру ИУС представим в виде набора компартментов, аналитически описывающих функциональные преобразования потока информации: устойчивость и плодородие почвы $f_{alps}, f_{oa}, A_{Ia_{k1}, k2}$, агроценоз культуры $f_{alal}, f_{ob}, f_{oc}, f_{oc}, A_{Tb_{k1}, k2}, A_{Tc_{k1}, k2}, A_{TC_{k1}, k2}$, формирование прогнозируемых параметров a_p, b_p, c_p .

При этом процессы агроценоза культуры и прогнозируемых при этом параметров почвы, культуры могут быть представлены аналогичными компартментами почва – рас-

тительный покров – приземный слой воздуха системы AGROTOOL. Остальные процессы функциональных преобразований потока информации в ИУС и условий осуществления управления не имеют аналогов в компартментальной структуре системы AGROTOOL. Поэтому компартменты ИУС должны дополнительно содержать аналитическое описание следующих процессов и условий осуществления управления:

- компартмент почва – устойчивость и плодородие почвы, формирование прогнозируемого множества параметров почвы, взаимосвязь параметров почвы с циклом севооборота;

- дополнительный компартмент экология почвы и растения – взаимосвязь параметров интенсивности планируемой агротехнологии с параметрами почвы.

- условия осуществления управления – формирование альтернативного варианта агротехнологии, содержащего планируемые операции на поле и состав МТП, может осуществляться в соответствии с федеральным (региональным) регистром агротехнологий.

Временная привязка операции на поле, объем удобрений определяется по результатам прогона математических моделей ИУС. Адаптация управления по типам севооборота и почвенно-климатической зоне участка агроландшафта может осуществляться настройкой аналитического содержания компартментов параметрами ОУ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа информационных материалов установлено, что аналитическое описание процессов агробиосистемы на современном уровне базируется на компартментальном подходе, использующем методы функционального (теоретического) динамического имитационного моделирования. Применение эмпирических моделей неприемлемо, поскольку смена культуры или природно-климатиче-

¹²Keating B.A. Modelling crops and cropping systems – Evolving purpose, practice and prospects. European Journal of Agronomy. 2018. Vol. 100. P. 163-176.

¹³Keating B.A., Carberry P.S., Hammer G.L. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation // European journal of Agronomy. 2003. N 18. P. 267-288.

ской зоны требует разработки новой модели с включением стадий исследования и верификации.

Синтез структуры информационно-управляющей системы производился при ограничении области управления участком агроландшафта (поле) с заданной системой севооборота и сезонным характером управляющих воздействий. Сезонный характер управляющих воздействий и смена природно-климатической зоны определяют класс информационно-управляющей системы как система адаптивного управления с прогнозированием.

Информационно-управляющая система имеет два контура управления: первый – поддержание плодородия почвы и экологии в севообороте, второй – агроценоз культуры, в том числе изменение состояния почвы, экологии посевов.

На основе функционального преобразования информационного потока синтезирована иерархическая структура информационно-управляющей системы, функционалы которой в части описания процессов в объекте управления могут быть представлены в виде компартиментов. По результатам информационного обзора реализация подобной информационно-управляющей системы не выявлена. Рассмотрена возможность реализации разработанной структуры информационно-управляющей системы с учетом систем имитации биофизических процессов WOFOST, DSSAT, DSSAT Cropping System (CSM), APSIM и AGROTOOL, использующих методы функционального (теоретического) динамического имитационного моделирования в рамках компартиментального подхода.

Проведен сравнительный анализ состава компартиментов, необходимых для аналитического описания функционалов процессов в объекте управления структуры информационно-управляющей системы и системы AGROTOOL. Установлено, что процессы агроценоза культуры и прогнозируемых параметров почвы, культуры могут быть представлены аналогичными компартиментами почва – растительный покров – приземный

слой воздуха системы AGROTOOL. При этом структура ИУС должна содержать дополнительно, как минимум, аналитическое описание следующих процессов и условий осуществления управления:

- компартимент почва – устойчивость и плодородие почвы, формирование прогнозируемого множества параметров почвы, взаимосвязь параметров почвы с циклом севооборота;

- дополнительный компартимент экология почвы и растения – взаимосвязь параметров интенсивности планируемой агротехнологии с параметрами почвы;

