

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

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

Том 49, № 2 (267)



2019
март – апрель

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Иностранцы члены редколлегии:

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

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

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

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



www.sibvest.elpub.ru



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 агробιοтехнологий Российской академии наук
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463.
Тел./факс (383)348-37-62
e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

Сдано в набор 01.05.19. Подписано в печать 17.05.19. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 14,5.
Уч-изд. л. 12,5. Тираж 300 экз. Цена свободная.

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



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ**

**AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION**

- Добротворская Н.И., Семендяева Н.В., Морозова А.А.** Элементный состав почв засоленных агроландшафтов Причановской депрессии и их санитарно-гигиеническая оценка **5**
- Dobrotvorskaya N.I., Semendyaeva N.V., Morozova A.A.** The elemental composition of soils of saline agrolandscapes of the Prichanovskaya depression and their sanitary and hygienic assessment

- Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Басай З.В., Баймуханова А.А.** Результаты испытаний нового гербицида Флекс в посевах сои в Приморском крае **16**
- Morokhovets V.N., Morokhovets T. V., Shterbolova T.V., Basay Z.V., Baimuhanova A.A.** Test results of the new herbicide Flex in soybean crops in Primorsky territory

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

- Аносов С.И., Сурначёв А.С., Мусинов К.К.** Накопление сахаров растениями озимой пшеницы в зависимости от сроков посева **27**
- Anosov S.I., Surnachev A.S., Musinov K.K.** Sugar accumulation in winter wheat crops depending on the sowing dates
- Красников С.Н., Дергачева Н.В., Черемисин А.И., Дубинин С.В.** Новый раннеспелый сорт картофеля Триумф **34**
- Krasnikov S.N., Dergacheva N.V., Chermisin A.I., Dubinin S.V.** New early-ripening potato variety Triumph

КОРМОПРОИЗВОДСТВО**FODDER PRODUCTION**

- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** Рапс яровой в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами **41** **Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.** Spring rape in single- and multi-crop sowings with poaceous crops

**ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ****ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE**

- Глотова Т.И., Никонова А.А., Котенева С.В., Глотов А.Г.** Способ борьбы с персистентной инфекцией при вирусной диарее **49** **Glotova T.I., Nikonova A.A., Koteneva S.V., Glotov A.G.** The means of combating persistent infection of viral diarrhea
- Давыдова Н.В., Коптев В.Ю., Козлова Ю.Н., Сулимова Л.И., Афонюшкин В.Н., Черепушкина В.С.** Оценка проницаемости для бактериофагов слизистой оболочки кишечника цыплят при эймериозе **57** **Davydova N.V., Koptev V.Yu., Kozlova Yu.N., Sulimova L.I., Afonyushkin V.N., Cherepushkina V.S.** Estimation of permeability to bacteriophages of the intestinal mucosa of chickens with eimeriosis
- Ионина С.В.** Культивирование микобактерий паратуберкулеза **64** **Ionina S.V.** Cultivation of mycobacterium paratuberculosis
- Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А.** Использование пробиотиков на основе штаммов рода *Bacillus* в кормлении перепелов **70** **Merzlyakova O.G., Rogachev V.A.** The use of probiotics based on strains of the genus *Bacillus* in quail feeding
- Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В.** Пищеварение и биохимические показатели крови кур при введении в рацион экзогенной протеазы **77** **Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V.** Digestion and blood biochemical values of hens fed on the diets supplemented with exogenous protease

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

**MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE**

- Чепурин Г.Е., Цегельник А.П.** Методика определения себестоимости зерна при обмолоте зерновых с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах **85**
- Chepurin G.E., Tsegelnik A.P.** Methods of identifying grain production cost when threshing grain crops in view of the need in combine harvesters and combine operators
- Алейников А.Ф., Минеев В.В.** Изменение флуоресценции хлорофилла земляники садовой при воздействии гриба *Ramularia tulasnei* Sacc **94**
- Aleynikov A.F., Mineev V.V.** Effect of the fungus of *Ramularia tulasnei* Sacc on chlorophyll fluorescence in garden strawberry

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

OUR JUBILJARS

- Академику Александру Семеновичу Донченко – 80 лет** **103**
- Academician Alexandr Semenovich Donchenko is 80 years old**
- К 85-летию Аркадия Максимовича Крикова** **107**
- To the 85th anniversary of Arkady Maksimovich Krikov**

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

IN COMMEMORATION OF SCIENTIST

- К 90-летию со дня рождения Игоря Андреевича Косилова** **109**
- To the 90th birth anniversary of Igor Andreevich Kosilov**



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1

УДК: 540.631.4.633

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ ЗАСОЛЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ПРИЧАНОВСКОЙ ДЕПРЕССИИ И ИХ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

^{1,2} Добротворская Н.И., ^{1,3} Семендяева Н.В., ⁴ Морозова А.А.

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

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий
Новосибирск, Россия

³ Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

⁴ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Добротворская Н.И., Семендяева Н.В., Морозова А.А. Элементный состав почв засоленных агроландшафтов Причановской депрессии и их санитарно-гигиеническая оценка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 5–15, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1

For citation: Dobrotvorskaya N.I., Semendyaeva N.V., Morozova A.A. Elementnyi sostav pochv zasolennykh agrolandshtov Prichanovskoi depressii i ikh sanitarno-gigienicheskaya otsenka [The elemental composition of soils of saline agrolandscapes of the Prichanovskaya depression and their sanitary and hygienic assessment] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 5–15, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-1

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучен элементный состав почв в условиях мезорельефа бывшей акватории Юдинского плеса озера Чаны. Исследование проводилось в двух почвенных разрезах, находящихся в геохимическом сопряжении: лугово-черноземной слабоосолоделой супесчаной почве в элювиальной позиции ландшафта и лугово-болотной солончаковой тяжелосуглинистой в аккумулятивной. Почвы существенно различаются как по окислительно-восстановительным, так и по кислотнo-щелочным условиям: распределению гумуса в почвенном профиле, величинам pH, содержанию физической глины, емкости катионного обмена. Распределение преобладающего числа макро- и микроэлементов (за исключением кремния) в засоленном агроландшафте Причановской депрессии характеризуется их накоплением в лугово-болотной солончаковой тяжелосуглинистой почве

THE ELEMENTAL COMPOSITION OF SOILS OF SALINE AGROLANDSCAPES OF THE PRICHANOVSKAYA DEPRESSION AND THEIR SANITARY AND HYGIENIC ASSESSMENT

^{1,2} Dobrotvorskaya N.I.,

^{1,3} Semendyaeva N.V., ⁴ Morozova A.A.

¹ Siberian Research Institute of Agriculture and Chemicalization of Agriculture of the Siberian Federal Scientific Center for Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

² Siberian State University of Geosystems and Technology

Novosibirsk, Russia

³ Novosibirsk State Agrarian University,

Novosibirsk, Russia

⁴ Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia,

Novosibirsk, Russia

The elemental composition of the soil was studied in the mesorelief of the former water area of the Yudinsky stretch of Lake Chany. The study was carried out in two soil sections that are in geochemical conjugation: meadow-chnozem weakly-solodic loamy sand soil in the eluvial landscape position and meadow-marsh saline heavy-loamy soil in the accumulative landscape. Soils differ significantly in both redox and acid-base conditions: the distribution of humus in the soil profile, pH values, the content of physical clay, cation exchange capacity. Distribution of the predominant number of macro- and microelements (with the exception of silicon) in the saline

в результате водной миграции и последующего закрепления в виде малоподвижных соединений. Содержание элементов в аккумулятивной позиции в среднем в 2–3 раза выше, чем в элювиальной. Макроэлементы железо и алюминий мигрируют вниз по рельефу в виде полоторных оксидов в составе илистой фракции. Накопление кальция и магния связано с карбонатизацией почвенного профиля. Микроэлементы цинк, медь, кадмий, свинец осаждаются на щелочном барьере в профиле лугово-черноземной почвы на глубине 95 см и ниже, в лугово-болотной солончаковой почве с поверхности, молибден концентрируется в верхних горизонтах почвенного профиля на испарительном барьере, марганец – на гумусовом и глеевом лугово-болотной почвы, никель и кобальт – на гумусовом и глинистом, хром – в солевых аккумуляциях. В почвах как элювиальной, так и аккумулятивной позиции наблюдается дисбаланс меди и молибдена, железа и марганца, кальция и стронция, что свидетельствует о дефиците молибдена и марганца и избытке стронция в почвах ландшафта в целом. Имеет место превышение допустимых санитарно-гигиенических норм содержания стронция и бария в аккумулятивных позициях во всей толще почвенного профиля лугово-болотной солончаковой тяжелосуглинистой почвы. Содержание мышьяка и особенно бора превышает значения ПДК в ландшафте в целом.

Ключевые слова: засоленный агроландшафт, геохимическое сопряжение почв, макро- и микроэлементы, санитарно-гигиеническая обстановка

Эффективность интенсификации сельскохозяйственного производства, высокое качество товарной продукции во многом определяются санитарно-гигиеническим состоянием территории, которое формируется не только в процессе эксплуатации земель, но во многом зависит от исходных характеристик используемого ландшафта, его компонентов (почвенного и растительного покрова), способности к самоочищению и самовосстановлению [1, 2]. Барабинская низменность, расположенная в южной части Западно-Сибирской равнины, и наиболее пониженная ее часть Причановская депрессия издавна являются областью интенсивного использования в сельском хозяйстве. В условиях мезорельефа конкретных местных ландшафтов с гривным рельефом перераспределение водных потоков и связанного с ними механического и химического стока способствует дифференциации земель по

агроландшафт of the Prichanovskaya depression is characterized by their accumulation in the meadow-marsh saline heavy loam soil as a result of water migration and subsequent fixation in the form of slow-moving compounds. The content of elements in the accumulative position is on average 2-3 times higher than in the eluvial one. Macroelements iron and aluminum migrate down the relief in the form of sesquioxides in the composition of the clay fraction. The accumulation of calcium and magnesium is associated with the carbonatization of the soil profile. Trace elements zinc, copper, cadmium, lead are deposited on the alkaline barrier in the profile of meadow chernozem soil at a depth of 95 cm and below, in a meadow-marsh saline soil from the surface, molybdenum is concentrated in the upper horizons of the soil profile on the evaporation barrier, manganese - on humus and gley meadow-bog soil, nickel and cobalt - on humus and clay, chrome - in salt accumulations. An imbalance of copper and molybdenum, iron and manganese, calcium and strontium is observed in the soils of both the eluvial and accumulative positions, which indicates a deficiency of molybdenum and manganese and an excess of strontium in the landscape soils in general. There is an excess of permissible sanitary and hygienic standards for the content of strontium and barium in the accumulative positions in the entire thickness of the soil profile of meadow-marsh saline heavy-loamy soil. The content of arsenic and, especially, boron exceeds the MPC values in the landscape as a whole.

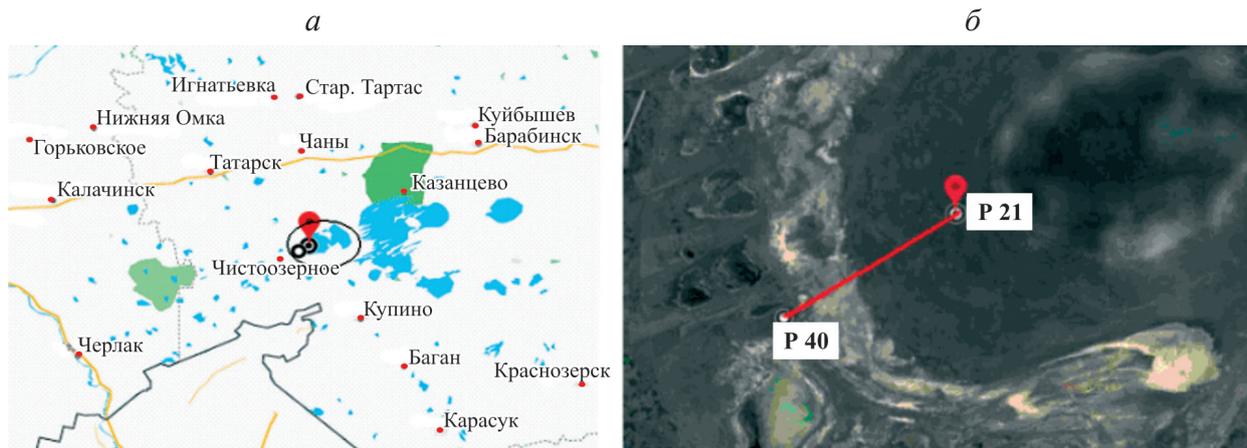
Keywords: saline agrolandscape, geochemical conjugation of soils, macro- and microelements, sanitary and hygienic conditions.

составу и содержанию в почвах макро- и микроэлементов, в том числе токсичных элементов и тяжелых металлов. Учитывая, что большие площади лугов используются в сельскохозяйственном производстве в качестве кормовой базы для животноводства, необходимым условием при разработке проектов рационального использования земель становится изучение их санитарно-гигиенического состояния.

Цель исследования – провести сравнительный анализ элементного состава почв в сопряженных позициях ландшафта (на гриве и в подчиненной ей аккумулятивной равнине) и дать их санитарно-гигиеническую оценку.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2017 г. в юго-западной части Причановской депрессии



Район исследований (а) и расположение почвенных разрезов на исследуемом участке (б)
Study area (a) and location of soil cuts in the study area (b)

Барабинской низменности в непосредственной близости от Юдинского плеса озера Чаны (Чистоозерненский административный район Новосибирской области) (см. рисунок).

Вследствие обсыхания Юдинского плеса в течение последних 40 лет его акватория существенно сократилась, береговая линия отодвинулась к центру плеса, обнажающееся дно постепенно осваивается галофитной болотной растительностью [3, 4].

Почвенные образцы отобраны из двух почвенных разрезов. Первый из них (Р 40) заложен на вершинной части окраины гривы на высоте 120 м над уровнем моря (координаты 54.745889° с. ш., 76.760694° в. д.). Территория представляет собой суходольный луг, в травянистом покрове преобладают подмаренник, полынь эстрагонная, синеголовник плоский, мятлик луговой, чабрец, подорожник, ковыль. Почва лугово-черноземная обыкновенная слабоосолодевшая среднесиловатая супесчаная.

Второй разрез находился в геохимическом подчинении у первого, абсолютная отметка над уровнем моря 103 м (координаты 54.781133° с. ш., 76.839528° в. д.). Грива резким уступом переходит к полого-наклонной поверхности высохшего дна Юдинского плеса, на которой сформировался болотно-солончаковый луг. Растительность галофитная (горькуша, осот, тростник, вейник незамечаемый). Грунтовая вода обнаруживается

на глубине 60 см. Почва лугово-болотная солончаковая тяжелоглинистая.

В почвенных образцах определено содержание гумуса, рН почвы, содержание обменных катионов и водорастворимых солей, выявлен гранулометрический состав почвы. Данные исследования проведены методами, общепринятыми в почвоведении. Валовое содержание макроэлементов (Si, Fe, Al, Ca, Mg, Na, P) и микроэлементов (Pb, As, Cd, Ba, Br, Mn, Cu, Cr, Mo, V, Zn, Co, Sr, Ni) в отобранных почвенных образцах определено методом атомной спектроскопии на приборе ДАЭП (двухлучевой атомно-эмиссионный плазмотрон).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Геохимические свойства элементов и их соединений, миграционная способность, трансформация соединений в малоподвижные формы зависят от физико-химической обстановки в почвах, в частности кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий в почвенном профиле. Исследование показало, что почвы разных местоположений существенно различаются по физико-химическим свойствам (см. табл. 1).

В Р 40 отмечается резкая дифференциация профиля по содержанию гумуса. Несмотря на явные морфологические признаки фильтрации гумуса до глубины 50 см, содержание его в горизонте АВ резко снижается. Совокупность легкого грануломет-

Табл. 1. Физико-химические свойства исследуемых почв
Table 1. Physico-chemical properties of the studied soils

Геохимическая позиция, номер разреза, почва	Горизонт, его мощность, см	Гумус, %	pH _{H₂O}	Физическая глина, %	Обменные катионы			Емкость катионного обмена
					ммоль (экв.)/100 г почвы			
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ¹⁺	
Элювиальная, Р 40, лугово-черноземная осолодевшая супесчаная	A ₁ (0–18)	5,7	6,8	14,8	16,15	3,6	0,16	19,91
	A ₁ ' (18–30)	4,5	7,1	14,1	14,10	3,9	0,07	18,07
	AB (31–49)	1,1	7,3	36,1	12,35	3,65	0,11	16,11
	B ₂ (61–93)	0,5	8,9	29,4	Не определяли		0,17	9,52
	C _{ca} (95–105)	0,2	9,0	26,9	»		0,22	10,08
Аккумулятивная, Р 21, лугово-болотная солончаковая тяжелоглинистая	Ад (0–7)	5,9	8,7	72,2	»		4,35	35,64
	A _{1g} (7–33)	2,8	9,0	88,1	»		9,14	29,70
	Bg (33–60)	2,8	8,6	66,1	»		18,27	27,72
	G (60–75)	2,5	8,9	51,1	»		23,05	27,72

рического состава с нейтральной реакцией почвенного раствора, невысокая емкость катионного обмена не создают условий для накопления элементов. В то же время уже при pH 6,8 в осадок выпадает гидроксид кобальта Co(OH)₂ [5].