- условия осуществления управления определяются алгоритмом формирования альтернативного варианта агротехнологии, содержащего планируемые операции на поле, объем удобрений и состав машинно-тракторного парка, и алгоритмом адаптации аналитического содержания компартиментов типам севооборота и почвенно-климатической зоны участка агроландшафта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киришин В.И.* Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011. 442 с.
2. *Чаки Ф.* Современная теория управления // Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. М.: Мир, 1975. 422 с.
3. *Баденко В.Л., Топаж А.Г., Якушев В.В., Мишель В., Нендель К.* Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 437–445.
4. *Топаж А.Г.* Динамические модели продуктивности: тупик или распыть? // Математические модели природных и антропогенных экосистем. СПб.: АФИ, 2014. С. 48–49.
5. *Свиридов В.И., Комов В.Г.* Эффективность системных методов при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 6. С. 39–41
6. *Хворова Л.А., Брыксин В.М., Гавриловская Н.В., Топаж А.Г.* Математическое моделирование и информационные технологии в экологии и природопользовании: монография. Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2013. 277 с.

7. Клачек П.М., Корягин С.И., Лизоркина О.А. Интеллектуальная системотехника: монография. Калининград: издательство Балтийского федерального университета им. И. Канта, 2015. 214 с.
8. Горпинченко К.Н., Луценко Е.В. Прогнозирование и принятие решений по выбору агротехнологий в зерновом производстве с применением методов искусственного интеллекта (на примере СК-анализа): монография. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2013. 168 с.
9. Морозов А.И., Самойлова Е.М. О методах математического моделирования динамики гумуса // Почвоведение. 1993. № 6. С. 24–32.
10. Шеин Е.В. Математические физически обоснованные модели в почвоведении: история развития, современное состояние, проблемы и перспективы (аналитический обзор) // Почвоведение. 2015. № 7. С. 816–823.
11. Давлетишина М.Р. Анализ устойчивости почвенной системы с использованием аппарата теории катастроф // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1 (7). С. 1435–1439.
12. Рыжова И.М. Анализ устойчивости почв на основе теории нелинейных динамических систем // Почвоведение. 2003. № 5. С. 583–590.
13. Зубина В.А. Обзор и анализ методов оптимизации и компьютерных программ для повышения эффективности машинно-тракторного парка // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 1 (41). С. 26–32.
14. Исакова С.П., Лапченко Е.А. Web-комплекс на базе математической модели формирования оптимального машинно-тракторного парка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 5. С. 76–82.
15. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. СПб.: издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2006. 396 с.
2. Csaki F. Modern control theories. *Nonlinear, optimal and adaptive systems*. Moscow, Mir Publ., 1975. 422 p. (In Russian).
3. Badenko V.L., Topazh A.G., Yakushev V.V., Mirshel' V., Nendel' K. Crop models as research and interpretative tools. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52, no. 3, C. 437–445. (In Russian).
4. Topazh A.G. *Dynamic Productivity Models: Dead End or Crossroads? Mathematical models of natural and anthropogenic ecosystems*. St. Petersburg, AFI Publ., 2014, C. 48–49. (In Russian).
5. Sviridov V.I., Komov V.G. The effectiveness of system methods in the development of adaptive landscape farming systems. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*, 2014, no. 6, pp. 39–41. (In Russian).
6. Khvorova L.A., Bryksin V.M., Gavrilovskaya N.V., Topazh A.G. *Mathematical modeling and information technology in ecology and nature management*. Barnaul, Altai State University Publishing House, 2013, 277 p. (In Russian).
7. Klachek, P.M., Koryagin S.I., Lizorkina O.A. *Intelligent systems engineering*. Kaliningrad, Publishing House of I. Kant Baltic Federal University, 2015, 214 p. (In Russian).
8. Gorpinchenko K.N., Lutsenko E.V. *Forecasting and decision-making on the choice of agricultural technologies in grain production using artificial intelligence methods (on the example of SK analysis)*. Krasnodar, Kuban State Agrarian University, 2013, 168 p. (In Russian).
9. Morozov A.I., Samoilova E.M. Methods of mathematical modeling of humus dynamics. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 1993, no. 6, pp. 24–32. (In Russian).
10. Shein E.V. Physically based mathematical models in soil science: history, current state, problems and outlook (analytical review). *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2015, no. 7, pp. 816–823. (In Russian).
11. Davletshina M.R. The analysis of stability of soil system by the theory of accidents. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 11, no. 1 (7), pp. 1435–1439. (In Russian).
12. Ryzhova I.M. Analysis of soil stability on the basis of nonlinear dynamic models. *Pochvo-*

REFERENCES

- vedenie = *Eurasian Soil Science*, 2003, no. 5, pp. 583–590. (In Russian).
13. Zubina V.A. Review and analysis of optimization methods and computer programs to increase the efficiency of the machine and tractor fleet. *Vestnik agrarnoi nauki Dona = Don Agrarian Science Bulletin*, 2018, no. 1 (41), pp. 26–32. (In Russian).
14. Isakova S.P., Lapchenko E.A. Web complex based on mathematical model to form optimal machine-and-tractor fleet. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 5, pp. 76–82. (In Russian).
15. Poluektov R.A., Smolyar E.I., Terleev V.V., Topazh A.G. *Models of the production process of agricultural crops*. St. Petersburg, Publishing House of St. Petersburg State University, 2006, 396 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Нечаев А.И.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: netaew@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander I. Nechaev**, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: netaew@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.01.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.04.2021
Дата публикации / Published 25.05.2021



ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОРАЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ БОЛЕЗНЯМИ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

✉^{1,2}Алтухов В.Г.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий

Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: vgaltukhov@gmail.com

Представлены результаты первого этапа исследования в рамках диссертационной работы «Исследование методов и алгоритмов компьютерного зрения в области выявления болезней растений». Проведен анализ работ, связанных с автоматической оценкой степени поражения растений болезнями. Установлено, что для решения задач в данной области перспективными методами являются сверточные нейронные сети, которые в настоящее время по точности превосходят классические методы компьютерного зрения. Для оценки степени поражения используются классификационные и сегментационные архитектуры сверточных нейронных сетей. При этом, классификационные архитектуры способны учитывать визуальные особенности признаков болезней на разных стадиях заболевания, но с их помощью нельзя получить информацию о фактической площади поражения. Решения, основанные на сегментационных архитектурах, позволяют получить информацию о площади поражения, но не проводят градацию степени поражения по видимым признакам болезни. На основании проведенного анализа существующих работ, основанных на применении сверточных нейронных сетей и вариантов их использования, определена цель настоящего исследования: разработать автоматическую систему, способную определять площадь поражения, а также учитывать визуальные особенности признаков заболевания и тип иммунологической реакции растения на разных стадиях развития. Планируется построить систему на основе сегментационной архитектуры сверточной нейронной сети, которая будет производить мультиклассовую сегментацию изображений. Такая сеть способна разделять пиксели изображения на несколько классов: фон, здоровая область листа, пораженная область листа. В свою очередь класс «пораженная область» будет включать в себя несколько подклассов, соответствующих визуальным особенностям заболевания на разных стадиях развития.

Ключевые слова: болезни растений, степень поражения растений, компьютерное зрение, сверточные нейронные сети, классификация, сегментация, разметка датасета

PLANT DISEASE SEVERITY ESTIMATION BY COMPUTER VISION METHODS

✉^{1,2}Altukhov V.G.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation

²Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: vgaltukhov@gmail.com

The first stage results within the framework of the thesis “Investigation of computer vision methods and algorithms in the field of plant diseases detection” are presented. The analysis of the work

related to the automatic assessment of plant disease severity was carried out. It was established that for solving problems in this field, convolution neural networks are promising methods, which are currently superior to classical methods of computer vision in terms of accuracy. To assess the severity degree, classification and segmentation architectures of convolutional neural networks are used. Classification architectures are able to take into account disease visual features at different stages of the disease development, but information about the actual affected area is unavailable. On the other hand, solutions based on segmentation architectures provide actual data on the lesion area, but do not grade severity levels according to disease visual features. Based on the result of the research into the application of convolutional neural networks and options for their use, the goal of this study was determined, which is to develop an automatic system capable of determining the lesion area, as well as to take into account disease visual features and the type of immunological reaction of the plant at different stages of disease progress. It is planned to build a system based on the segmentation architecture of a convolutional neural network, which will produce multi-class image segmentation. Such a network is able to divide image pixels into several classes: background, healthy leaf area, affected leaf area. In turn, the class "affected leaf area" will include several subclasses corresponding to the disease visual features at different stages of disease progress.

Keywords: plants diseases, plant disease severity, computer vision, convolutional neural networks, classification, segmentation, dataset markup

Для цитирования: Алтухов В.Г. Оценка степени поражения растений болезнями методами компьютерного зрения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 107–112. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-13>

For citation: Altukhov V.G. Plant disease severity estimation by computer vision methods. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 107–112. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-2-13>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

В течение 1980–2020 гг. ежегодные потери мирового урожая из-за болезней и вредителей составляли от 20 до 40% [1]. При текущем росте населения планеты, из-за нехватки качественных продуктов питания, такие тенденции могут привести не только к ухудшению здоровья людей, но и угрозе существования человечества. Проведение своевременного контроля состояния сельскохозяйственных культур и селекция сортов растений, устойчивых к различным заболеваниям, позволят предотвратить указанные негативные последствия. В связи с этим необходим визуальный мониторинг растений [2, 3]. В настоящее время такой мониторинг выполняется вручную, его качество отличается субъективностью и не всегда квалифицированной оценкой экспертов. С развитием технологий машинного обучения и робототехники выполнение этих задач возможно в сельскохозяйственной отрасли с помощью методов и алгоритмов компьютерного зрения, в том числе сверточных нейронных

сетей (СНС) как искусственных нейронных сетей для эффективного распознавания образов.