В Р 21 содержание гумуса до глубины 60 см близко к 3%, хотя высокая гумусированность профиля сильно завуалирована процессом оглеения, который придает всему профилю сизо-стальной оттенок. Гумус равномерно распределен по глубине в глинистой толще, что свидетельствует о преобладании его подвижных форм. Верхние горизонты почвенного профиля Р 21 образованы средней и тяжелой глиной с высоким содержанием илистой фракции. Этот факт в совокупности с высоким содержанием гумуса обуславливает значительную поглотительную способность почвы, характеризующую в данном случае емкостью катионного обмена. Реакция почвенного раствора щелочная с поверхности профиля. Такие условия обычно способствуют образованию малоподвижных гидроксидов Mg(OH)₂, AgOH, Mn(OH)₂, снижению их миграционной способности и накоплению в почве [2].

В накоплении химических элементов в поверхностных горизонтах почвы велика роль растительности. Преобладание галофитов в фитоценозе часто приводит к аккумуляции

муляции Cu, Zn, Mo, Sr, иногда Fe, Pb, Mn. Кроме того, важным фактором накопления химических элементов в почве при близком залегании грунтовых вод, что обычно для аллювиальных равнин, является испарительная концентрация, характерная для элементов – водных мигрантов. В данном процессе участвуют B, F, I, U, Mo, Li, Sr, Zn и другие [6–8].

Распределение макроэлементов в почвенном профиле исследуемых почв характеризуется определенными закономерностями (см. табл. 2). Содержание Si, Fe и Al тесно связано с гранулометрическим составом почв: вымывание илистой фракции из почв элювиальной позиции и миграция полуторных оксидов Fe и Al в ее составе в виде взвесей вниз по рельефу обуславливают накопление их в тяжелоглинистой лугово-болотной почве. При этом происходит относительное обогащение лугово-черноземной почвы кремнеземом.

Накопление кальция и магния в лугово-болотной почве связано с карбонатизацией профиля, которая подтверждается в полевых условиях вскипанием почвы при воздействии соляной кислоты. Некоторое обогащение лугово-черноземной почвы натрием, возможно, связано с некогда протекавшей фазой осолонцевания профиля. Дифференциация содержания натрия в профиле лугово-болотной почвы свидетельствует о

Табл. 2. Профильное распределение валового содержания макроэлементов в почвах ландшафта
Table 2. Profile distribution of gross macronutrient content in landscape soils

Геохимическая позиция, номер разреза, почва	Горизонт, его мощность, см	Макроэлемент, $n \cdot 10^{-4}$ мг/кг							
		Si	Fe	Al	Ca	Mg	Na	P	K
Элювиальная, Р 40, лугово-черноземная осолодевшая супесчаная	A ₁ (3–18)	44,9	2,01	6,66	0,98	0,57	1,37	0,078	Не определяли
	A ₁ (18–30)	40,1	2,04	5,93	0,84	0,55	1,38	0,064	То же
	AB (35–45)	40,1	1,81	5,64	0,68	0,51	1,27	0,036	»
	B ₂ (70–80)	41,0	1,89	6,82	3,08	0,71	1,44	0,045	»
	C _{Ca} (90–100)	40,1	1,91	6,17	2,61	0,68	1,29	0,045	»
Аккумулятивная, Р 21, лугово-болотная солончаковая тяжело-глинистая	A _д (0–7)	26,2	4,06	–	5,88	2,35	0,61	0,096	2,70
	A _{1g} (10–20)	24,3	3,53	9,09	7,85	2,42	1,08	0,074	2,16
	B _g (40–50)	22,0	3,57	8,86	7,76	2,69	1,26	0,059	2,59
	G (65–75)	23,7	3,50	9,51	9,97	2,71	1,37	0,069	2,76

периодической усиленной промывке горизонтов A_д и A₁ во время половодий. Фосфор, биогенный элемент, коррелирует с распределением гумуса в почвенном профиле обеих почв. В целом следует отметить, что в почвах элювиальных позиций природного засоленного ландшафта содержится меньше макроэлементов (за исключением кремния), чем в профиле почв аккумулятивных позиций примерно в 2–3 раза.

Микроэлементы имеют большое биологическое значение в жизни растений, животных и человека. Биогеохимическое районирование Новосибирской области [9, 10] показало, что исследуемый нами район находится в биогеохимической провинции БГХП-1, характеризующейся весьма неблагоприятной биогеохимической ситуацией. Анализ содержания 14 микроэлементов, проведенный нами, позволил разделить их на две группы: с содержанием ниже ПДК и выше ПДК.

В табл. 3 приведены микроэлементы, содержание которых в почве не превышает предельно допустимых концентраций. По геохимическим свойствам первые четыре элемента таблицы – Zn, Cu, Cd, Pb – относятся к водным мигрантам, подвижным в окислительной и глеевой обстановке и менее подвижным в нейтральной и щелочной среде. Они осаждаются на щелочном барьере, что обуславливает концентрирование этих

элементов в горизонте C_{Ca} лугово-черноземной почвы и существенное накопление их в лугово-болотной солончаковой в аккумулятивной позиции рельефа. В почвенном профиле как в элювиальной позиции, так и в аккумулятивной эти элементы накапливаются в наиболее гумусированной его части. Аналогичные результаты получены исследователями в Ростовской области [11].

Биологическое значение данных элементов различается. В частности, *цинк* (Zn) входит в состав различных ферментов, участвующих в метаболизме углеводов, белков и фосфатов и в процессе размножения. В высших растениях цинк, как правило, накапливается в семенах, где концентрируется в зародышах.

Кадмий (Cd) известен как токсичный химический элемент, однако в последнее время установлено, что он в небольших количествах стимулирует рост животных и человека. Являясь химическим аналогом цинка, кадмий легко поступает в растения через корневую систему. Основной причиной токсичности кадмия для растений является то, что он нарушает активность ферментов, тормозит фотосинтез и затрудняет поступление в растения ряда элементов питания. *Медь* (Cu) принимает участие во многих физиологических процессах, протекающих в живых организмах. В растениях к ним относятся фотосинтез, синтез гемоглобина, дыхание, пере-

Табл. 3. Профильное распределение валового содержания микроэлементов в почвах засоленного агроландшафта Причановской депрессии

Table 3. Profile distribution of the total content of trace elements in the soils of saline agrolandscape of the Prichanovskaya depression

Геохимическая позиция, номер разреза, почва	Горизонт, его мощность, см	Микроэлемент, мг/кг почвы									
		Zn	Cu	Cd	Pb	Mo	V	Mn	Co	Ni	Cr
Элювиальная, Р 40, лугово-черноземная осолодевшая супесчаная	A ₁ (0–18)	49,8	28,5	0,752	17,6	3,4	67,7	855,0	8,18	29,8	76,1
	A' ₁ (18–30)	44,6	20,1	0,253	16,2	2,29	70,1	731,0	7,79	28,8	63,4
	AB (31–49)	30,4	18,5	0,167	10,5	2,05	55,0	456,0	5,58	28,8	38,4
	B ₂ (61–93)	36,5	19,5	0,321	11,6	2,67	69,5	698,0	6,45	29,5	57,5
	C _{Ca} (95–105)	42,0	22,5	0,609	15,5	2,89	66,8	653,0	6,95	31,4	62,3
Аккумулятивная, Р 21, лугово-болотная солончаковая тяжелоглинистая	A _d (0–7)	106,0	45,6	0,902	26,0	3,69	103,0	1030,0	18,2	69,9	101,0
	A _{lg} (7–33)	97,8	47,4	0,606	17,8	2,27	130,0	1090,0	14,2	54,3	121,0
	B _g (33–60)	89,2	40,3	0,336	14,4	2,42	122,0	909,0	16,8	51,9	107,0
	G (60–75)	94,1	40,2	0,412	19,5	3,29	116,0	1070,0	13,6	49,4	110,0
ПДК в почве		65,0–220,0*	33,0–132,0**	3,0	100,0	5,0	150,0	1500,0	50,0	80,0	100,0

*65,0 – в песчаных и супесчаных почвах; 110 – в суглинистых и глинистых (кислых); 220 – в суглинистых и глинистых (нейтральных).