Сверточные нейронные сети способны выявлять болезни на различных стадиях, поскольку видимые признаки болезней со временем меняются. Актуально создание системы, способной определять болезнь на протяжении всего цикла ее развития и классифицировать поражение растений по степени тяжести. Решение этой задачи необходимо для раннего предотвращения развития болезней, для определения устойчивости сорта к патогенам, для сохранения урожайности культур.

Цель исследования – разработать автоматическую систему для классификации степени поражения растений болезнями с использованием сверточных нейронных сетей, оценить эффективность работы системы.

В рамках диссертационного исследования планируется решение следующих задач:

1) провести анализ существующих алгоритмов сверточных нейронных сетей и ва-

риантов их использования для решения задач классификации степени поражения растений болезнями;

2) разработать алгоритм разметки набора данных на изображениях пораженных и здоровых листьев растений;

3) разработать систему на основе сверточных нейронных сетей для сегментации пораженных заболеванием участков растений и их классификации по степени поражения;

4) оценить эффективность разработанной системы по выбранным метрикам на различных наборах данных.

На первом этапе исследований проведен анализ литературных источников с описанием систем классификации растений по степени поражения заболеванием с использованием нейронных сетей.

Компьютерное зрение – совокупность методов и алгоритмов, которые позволяют производить обнаружение, наблюдение и классификацию объектов, получая информацию из изображений. Существуют два основных направления в области компьютерного зрения:

- 1) классические методы;
- 2) глубокое обучение¹.

Они отличаются тем, что классические методы предполагают выделение признаков изображения вручную, оператором, тогда как глубокое обучение (нейронные сети) производит это автоматически. Имеется существенное различие в точности этих подходов. Лучшие методы классического компьютерного зрения обеспечивают точность до 80%, тогда как глубокое обучение в некоторых случаях – 99% [4]. Для обеспечения высокой точности работы нейронной сети необходимо ее обучить (научить выделять и обобщать признаки) на достаточном количестве данных. Это актуально для решения задач выявления болезней растений [4, 5].

Большинство исследований, которые проводятся в данной области, связаны с идентификацией растений и болезней. Однако болезнь в процессе своего развития имеет

различные проявления и симптомы, что не всегда учитывается при разработке систем, основанных на СНС [6, 7]. Для определения степени поражения растений используются две разновидности архитектур СНС: классификационные и сегментационные [8]. Классификационные СНС устанавливают принадлежность целого изображения к определенному классу. Для их обучения достаточно аннотировать изображения подписями, например определенной степенью поражения. В свою очередь, сегментационные сети классифицируют каждый пиксель изображения, для обучения им необходимы маски пораженных участков.

Далее приведены некоторые существующие подходы при оценке болезней растений по степени поражения и методы подготовки данных, которые использовались для обучения.

Классификационные архитектуры СНС использованы в работах [9–12]. Аннотация данных проводилась вручную специалистами, к каждому изображению добавлялась подпись: здоровый орган, больной орган на разных стадиях поражения (начальная, средняя и тяжелая) [9–11]. Авторами других работ предложено аннотировать изображения листьев различных растений автоматически [12]. Классическими методами компьютерного зрения выделялись фон, лист и пораженные области. Степень поражения определялась подсчетом количества пикселей пораженного участка относительно количества пикселей всего листа. В результате, как и в случае с ручной разметкой, каждое изображение листа аннотировалось подписью. Затем на этих данных обучались СНС и оценивалась точность, с которой они проводили классификацию.

Также имеются исследования на основе сегментационных архитектур нейронных сетей. Разработана система автоматической оценки устойчивости сортов пшеницы к фузариозу колоса и оценена эффективность ее работы [13]. Входными данными были фото-

¹O'Mahony N., Campbell S., Carvalho A., Harapanahalli S., Hernandez G. V., Krpalkova L., Riordan D., Walsh J. Deep Learning vs. Traditional Computer Vision // Proceedings of the 2019 Computer Vision Conference (CVC), 2019, vol. 1, pp. 128–144. DOI: 10.1007/978-3-030-17795-9_10.

графии колосьев пшеницы, сделанные в поле. Разметка проводилась вручную. На каждом изображении колосьев выделялась область поражения. Полученные маски и изображения использовались для обучения СНС. В результате обучения нейронная сеть генерировала маски, по которым подсчетом площади пораженного участка относительно площади всей области колоса определялась степень поражения. Предложено сегментировать пораженные участки листьев огурца мучнистой росой с помощью СНС в работе [14]. Предварительная обработка (разметка) изображений производилась классическими методами компьютерного зрения, в результате которых получены маски пораженных участков. Оценивалась эффективность работы СНС.

Классификационные архитектуры могут учитывать визуальные особенности признаков болезней на разных стадиях протекания заболевания, но информация о фактической площади поражения недоступна [9–14]. Сегментационные архитектуры позволяют решить вопрос определения площади поражения, но не учитывают визуальные особенности признаков болезней и тип иммунологической реакции (оценка степени устойчивости) на разных стадиях развития.

В рамках данного исследования автором планируется разработать систему на базе сегментационной архитектуры СНС, которая помимо площади поражения будет учитывать визуальные признаки пораженности листьев пшеницы. Будет производиться мультиклассовая сегментация изображений листьев, пораженных листовой ржавчиной, взятых из общедоступного датасета². Известна шкала оценки реакции и степени пораженности сортов пшеницы листовой ржавчиной, разделенная на пять градаций³:

- 1) здоровый лист;
- 2) устойчивость;
- 3) средняя устойчивость;
- 4) средняя восприимчивость;
- 5) восприимчивость.

При этом на каждой из них, кроме первой, заболевание имеет соответствующие симптомы и процент пораженности листьев. К этим классам добавляется еще один – фон. В итоге, для обучения СНС определено три класса: фон, здоровые листья и листья четырех степеней пораженности. СНС позволят выделять как объекты разных классов (фон, больной лист, здоровый лист), так и объекты, принадлежащие к конкретному классу. Это позволит определить степень пораженности листьев листовой ржавчиной. Такая задача называется Instance Segmentation [15]. Для обеспечения нейронной сети обучающими выборками будет разработано программное обеспечение автоматизированной разметки изображений датасета.

Проведенный анализ литературы показывает, что вопрос автоматической классификации степени поражения растений с учетом их визуальных особенностей и типа иммунологической реакции (оценка степени устойчивости) является перспективной областью исследований. В связи с этим была определена цель и поставлены задачи, которые будут выполняться в рамках диссертационной работы автора. Результаты исследований и разработанные на их основе программные продукты могут применяться в экологическом мониторинге посевов и при разработке оптимальных мер защиты растений, снижающих расход пестицидов, повышения качества продукции, автоматизации работы селекционеров по созданию устойчивых сортов растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang N., Yang G., Pan Y., Yang X., Chen L., Zhao C. A review of advanced technologies and development for hyperspectral-based plant disease detection in the past three decades // *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12 (19). P. 3188. DOI: 10.3390/rs12193188.
2. Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза: монография. СПб.: ВИЗР РАСХН, 2013. 128 с.

²Sunny A., Biswabiplab S. Wheat nitrogen deficiency and leaf rust image dataset // Mendeley Data, DOI: 10.17632/th422bg4yd.1.

³Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания: по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур // Food & Agriculture Org. 2018. С. 42.