**33,0 – в песчаных и супесчаных почвах, 132,0 – в суглинистических и глинистых.

распределение углеводов и др. Медь, как и цинк, отвечает за репродуктивные функции. Ее недостаток приводит к снижению количества и качества зерна. При избытке меди в организме человека возможно развитие атеросклероза, диабета, болезни Альцгеймера и других нарушений нейродегенеративного характера. Установлено, что избыток меди может влиять на развитие недостатка цинка в организме. Интерес к свинцу (Pb) в медицине и в биологии связан исключительно с его токсичностью для всего живого. Однако в настоящее время установлено, что свинец в небольших количествах (для растений от 2 до 6 мг/кг сухого вещества и животных от 0,05 до 0,5 мг/кг) необходим для их нормальной жизнедеятельности [12, 13].

Молибден (Mo) и ванадий (V) в геохимии относятся к группе катионно- и анионогенных элементов с переменной валентностью, что увеличивает число барьеров, на которых эти элементы могут концентрироваться. Молибден более подвижен в щелочных водах степей и пустынь. Здесь наблюдается только испарительная концентрация элемента в верхнем горизонте почвенного профиля [6]. В биосфере молибден, являясь важным биоэлементом, энергично мигрирует и кон-

центрируется. В растениях молибден принимает участие в азотном обмене. Он является катализатором при переводе нитритов в нитраты, обеспечивает фиксацию атмосферного азота клубеньковыми бактериями бобовых культур. Известны явления как дефицита (особенно у бобовых растений), так и избытка молибдена. Важно соотношение меди и молибдена, оптимальным значением которого является 4 : 1. В изученных почвах оно существенно выше, особенно в аккумулятивной позиции, что может привести к недостаточному поступлению молибдена в растения (см. табл. 4).

Ванадий в целом малоподвижный водный мигрант, в восстановительных условиях болот может осаждаться на органических субстратах, с чем, возможно, связано некоторое накопление его в лугово-болотной солончаковой почве (см. табл. 3). Соединения ванадия ядовиты для большинства животных и человека. Вместе с тем установлено, что ванадий принимает участие в фотосинтезе растений. При его нехватке в растениях снижается количество хлорофилла. Как и молибден, ванадий является катализатором в процессах фиксации азота из воздуха клубеньковыми бактериями бобовых растений.

Табл. 4. Соотношение меди и молибдена в почвах засоленного природного ландшафта

Table 4. Ratio of copper and molybdenum in the soils of saline natural landscape

Лугово-черноземная обыкновенная			Лугово-болотная солончаковая		
Горизонт	Глубина взятия образца, см	Cu/Mo	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Cu/Mo
A ₁	3–18	8,4	A _d	0–7	12,3
A' ₁	18–30	8,8	A ₁	10–20	20,9
AB	35–40	9,0	B	40–50	16,6
B _{2Ca}	70–80	7,3	C	60–70	12,2
C _{Ca}	95–105	8,0			

Марганец (Mn), кобальт (Co), хром (Cr), никель (Ni) относятся к группе сидерофильных металлов, также обладающих переменной валентностью и геохимическим сродством к железу. Рассматривать их поведение в почвах ландшафта, особенно переувлажненных, можно только во взаимосвязи со свойствами железа [14]. Максимальные количества этих элементов, как и железа, приурочены к наиболее гумусированным горизонтам обоих профилей. Высокая корреляция содержания марганца с гумусом отмечается и в переувлажненных почвах Каменной степи [15]. Марганец и кобальт играют важную роль в организме человека: марганец нужен для выработки организмом инсулина, формирования скелета, работы центральной нервной системы, кобальт влияет на кроветворение. Оптимальное соотношение (Fe/Mn) составляет 1,5–2,0. В изученных почвах оно существенно выше (см. табл. 5).

Кобальт в гумидных ландшафтах вымывается из почв, в ландшафте с сухим климатом дефицит кобальта для растений наблюдается реже, так как на карбонатном барьере и при высоком содержании гумуса кобальт осаждается, переходя в малоподвижные соединения.

Необходимость никеля для жизнедеятельности живых организмов установлена недавно [9]. Он является незаменимым в составе уреазы и потребляется бактериями бобовых культур, стимулирует процессы нитрификации и минерализации соединений азота, в живых организмах никель принимает участие

Табл. 5. Соотношение железа и марганца в изучаемых почвах

Table 5. Ratio of iron and manganese in studied soils

Лугово-черноземная обыкновенная			Лугово-болотная солончаковая		
Горизонт	Глубина взятия образца, см	Fe/Mn	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Fe/Mn
A ₁	3–18	23,5	A _d	0–7	39,4
A' ₁	18–30	27,9	A ₁	10–20	32,4
AB	35–40	39,7	B	40–50	39,3
B _{2Ca}	70–80	27,1	C	60–70	53,6
C _{Ca}	95–105	29,2			

в структурной организации ДНК, РНК и белков. Повышенное содержание никеля в кормах приводит к увеличению продукции шерсти. Избыток этого элемента в кормах приводит к слепоте животных, в растительных ценозах появляются низкорослые уродливые формы. В исследуемом ландшафте наблюдается накопление никеля в почвах аккумулятивной позиции, которое так же, как и кобальта, обусловлено его миграцией в составе глинистой фракции.

Хром как химический элемент жизненно необходим живым организмам, поскольку в процессах углеводного обмена он взаимодействует с инсулином, участвует в структуре и функции нуклеиновых кислот и, возможно, щитовидной железы. Однако избыток хрома в организме вызывает различные хронические заболевания. К ним относятся дерматиты, частые аллергии, развитие язвы желудка и нарушение работы печени и почек. Кроме того, увеличивается риск развития злокачественных новообразований. В ландшафте с резко окислительными щелочными условиями этот элемент образует подвижные хроматы CrO_4^{2-} , аналогичные сульфат-иону SO_4^{2-} . Это обстоятельство обуславливает его накопление в засоленных почвах аккумулятивных позиций в концентрациях, близких или превышающих ПДК (см. табл. 3).

Во вторую группу нами объединены микроэлементы, содержание которых в изучаемых почвах выше ПДК (см. табл. 6). Следу-

Табл. 6. Профильное распределение валового содержания стронция, бария, бора и мышьяка в почвах засоленного агроландшафта Причановской депрессии

Table 6. Profile distribution of the total content of strontium, barium, boron and arsenic in the soils of the saline agrolandscape of the Prichanovskaya depression

Геохимическая позиция, номер разреза, почва	Горизонт, его мощность, см	Микроэлемент, мг/кг почвы			
		Sr	Ba	B	As
Элювиальная, Р 40, лугово-черноземная осолодевшая супесчаная	A ₁ (0–18)	233,0	679,0	53,0	21,6
	A ₁ ' (18–30)	191,0	559,0	57,8	20,9
	AB (31–49)	131,0	459,0	38,4	18,9
	B ₂ (61–93)	297,0	561,0	53,2	18,0
	C _{ca} (95–105)	328,0	543,0	54,3	20,9
Аккумулятивная, Р 21, лугово-болотная солончаковая тяжелоглинистая	Ад (0–7)	1520,0	829,0	104,0	34,5
	A _{lg} (7–33)	3080,0	913,0	109,0	13,0
	B _g (33–60)	2520,0	757,0	104,0	15,5
	G (60–75)	4640,0	1040,0	102,0	23,3
ПДК в почве [9]		Не разработан		25,0	20

ет отметить, что значения ПДК существенно различаются в разных литературных источниках. В частности, для мышьяка (As) предельная концентрация в почве по гигиеническим нормативам России ГН 2.1.7.2041–06¹ составляет 2,0 мг/кг почвы, тогда как за рубежом – 20,0 мг/кг [16].