3. Попова Л.И. Своевременный мониторинг – основа успешной защиты растений // Защита и карантин растений. 2018. № 4. С. 8–10.
4. Singh A.K., Ganapathysubramanian B., Sarkar S., Singh A. Deep Learning for Plant Stress Phenotyping: Trends and Future Perspectives // Trends in Plant Science. 2018. Vol. 23(10). P. 883–898. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.07.004.
5. Singh A., Ganapathysubramanian B., Singh A.K., Sarkar S. Machine Learning for High-Throughput Stress Phenotyping in Plants // Trends in Plant Science. 2015. Vol. 21(2). P. 110–124. DOI: 10.1016/j.tplants.2015.10.015.
6. Barbedo J.G.A. A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images // Biosystems Engineering. 2016. Vol. 144. P. 52–60. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.01.017.
7. Saleem M.H., Potgieter J., Arif K.M. Plant Disease Detection and Classification by Deep Learning // Plants. 2019. Vol. 8(11). DOI: 10.3390/plants8110468.
8. Guo Y., Liu Y., Oerlemans A., Lao S., Wu S., Lew M.S. Deep learning for visual understanding: A review // Neurocomputing. 2016. Vol. 187. P. 27–48. DOI: 10.1016/j.neucom.2015.09.116.
9. Liang Q., Xiang S., Hu Y., Coppola G., Zhang D., Sun W. PD2SE-Net: Computer-assisted plant disease diagnosis and severity estimation network // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 157. P. 518–529. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.034.
10. Wang G., Sun Y., Wang J. Automatic Image-Based Plant Disease Severity Estimation Using Deep Learning // Computational Intelligence and Neuroscience. 2017. Vol. 2017. DOI: 10.1155/2017/2917536.
11. Picon A., Alvarez-Gila A., Seitz M., Ortiz-Barredo A., Echazarra J., Johannes A. Deep convolutional neural networks for mobile capture device-based crop disease classification in the wild // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 161. P. 280–290. DOI: 10.1016/j.compag.2018.04.002.
12. Fang T., Chen P., Zhang J., Bing W. Crop leaf disease grade identification based on an improved convolutional neural network // Journal of Electronic Imaging. 2020. Vol. 29. N 1. DOI: 10.1117/1.JEI.29.1.013004.
13. Su W.-H., Zhang J., Yang C., Page R., Szinyei T., Hirsch C.D., Steffenson B.J. Automatic Evaluation of Wheat Resistance to Fusarium Head Blight Using Dual Mask-RCNN Deep Learning Frameworks in Computer Vision // Remote Sens. 2021. Vol. 13(1). DOI: 10.3390/rs13010026.
14. Lin K., Gong L., Huang Y., Liu C., Pan J. Deep Learning-Based Segmentation and Quantification of Cucumber Powdery Mildew Using Convolutional Neural Network // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. DOI: 10.3389/fpls.2019.00155.
15. Hafiz A.M., Bhat G.M. A survey on instance segmentation: state of the art // International Journal of Multimedia Information Retrieval. 2020. Vol. 9. P. 171–189. DOI: 10.1007/s13735-020-00195-x.

REFERENCES

1. Zhang N., Yang G., Pan Y., Yang X., Chen L., Zhao C. A review of advanced technologies and development for hyperspectral-based plant disease detection in the past three decades. *Remote Sensing*. 2020, vol. 12, no. 19, p. 3188. DOI: 10.3390/rs12193188.
2. *Methods of phytosanitary monitoring and forecast*. St. Petersburg, VIZR RASKhN Publ., 2013, 128 p. (In Russian).
3. Popova L.I. Timely monitoring – the basis for successful plant protection. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2018, no. 4, pp. 8–10. (In Russian).
4. Singh A.K., Ganapathysubramanian B., Sarkar S., Singh A. Deep Learning for Plant Stress Phenotyping: Trends and Future Perspectives. *Trends in Plant Science*, 2018, vol. 23, no. 10, pp. 883–898. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.07.004.
5. Singh A., Ganapathysubramanian B., Singh A.K., Sarkar S. Machine Learning for High-Throughput Stress Phenotyping in Plants. *Trends in Plant Science*, 2015, vol. 21, no. 2, pp. 110–124. DOI: 10.1016/j.tplants.2015.10.015.
6. Barbedo J.G.A. A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images. *Biosystems Engineering*, vol. 144, pp. 52–60. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.01.017.
7. Saleem M.H., Potgieter J., Arif K.M. Plant Disease Detection and Classification by Deep

- Learning. *Plants*, 2019, vol. 8, no. 11. DOI: 10.3390/plants8110468.
8. Guo Y., Liu Y., Oerlemans A., Lao S., Wu S., Lew M. S. Deep learning for visual understanding: A review. *Neurocomputing*, 2016, vol. 187, pp. 27–48, DOI: 10.1016/j.neucom.2015.09.116.
 9. Liang Q., Xiang S., Hu Y., Coppola G., Zhang D., Sun W. PD2SE-Net: Computer-assisted plant disease diagnosis and severity estimation network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, vol. 157, 518–529. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.034.
 10. Wang G., Sun Y., Wang J. Automatic Image-Based Plant Disease Severity Estimation Using Deep Learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2017, vol. 2017, DOI: 10.1155/2017/2917536.
 11. Picon A., Alvarez-Gila A., Seitz M., Ortiz-Barredo A., Echazarra J., Johannes A. Deep convolutional neural networks for mobile capture device-based crop disease classification in the wild. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, vol. 161, pp. 280–290, DOI: 10.1016/j.compag.2018.04.002.
 12. Fang T., Chen P., Zhang J., Bing W. Crop leaf disease grade identification based on an improved convolutional neural network. *Journal of Electronic Imaging*, 2020, vol. 29, no. 1. DOI: 10.1117/1.JEI.29.1.013004.
 13. Su W.-H., Zhang J., Yang C., Page R., Szinyei T., Hirsch C.D., Steffenson B.J. Automatic Evaluation of Wheat Resistance to Fusarium Head Blight Using Dual Mask-RCNN Deep Learning Frameworks in Computer Vision. *Remote Sens*, 2021, vol. 13, no. 1, DOI: 10.3390/rs13010026.
 14. Lin K., Gong L., Huang Y., Liu C., Pan J. Deep Learning-Based Segmentation and Quantification of Cucumber Powdery Mildew Using Convolutional Neural Network. *Frontiers in Plant Science*, 2019, vol. 10, DOI: 10.3389/fpls.2019.00155.
 15. Hafiz A.M., Bhat G. M. A survey on instance segmentation: state of the art. *International Journal of Multimedia Information Retrieval*, 2020, vol. 9, pp. 171–189. DOI: 10.1007/s13735-020-00195-x.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Алтухов В.Г.**, младший научный сотрудник, аспирант; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: vgaltukhov@gmail.com

AUTHOR INFORMATION

✉ **Viktor G. Altukhov**, Junior Researcher, Postgraduate Student; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: vgaltukhov@gmail.com

Дата поступления статьи / Received by the editors 19.01.2021
 Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.04.2021
 Дата публикации / Published 25.05.2021



К 75-ЛЕТИЮ ВИКТОРА ВАЛЕНТИНОВИЧА АЛЬТА
TO THE 75TH ANNIVERSARY OF VIKTOR VALENTINOVICH ALT



Руководителю Сибирского физико-технического института СФНЦА РАН, академику РАН, доктору технических наук, профессору, Заслуженному деятелю науки Российской Федерации, известному ученому в области механизации и технического сервиса сельскохозяйственного производства, информационных технологий в сельскохозяйственной науке, промышленности и образовании Виктору Валентиновичу Альту 22 марта 2021 г. исполнилось 75 лет.

Виктор Валентинович родился в г. Сретенске Читинской области. По окончании факультета автоматики и вычислительной техники Новосибирского электротехнического института (1969 г.) начал трудовую деятельность в Сибирском филиале Всесоюзного института механизации сельского хозяйства в должности старшего инженера. С 1973 г. работал в Специальном опытном проектно-конструкторско-технологическом бюро Сибирского отделения ВАСХНИЛ в должностях заведующего отделом и заместителя директора по научной работе. С 1988 г. работает в Сибирском физико-техническом институте аграрных проблем (СибФТИ), занимая должности руководителя конструкторского подразделения, заместителя директора по научной работе, с 1992 по 2016 г. – директора. С апреля 2018 г. – руководитель структурного подразделения СибФТИ СФНЦА РАН. В 2007–2012 гг. Виктор Валентинович работал одновременно заместителем председателя Сибирского отделения Россельхозакадемии по научной работе.

В 1990 г. В.В. Альт защитил кандидатскую диссертацию, в 1996 г. – докторскую, в 2003 г. избран членом-корреспондентом Россельхозакадемии, в 2016 г. – академиком РАН. В 2002 г. ему присвоено звание профессора, в 2008 г. – Заслуженного деятеля науки РФ.

Виктор Валентинович внес существенный вклад в области создания электронных измерительных устройств, информационно-измерительных комплексов и экспертных систем для оценки состояния биологических объектов и машин, систем автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве.

Ученым опубликовано 320 научных работ и проведено более 80 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в которых реализованы 70 его свидетельств на программы и патентов на изобретения. Научное направление исследований В.В. Альта – создание теоретических основ информационного и приборного обеспечения оценки и управления состоянием сельскохозяйственных объектов, измерительно-вычислительные комплексы, информационно-измерительные и экспертные системы для контроля и оптимизации параметров рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания на стадиях их создания и эксплуатации. В соответствии с разработанными им научными положениями и при его соавторстве создано более 30 информационных продуктов (электронных баз данных и экспертных систем) по контролю состояния биологических объектов и машин, защите растений, ресурсосберегающим технологиям производства зерна, сельскохозяйственным машинам, тракторам, комбайнам, сортам пшеницы и ячменя.

Виктор Валентинович – автор и участник создания установок микроклимата для селекционных центров Сибирского региона, обеспечивающих сокращение сроков селекции зерновых культур в 2–3 раза.

В.В. Альт принимал непосредственное участие и руководил творческим коллективом ученых и специалистов по разработке программы «Сибирское аграрное машиностроение». В условиях сокращения посевных площадей и дефицита квалифицированных механизаторов определены направления развития технического оснащения сельскохозяйственного производства при безусловном росте объемов производства и производительности труда.