Стронций (Sr) и *барий* (Ba) являются химическим аналогом кальция, биогенного элемента, и участвуют в тех же физиологических процессах в организме животных и человека, составляя конкуренцию кальцию, вытесняя этот элемент из костной ткани и нарушая обменные процессы. Возникающий при этом дефицит кальция обуславливает развитие так называемой уровской болезни – остеопороза, заболевания суставов, деформации скелета и др. Барий в отличие от стронция сильно токсичен: при отравлении барием дополнительно поражаются печень, нервная система, сердце и другие органы, резко ухудшаются биохимические показатели крови. При избытке стронция

малодоступным для организмов становится иод. ПДК на барий и стронций в почве не установлены, но согласно исследованиям В.В. Ковальского² критическим уровнем содержания стронция в почве следует считать 600 мг/кг. Стронциево-кальциевый баланс (Ca/Sr) в наиболее благополучных районах, например в Курской области, равен 200, а в эндемических районах Амурской области он снижается до 3,5. ПДК бария в питьевой воде³ составляет 0,1 мг/л, стронция – 0,2 мг/л. В исследованных нами почвах наибольшее содержание бария и стронция характерно для аккумулятивной позиции, причем максимум приходится на гумусово-аккумулятивный и карбонатный горизонты. Соотношение кальция и стронция варьирует в пределах 23–103 в лугово-черноземной почве и 32–54 в лугово-болотной солончаковой.

Бор (B). Биологические функции бора в растениях связаны с метаболизмом углеводов, переносом сахаров через мембраны, синтезом нуклеиновых кислот и фитогор-

¹Постановление от 23 января 2006 года № 1 «О введении в действие гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06 (с изменениями на 26 июня 2017 года)». [Электронный ресурс]: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=299876>

²Ковальский В.В. Успехи изучения микроэлементов в животноводстве СССР // Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ, 1973. С. 30–40.

³СанПиН 2.1.4.1074–01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества / Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26 сентября 2001 г. № 24 «О введении в действие санитарных правил». [Электронный ресурс]: <http://www.vashdom.ru/sanpin/2141074-01>

монов. На юге Западной Сибири недостатка бора для растений практически нет. Почвы богаты этим микроэлементом, а избыток бора здесь – частое явление, особенно на засоленных почвах [17].

ПДК бора в питьевой воде – 0,5 мг/л. Избыток бора в почвах Барабинской равнины представляет серьезную экологическую проблему как для растений, так и для животных и человека. Высокая концентрация бора в засоленных почвах способствует снижению не только урожая, но и вызывает борный энтерит – эндемическое заболевание желудочно-кишечного тракта у животных и людей.

Мышьяк – важный биоэлемент, но при незначительном превышении кларка является сильным ядом. Биологическая роль мышьяка связана с тем, что он по химическим свойствам близок к фосфору и может замещать его в отдельных биохимических реакциях. Мышьяк – энергичный водный мигрант, но оседает на глинистых породах. Вместе с тем известно, что при возникновении восстановительных условий, характерных для переувлажненных почв, резко увеличивается растворимость соединений мышьяка [14, 18].

ВЫВОДЫ

1. Распределение преобладающего числа макро- и микроэлементов (за исключением кремния) в засоленном агроландшафте Причановской депрессии характеризуется их накоплением в лугово-болотной солончаковой почве аккумулятивной позиции в результате водной миграции и последующего закрепления в виде малоподвижных соединений. Содержание элементов в аккумулятивной позиции в среднем в 2–3 раза выше, чем в элювиальной.

2. Геохимическим фактором аккумуляции макроэлементов является их осаждение на гумусовом (P), глинистом (Fe, Al), карбонатном (Ca, Mg) барьерах.

3. Распределение микроэлементов в ландшафте определяется их отношением к окислительной обстановке и щелочной среде, характерной для исследуемых почв. Цинк, медь, кадмий и свинец осаждаются на

щелочном барьере лугово-болотной солончаковой почвы, молибден концентрируется в верхних горизонтах почвенного профиля на испарительном барьере, марганец – на гумусовом, никель и кобальт – на гумусовом и глинистом, хром – в солевых аккумуляциях.

4. В почвах как элювиальной, так и аккумулятивной позиции наблюдается дисбаланс меди и молибдена, железа и марганца, кальция и стронция, что свидетельствует о дефиците молибдена и марганца и избытке стронция в почвах ландшафта в целом.

5. Имеет место превышение допустимых санитарно-гигиенических норм содержания стронция и бария в аккумулятивных позициях, бора и мышьяка в ландшафте в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазовская М.А. Типы почвенно-геохимических сопряжений // Вестник МГУ. Сер. геогр., 1969. № 5. С. 3–12.
2. Перельман А.И. Геохимия ландшафтов: монография. М.: Высшая школа, 1975. 341 с.
3. Мирошниченко Н.В. Влияние изменения общей увлажненности территории на процесс почвообразования в Чановской депрессии // Пульсирующее озеро Чаны. Л.: Наука, 1982. С. 169–185.
4. Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т., Якутин М.В. Формирование и эволюция почв обсыхающих территорий соленых озер (на примере озера Чаны) // Сибирский экологический журнал. 2005. № 2. С. 321–339.
5. Пятницкий И.В. Аналитическая химия кобальта: монография. М.: Наука, 1965. 261 с.
6. Перельман А.И. Геохимия: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
7. Базилевич Н.И. Миграция веществ с поверхностными и тальми водами в почвах, геохимически сопряженных ландшафтов Барабы // Почвоведение. 1972. № 11. С. 3–17.
8. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений: монография. Л.: Наука, 1974. 324 с.
9. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2001. 229 с.
10. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразую-

- щих породах и почвах Западной Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. 277 с.
11. Minkina T.M., Fedorov Y.A., Nevidomskaya D.G., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Pol'shina T.N. Heavy metals in soils and plants of the don river estuary and the Taganrog Bay coast // *Eurasian Soil Science*. 2017. T. 50. N 9. С. 1033–1047.
 12. Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных: монография. Л.: Агропромиздат, 1985. 207с.
 13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
 14. Vodyanitskii Y.N., Plekhanova I.O. Biogeochemistry of heavy metals in contaminated excessively moistened soils (Analytical review) // *Eurasian Soil Science*. 2014. T. 47. N 3. С. 153–161.
 15. Shcheglov D.I., Gorbunova N.S., Semenova L.A., Khatuntseva O.A. Microelements in soils of conjugated landscapes with different degrees of hydromorphism in the Kamennaya Steppe // *Eurasian Soil Science*. 2013. T. 46. N 3. С. 254–261.
 16. Kloke A. Richtwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // *Mitteilungen VDLUFA*, 1980. H.1-3. S. 9–11 (цит. по [9]).
 17. Ильин В.Б., Аникина А.П. Область борного засоления в Сибири // *Этюды по биогеохимии и агрохимии микроэлементов*. Новосибирск: Наука, 1977. С. 38–47.
 18. Burton E.D., Bush R.T., Sullivan L.A., Johnston S.G., Hocking R.K. Mobility of arsenic and selected metals during re-flooding of iron and organic-rich acid-sulfate soil // *Chem. Geol.* 2008. Vol. 253. P. 64–73.
- ## REFERENCES
1. Glazovskaya M.A. Tipy pochvenno-geokhimicheskikh sopryazhenii [Types of soil geochemical conjugations]. *Vestnik MGU* [Vestnik Moscow State University], Ser. geogr., 1969, no. 5, pp. 3–12. (In Russian).
 2. Perel'man A.I. *Geokhimiya landshaftov* [Geochemistry of landscapes]. M.: Vysshaya shkola Publ., 1975, 341 p. (In Russian).
 3. Miroshnichenko N.V. Vliyanie izmeneniya obshchei uvlazhnennosti territorii na protsess pochvoobrazovaniya v Chanovskoi depressii [Influence of changes in the total moisture content of the territory on the soil formation process in the Chanovsky depression]. *Pul'siruyushchee ozero Chany* [Pulsating Lake Chany]. L.: Nauka Publ., 1982, pp. 169–185. (In Russian).
 4. Kazantsev V.A., Magaeva L.A., Ustinov M.T., Yakutin M.V. Formirovanie i evolyutsiya pochvy obshchayushchikh territorii solenykh ozer (na primere ozera Chany) [Formation and evolution of the soils of the drying areas of salt lakes (using the example of Lake Chany)]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Siberian Journal of Ecology], 2005, no. 2, pp. 321–339. (In Russian).
 5. Pyatnitskii I.V. *Analiticheskaya khimiya kobal'ta* [Cobalt analytical chemistry]. M.: Nauka Publ., 1965, 261 p. (In Russian).
 6. Perel'man A.I. *Geokhimiya: uchebnik dlya vuzov* [Geochemistry: Textbook for universities]. M.: Vysshaya shkola Publ., 1989. 528 p. (In Russian).
 7. Bazilevich N.I. Migratsiya veshchestv s poverkhnostnymi i talymi vodami v pochvakh, geokhimicheski sopryazhennykh landshaftov Baraby [Migration of substances with surface and thawed waters in soils of geochemically conjugate landscapes of Baraba]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 1972, no. 11, pp. 3–17. (In Russian).
 8. Shkol'nik M.Ya. *Mikroelementy v zhizni rastenii* [Trace elements in plant life]. L.: Nauka Publ., 1974, 324 p. (In Russian).
 9. Il'in V.B., Syso A.I. *Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh Novosibirskoi oblasti* [Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2001. 229 p. (In Russian).
 10. Syso A.I. *Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri* [Patterns of distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils of Western Siberia]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2007. 277 p. (In Russian).
 11. Minkina T.M., Fedorov Y.A., Nevidomskaya D.G., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Pol'shina T.N. Heavy metals in soils and plants of the Don river estuary and the Taganrog Bay coast. *Eurasian Soil Science*. 2017. vol. 50, no. 9, pp. 1033–1047.
 12. Kal'nitskii B.D. *Mineral'nye veshchestva v kormlenii zhivotnykh* [Mineral substances in ani-

- mal feeding]. L.: Agropromizdat Publ., 1985, 207 p. (In Russian).
13. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. *Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh* [Trace Elements in Soils and Plants] / per. s ang. M.: Mir Publ., 1989. 439 p. (In Russian).
14. Vodyanitskii Y.N., Plekhanova I.O. Biogeochemistry of heavy metals in contaminated excessively moistened soils (Analytical review). *Eurasian Soil Science*, 2014, vol. 47, no. 3, pp. 153–161.
15. Shcheglov D.I., Gorbunova N.S., Semenova L.A., Khatuntseva O.A. Microelements in soils of conjugated landscapes with different degrees of hydromorphism in the Kamennaya Steppe. *Eurasian Soil Science*, 2013, vol. 46, no. 3, pp. 254–261.
16. Kloke A. Richtwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. *Mitteilungen VDLUFA*, 1980, H.1-3, pp. 9–11.
17. И́ин В.В., Анкина А.П. Область борного засоления в Сибири. *И́туды по биогеохимии и агрохимии микроэлементов* [Studies on the biogeochemistry and agrochemistry of microelements]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1977, pp. 38–47. (In Russian).
18. Burton E.D., Bush R.T., Sullivan L.A., Johnston S.G., Hocking R.K. Mobility of arsenic and selected metals during re-flooding of iron- and organic-rich acid-sulfate soil. *Chemical Geology*, 2008, vol. 253, pp. 64–73.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Добротворская Н.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Семендяева Н.В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Морозова А.А., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Dobrotvorskaya N.I.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher, **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

Semendyaeva N.V., Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher

Morozova A.A., post-graduate student

Дата поступления статьи 11.09.2018
Received by the editors 11.09.2018

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ НОВОГО ГЕРБИЦИДА ФЛЕКС В ПОСЕВАХ СОИ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Басай З.В., Баймуханова А.А.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

Для цитирования: Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Басай З.В., Баймуханова А.А. Результаты испытаний нового гербицида Флекс в посевах сои в Приморском крае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 16–26, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-2

For citation: Morokhovets V.N., Morokhovets T.V., Shterbolova T.V., Basay Z.V., Baimuhanova A.A. Rezul'taty ispytaniy novogo gerbitsida Fleks v posevakh soi v Primorskom krae [Test results of the new herbicide Flex in soybean crops in Primorsky Territory]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 16–26, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-2

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучена биологическая и хозяйственная эффективность гербицида Флекс при послевсходовом применении в посевах сои сорта Сфера. Исследования проведены в условиях деляночного эксперимента в 2017, 2018 гг. по общепринятым методикам на лугово-бурых оподзоленных почвах на юге Дальнего Востока. Препарат испытывали в нормах расхода 1,25 и 1,5 л/га при достижении культурой фазы развития два тройчатых листа в сравнении со стандартным гербицидом Галакси Топ в норме 1,7 л/га. Флекс обладает гербицидной активностью в отношении всех двудольных однолетних и многолетних видов сорных растений. Чувствительность к препарату даже при минимальной норме расхода проявили амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) и акалифа южная (*Acalypha australis* L.). Особенно сильное токсическое действие гербицида испытали сорняки в фазе розетки: коммелина обыкновенная (*Commelina communis* L.), марь белая (*Chenopodium albu* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bieb.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.). Применение граминицида Фюзилад Форте 1,5 л/га после обработки посевов сои препаратом Флекс способствовало практически полному

TEST RESULTS OF THE NEW HERBICIDE FLEX IN SOYBEAN CROPS IN PRIMORSKY TERRITORY

Morokhovets V.N., Morokhovets T.V., Shterbolova T.V., Basay Z.V., Baimuhanova A.A.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

The biological and economic efficiency of the new herbicide Flex in post-emergence application to soybean crops of the variety Sphera was studied. The tests were carried out in compliance with the standard methods in the form of the plot experiment in 2017, 2018 on brown meadow podzolized soils in the south of the Far East. The preparation was tested in the consumption rates of 1.25 and 1.5 l/ha when the crop reached the development phase of two triple leaves as opposed to the standard herbicide Galaxy Top in the rate of 1.7 l/ha. It was found that Flex has a high herbicidal activity against all dicotyledonous annual and perennial species of weeds. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) and Asian copperleaf (*Acalypha australis* L.) were highly sensitive to the preparation even in the minimum consumption rate. Especially strong toxic effect of Flex was produced on such weeds in the rosette phase as Asiatic dayflower (*Commelina communis* L.), lamb's quarters (*Chenopodium album* L.), field milk thistle (*Sonchus arvensis* L.), creeping thistle (*Cirsium setosum* (Willd.) Bieb.) and common mugwort (*Artemisia vulgaris* L.). Consistent application of graminicide Fuzilade Forte in the rate of 1.5 l/ha after treatment of soybean crops with herbicide Flex contributed to an almost complete elimination of annual grass weeds. The high biological efficiency of the experimental preparation contributed to a

уничтожению однолетних злаковых сорных растений. Биологическая эффективность опытного препарата способствовала повышению урожайности культуры. В варианте с применением гербицида в минимальной норме 1,25 л/га в 2018 г. достигнута урожайность 0,94 т/га (превышение контроля в 3,3 раза). Наибольшая прибавка урожая семян сои (1,12 т/га в среднем за 2 года) получена в варианте с использованием гербицида Флекс в максимальной норме расхода 1,5 л/га. Применение в посевах сои гербицида Флекс в нормах 1,25 и 1,5 л/га с добавлением препарата Тренд 90 0,2 л/га эффективно очищает посеги сои от двудольных одно- и многолетних видов сорняков (на ранних стадиях развития).

Ключевые слова: соя, сорные растения, гербициды, токсичность, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Соя – одна из самых значимых культур мирового земледелия. Именно она стоит в основе агропродовольственных преобразований современного мира, решая проблему белка для растущего населения планеты. Соя – мощный, ежегодно возобновляемый белково-масличный биоресурс, который при технологически правильном подходе способен ежегодно увеличивать свой потенциал¹.

За счет высокого содержания белка (40–50% и более) и жира (до 15–26%) семена сои широко используют для производства более 300 видов пищевых продуктов, медицинских препаратов, горюче-смазочных и других материалов. Соя служит прекрасной кормовой культурой и хорошим предшественником для других культур, улучшая структуру почвы и обогащая ее азотом [1, 2]. С каждым годом наращивается производство сои и в Российской Федерации, создаются уникальные сорта с урожайностью от 3 до 4 т/га, которые способны вызревать при сумме активных температур 1750–1800° [3].

significant increase in crop yield. In 2018, when it was applied in the minimum rate of 1.25 l/ha, the yield achieved was 0.94 t/ha, exceeding the control value by 3.3 times. The highest yield increase of soybean seeds (1.12 t/ha on average for 2 years) was obtained with the use of herbicide Flex in the maximum consumption rate of 1.5 l/ha. Application of herbicide Flex to soybean crops in the rates of 1.25 and 1.5 l/ha alongside with the preparation Trend 90 in the rate of 0.2 l/ha proved to be highly effective in eliminating annual and perennial dicotyledonous weeds (in early stages of development) from soybean crops.

Keywords: soybean, weeds, herbicides, toxicity, yield

По данным Росстата, посевные площади сои в 2018 г. выросли более чем на 300 тыс. га, до 2,93 млн га². С учетом гибели растений площади к уборке Минсельхоз оценил в 2,77 млн га. Урожай семян сои зависит от целого ряда факторов. Среди причин, ограничивающих реализацию потенциальной продуктивности культуры, важную роль играют вредные организмы: сорняки, болезни и вредители, потери урожая от которых достигают 30–50% [4]. Вред от сорняков первостепенен и очень велик. Они отнимают у культурных растений влагу, питательные вещества, солнечную энергию, способствуют распространению болезней. В отдельные годы на засоренных полях урожайность сои снижалась на 25–30% и более [5, 6]. Одновременно с этим возрастает себестоимость получаемой продукции [7].

Соя, как растение свето- и влаголюбивое, со сравнительно малообъемной корневой системой слабо конкурирует с сорной растительностью на протяжении всей вегетации [8]. А.А. Бабич утверждает, что наличие на

¹Щегорев О.В. Соеводство России, перспективы внедрения наилучших доступных технологий // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы. Сб. науч. статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию образования Всероссийского НИИ сои. 18 апреля 2018 г. Благовещенск: ООО ИПК «ОДЕОН», 2018. С. 100–106.

²Урожайность сои сократилась до прошлогоднего уровня, но валовой сбор все же будет рекордным. URL: <http://grainboard.ru/news/urogaynost-soi-sokratilas-do-proshlogodnego-urovnya-390817> (дата обращения 02.02.2018 г.).

1 м² всего 5 сорняков снижает урожайность сои на 10,7%, увеличение их числа до 10 и 15 шт. – на 26,3 и 31,3% соответственно, до 20 и 50 шт. – на 44,2 и 56,7% [9]. В настоящее время для борьбы с сорняками наиболее широко используют химический метод, как самый рентабельный и один из наиболее эффективных методов защиты [10]. В связи с этим опытное изучение гербицидов с целью последующего внедрения в производство наиболее эффективных и экономически обоснованных препаратов является обязательным элементом совершенствования технологии возделывания сои.

Существующий набор разрешенных для защиты сои гербицидов недостаточно обширен. В настоящее время список гербицидов для послевсходового применения в посевах сои на территории Российской Федерации представлен 99 препаратами на основе 23 действующих веществ³. Необходимо поиск и изучение новых препаратов, обеспечивающих высокоэффективное уничтожение сорной растительности и на основе этого – повышение продуктивности посевов при экономической целесообразности производства сои⁴. В последние годы в хозяйствах возросли объемы применения баковых смесей гербицидов, преимущество которых перед индивидуальным использованием препаратов заключается в расширении спектра подавляемых сорняков [11].

В 2017 и 2018 гг. в Дальневосточном научно-исследовательском институте защиты растений (ДВНИИЗР) проведены регистрационные испытания (регистрант ООО «Сингента») гербицида Флекс, ВР (д.в. фомесафен, 228 г/л), предназначенного для борьбы с одно- и многолетними двудольными сорными растениями в посевах сои.

Цель исследований – оценить биологическую и хозяйственную эффективность герби-

цида Флекс и его безопасность для культуры при послевсходовом применении в посевах сои в условиях юга Дальнего Востока.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на опытных полях ДВНИИЗР. Почва опытного участка лугово-буровая оподзоленная, по механическому составу – средняя глина, содержание гумуса (ГОСТ 26213–91) – 3,8%, подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ 54650–2011) – 16 и 120 мг/кг почвы соответственно; рН_{сол} (ГОСТ 26483–85) – 5,3. Подготовку почвы к посеву проводили согласно агротехнике, принятой в Приморском крае: весенняя вспашка на глубину 18–20 см, культивация и прикатывание в 2017 г., в 2018 г. – две культивации, дискование и боронование^{5,6}. Посев сои сорта Сфера в оба года провели 5–6 июня широкорядным двухстрочным способом (51 × 15 см) с помощью сеялки СЗ-3,6. Площадь опытных делянок 27 м², повторность пятикратная, расположение вариантов рендомизированное. В период вегетации культуры однократно проводили междурядную культивацию за 7–10 дней до нанесения гербицидов. В 2017 г. Флекс применили в норме 1,5 л/га; в 2018 г. – в этой и пониженной (1,25 л/га) нормах с добавлением поверхностно-активных веществ (ПАВ) Тренд 90, Ж (д.в. этоксилят изодецилового спирта, 900 г/л) в норме 0,2 л/га. Эффективность опытного гербицида сравнивали с действием стандарта Галакси Топ, ВК (д.в. бентазон 320 г/л + ацифлуорфен 160 г/л) в норме расхода 1,7 л/га. Гербициды применяли при достижении соей фазы развития два тройчатых листа и высоты 7,0–16,5 см. Через трое суток после использования гербицидов Флекс и Галакси Топ все опытные и половину контрольных делянок (контроль-2) опрыскивали граминицидом Фюзилад Фор-

³Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2018. 816 с.

⁴Рафальский С.В., Мальшев Д.А., Лысенко Н.Н. Эффективность гербицидов в посевах сои // Аграрные проблемы сосеюющих территорий Азиатско-Тихоокеанского региона: Сб. науч. трудов. Благовещенск: ПКИ «Зей», 2011 г. С. 69–74.

⁵Система ведения агропромышленного производства Приморского края. Новосибирск, 2001. 364 с.

⁶Чайка А.К. Адаптивные и прогрессивные технологии возделывания сои и кукурузы на Дальнем Востоке: метод. рекомендации. Владивосток: Дальнаука, 2009. 122 с.

те, КЭ (д.в. флуазифоп-П-бутил, 150 г/л) в норме 1,5 л/га для уничтожения однолетних злаковых сорняков.

Обработку растений гербицидами проводили ручным штанговым опрыскивателем марки ОРШ-2 конструкции ВНИИФ с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га [12].

Исследования выполняли в соответствии с методиками⁷, принятыми в растениеводстве [13].

Регулярно осуществляли наблюдения за ростом и развитием сорных растений и сои. Первично сорняки учитывали перед использованием гербицидов (исходная засоренность). Определяли видовую принадлежность сорных растений, оценивали плотность произрастания и фазу развития каждого вида. Через 31–36 и 62–65 сут после обработки проводили количественно-весовые учеты – подсчитывали количество сорняков по видам и определяли их надземную сырую массу на 4 учетных площадках 0,25 м² на каждой делянке опыта. Перед уборкой на каждой делянке были взяты сноповые образцы с двух площадок по 0,5 м². Урожай сои убирали комбайном Сампо-500 со всей площади делянок с контролем возможных потерь. Об эффективности препаратов судили по степени снижения засоренности культуры и урожаю семян сои на защищенных делянках в сравнении с контрольными данными. Результаты учета урожая обрабатывали на ЭВМ методом дисперсионного анализа⁸.

Метеорологические условия в период проведения исследований характеризовались неравномерным выпадением осадков. Общее количество осадков в июне 2017 и 2018 гг. незначительно отличалось от среднемноголетних данных. Дефицитом влаги в почве отмечен июль, сумма в 2017 и 2018 гг. составила 75,8 и 93,0 мм при норме 143,2 и 147,0 мм соответственно. Август 2017 и 2018 гг. характеризовался обилием дождей,

их количество превысило среднемноголетние показатели в 1,1 и 2,4 раза соответственно. Количество осадков в сентябре 2018 г. превысило норму на 20,1 мм, в 2017 г. в этом же месяце их выпало на 26,6 мм меньше среднемноголетнего значения.

Температурный режим в период от посева до созревания сои в мае и июле 2017 и 2018 гг. превышал норму соответственно на 3,4 и 5,5 °С, 1,7 и 3,8 °С; в июне и августе температура воздуха была на 2,4 и 1,7 °С, 1,6 и 3,0 °С ниже нормы; в сентябре – на уровне среднемноголетнего показателя. В целом в годы исследований сумма осадков и температурный режим были достаточно благоприятны для роста и развития сои.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении опыта в 2017 г. средняя засоренность посева сои перед нанесением гербицидов составила 230 шт. сорных растений/м². Преобладали двудольные однолетние растения – 51% от общего количества; на долю однолетних злаковых сорняков приходилось 33, двудольных многолетних видов – 5 и коммелины обыкновенной – 11%. Опытное поле в основном было засорено характерными для юга Дальнего Востока видами: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – в среднем 82 шт./м², ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) – 48, акалифа южная (*Acalypha australis* L.) – 32, шерстняк мохнатый (*Eriochloa villosa* (Thunb. ex Murray) Kunth) – 27, коммелина обыкновенная (*Commelina communis* L.) – 26 шт./м². Единично (2 шт./м² и менее) встречались марь белая (*Chenopodium album* L.), канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.), сигезбекия пушистая (*Sigesbeckia pubescens* Makino), эльсгольция ложногребенчатая (*Elsholtzia pseudocristata* Levl. Et Vaniot), горец почечуйный (*Persicaria maculosa* S.F. Gray), осот полевой (*Sonchus*

⁷ Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве: монография. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

⁸ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 335 с.

arvensis L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bieb.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), щавельник курчавый (*Rumex crispus* L.) и виды щетинника (*Setaria Beauv.* spp).

При проведении учета через 36 сут после применения опытного и стандартного гербицидов общее количество всех сорняков в первом контрольном варианте составило в среднем 257,4 шт./м², биологическая масса – 3127,4 г/м², в том числе масса однолетних

двудольных – 1637,2 г/м², злаковых – 1200,4, коммелины обыкновенной – 207,2 и многолетних двудольных – 82,6 г/м² (см. табл. 1).

В контроле-2 и в вариантах 3, 4 к этому времени эффективность фоновой обработки граминицидом Фюзилад Форте 1,5 л/га в отношении комплекса однолетних злаковых видов достигла 99% по массе. Гербицид Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га подавил общую массу широколистных сорняков на 97% по сравнению с контролем-2; в том

Табл. 1. Действие гербицидов на засоренность сои при послевсходовом применении, 2017 г.

Table 1. Effect of herbicides on soybean contamination with weeds at post-emergence treatment, 2017

Вариант опыта	Гибель всех сорняков, %		Снижение засоренности, % к контролю ***								Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожая семян, т/га
			Двудольные				Однодольные					
	однолетние		многолетние		однолетние (злаковые)		коммелина обыкновенная					
	количество	масса	количество	масса	количество	масса	количество	масса				
<i>Учет через 36 сут после применения опытных гербицидов и 33 сут после обработки граминицидом</i>												
1. Контроль-1* (без обработки)	257,4	3127,4	120,4	1637,2	5,6	82,6	100,0	1200,4	31,4	207,2		
2. Контроль-2** (обработка граминицидом)	<u>186,0</u> 28	<u>2320,2</u> 26	<u>142</u> +18	<u>2049,3</u> +25	<u>6,0</u> +7	<u>71,4</u> 14	<u>10,5</u> 89	<u>15,1</u> 99	<u>27,5</u> 12	<u>184,4</u> 11		
3.1. Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га ***	74	97	87	99	75	85	–	–	19	76		
3.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
4.1. Галакси Топ 1,7 л/га*** (стандарт)	51	84	66	93	62	99	–	–	+5	6		
4.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
<i>Учет через 62 сут после применения опытных гербицидов и 59 сут после обработки граминицидом</i>												
1. Контроль-1* (без обработки)	228,6	3207,3	120,2	1957,5	3,8	29,2	80,4	1001,9	24,2	218,7	0,37	
2. Контроль-2** (обработка граминицидом)	<u>176,5</u> 23	<u>2422,9</u> 24	<u>133,2</u> +11	<u>2046,2</u> +5	<u>4,0</u> +5	<u>62,0</u> +112	<u>1,8</u> 98	<u>2,3</u> 99	<u>37,5</u> +55	<u>312,4</u> +43	0,44	
3.1. Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га ***	76	97	84	99	87	76	–	–	44	82	1,88	1,44
3.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
4.1. Галакси Топ 1,7 л/га*** (стандарт)	61	85	71	93	75	99	–	–	24	40	1,65	1,21
4.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
НСР ₀₅											0,18	

* В контроле-1 – количество (шт./м²) и сырая масса (г/м²) сорняков.

** В контроле-2 – в числителе – количество (шт./м²) и сырая масса (г/м²) сорняков, знаменателе – процент снижения к контролю-1.

*** В вариантах 3–4 – процент снижения к контролю-2.

числе массу однолетних двудольных сорных растений на 99%, многолетних двудольных видов на 85 и коммелины обыкновенной на 76%. По эффективности гербицидного действия на группу однолетних двудольных видов и коммелину обыкновенную опытный препарат превосходил стандарт Галакси Топ 1,7 л/га. В этот период учета количественная доля амброзии полыннолистной в контроле-1 составила 51% от общего количества широколистных однолетних сорняков, акалифы южной – 47%. Исключительно высокую гербицидную активность (снижение надземной массы на 100%) Флекс проявил против амброзии полыннолистной, масса которой в контроле-1 достигла 98% от общей массы широколистных однолетних сорняков. Флекс также эффективно (на 87%) подавил массу акалифы южной, что было выше действия Галакси Топ 1,7 л/га, и уменьшил массу мари белой на 73% – на уровне эффективности стандарта.

Достаточно эффективно Флекс действовал и на многолетние двудольные сорняки; снижение их массы к первому после обработки учету составило 85%. Многолетние двудольные сорняки в основном были представлены в опыте такими трудноискореняемыми видами, как осот полевой, бодяк щетинистый, полынь обыкновенная и щавельник курчавый. Отмечено, что уровень токсичности опытного и стандартного гербицидов для этих видов определялся главным образом стадией развития растений, подвергнутых обработке. Эффективное действие препараты оказывали на многолетние двудольные растения, которые в момент обработки находились в фазе розетки. В этой фазе наиболее чувствительной к двум гербицидам была полынь обыкновенная, снижение массы которой достигло 84%. Токсическое действие препаратов на растения многолетних видов в фазе стеблевания проявилось в торможении нарастания их надземной массы.

Выявленные тенденции в действии опытного и стандартного препаратов сохранились и через 62 сут после их нанесения. Следует отметить, что при втором после обработки учете выявлено относительное усиление эф-

фективности обоих гербицидов в отношении коммелины обыкновенной и мари белой из-за их усиленного развития и накопления массы в контроле-2.

Эффективное подавление в течение всей вегетации сои одно- и многолетних двудольных сорных растений гербицидом Флекс 1,5 л/га в смеси с ПАВ Тренд 90 0,2 л/га способствовало наиболее значительному повышению урожайности сои – на 1,44 т/га, при урожайности в контроле-2 – 0,44 т/га (см. табл. 1). Прибавка урожая сои в варианте с Галакси Топом 1,7 л/га составила 1,21 т/га.

Высокая биологическая и хозяйственная эффективность гербицида Флекс в норме расхода 1,5 л/га позволила дополнительно включить в схему опыта 2018 г. вариант с его применением в пониженной норме 1,25 л/га с ПАВ Тренд 90 0,2 л/га, также с последующим нанесением граминицида Фюзилад Форте 1,5 л/га. В опыте 2018 г. средняя засоренность посевов сои перед применением гербицидов значительно (в 1,8 раза) превысила данные 2017 г. и составила 404 шт. сорняков/м², из которых 62% от их количества пришлось на долю двудольных однолетних, 32 – однолетних злаковых, 3 – двудольных многолетних видов и 3% – коммелины обыкновенной. В посеве сои доминировали акалифа южная – в среднем 126 шт./м², что было выше показателя 2017 г. в 3,9 раза, амброзия полыннолистная – 121 шт./м² (в 1,5 раза), ежовник обыкновенный – 108 (в 2,3 раза), шерстяк мохнатый – 14, коммелина обыкновенная – 13, осот полевой – 10 (в 24,2 раза), щетинник (виды) – 7 шт./м². Реже, в основном единично (2 шт./м² и менее), встречались марь белая, канатник Теофраста, сизгубекия пушистая, эльсгольция ложногребенчатая, горец почечуйный, гибискус тройчатый, бодяк щетинистый, щавельник курчавый, пырей ползучий.

Общее количество всех сорняков в контроле-1 при учете через 31 сут после обработки в среднем составило 441,5 шт./м², суммарная биологическая масса – 4507,8 г/м², в том числе масса однолетних двудольных растений 2354,7 г/м², злаковых сорняков 1285,0, мно-

голетних двудольных видов 644,7 и коммелины обыкновенной 223,4 г/м² (см. табл. 2). В контроле-2 и опытных вариантах с фоновой обработкой граминицидом Фюзилад Форте 1,5 л/га практически полностью были уничтожены злаковые сорняки. К этому сроку Флекс в нормах расхода 1,25 и 1,5 л/га подавил общую массу широколистных сорняков на 