Под руководством В.В. Альта защищены две докторские, четыре кандидатских диссертации, в настоящее время он руководит работой двух соискателей. В.В. Альт более 15 лет ведет подготовку специалистов для сельского хозяйства и промышленности Новосибирской области в качестве профессора НГТУ. Является членом диссертационного совета СФНЦА РАН по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и доктора наук.

Виктор Валентинович – эксперт Российской академии наук, академик Национальной Академии Наук Монголии, почетный профессор Новосибирского и Красноярского ГАУ.

В.В. Альт входит в составы рабочей группы «Сибирский наукополис» по формированию планов мероприятий по созданию Новосибирской агломерации, научно-экспертного совета при правительстве Новосибирской области, научно-технического совета при министерстве сельского хозяйства Новосибирской области, оргкомитета по проведению Дней науки в Новосибирске, рабочей группы по разработке мероприятий по полевым работам в Сибирском регионе.

По инициативе В.В. Альта и при его активном участии на базе СибФТИ регулярно проводятся международные конференции по информационным технологиям, измерительным системам и приборам в АПК, объединяющие ученых Российской академии наук, вузов и производителей.

Научные достижения Виктора Валентиновича отмечены государственными наградами и ведомственными знаками отличия. Он кавалер ордена Почета, награжден медалями «За трудовую доблесть», золотой и серебряной медалью ВДНХ, медалью «За заслуги перед обществом» Алтайского края, памятным знаком «За труд на благо города» в честь 120-летия Новосибирска, знаками отличия «За заслуги перед Новосибирской областью», «За вклад в развитие Забайкальского края», «Отличник сельского хозяйства Республики Саха (Якутия)», почетными грамотами Российской академии наук, Россельхозакадемии, Сибирского отделения Россельхозакадемии, администрации и правительства Новосибирской области.

Научная, педагогическая, общественная деятельность и активная жизненная позиция В.В. Альта характеризуют его как инициативного, авторитетного ученого, воспитателя профессиональных научных кадров и хорошего организатора.

Сердечно поздравляем Вас, уважаемый Виктор Валентинович, с юбилеем и желаем доброго здоровья, дальнейших творческих успехов, благополучия.

*Коллектив Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий
Российской академии наук*

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 обзоры, 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 05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы

- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).

Фамилии и инициалы авторов, информация об авторах, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну), на русском и английском языках.

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат на русском и английском языках. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением 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 на русском и английском языках. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

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

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

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

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

Периодическое издание

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

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

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника* = *англоязычное название источника*,

(для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

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

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи
Zaglavie jurnala = *Title of Journal*, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = Англоязычное название источника

Монография

Klimova E.V. *Field crops of Zabaikalya*. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (Zea mays L.) field using UAS images // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь

подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке. Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

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 устранение 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 фабрикации данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзывная 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!

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>*

THE SCIENTIFIC JOURNAL
**SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE**
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 51, No 2 (279)

DOI: 10.26898



**2021
March – April**

Editor-in-Chief is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
Deputy Editor-in-Chief is Olga N. Zhiteleva, Deputy Head of the Scientific and Organizational Department of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Viktor V. Alt	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Olga S. Afanasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Anatoly N. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Natalia G. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Nikolay P. Goncharov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Irina M. Gorobey	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Mikhail I. Gulyukin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Moscow, Russia
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Irina M. Donnik	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Nikolay A. Donchenko	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
Nikolay M. Ivanov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Andrey Yu. Izmailov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Vladimir K. Kalichkin	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay I. Kashevarov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia,
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Stavropol, Russia
Vladimir A. Soloshenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay A. Surin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Ivan F. Khramtsov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia
Ivan N. Sharkov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *E.A. Romanova*
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media,
Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,
Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62
e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

The journal is meant for scientists and researchers in agriculture.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" publishes original articles on fundamental and applied problems in the following areas: general agriculture and crop production, breeding and seed production of agricultural plants, plant protection, fodder production, farm animals nutrition and feed technology, veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology, technologies and means of agricultural mechanization, including surveys, original research, brief reports, as well as chronicles, reviews, book reviews, materials on the history of agricultural science and the activities of research institutions and scientists.

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" is included on the Higher Certification Commission (VAK) List of Russian Reviewed Scientific Periodicals issued in the Russian Federation, in which major scientific results of theses for Doctor and Candidate degrees must be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and is included in the catalogue Ulrich's Periodicals Directory, Browker, USA.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) on the basis of Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru



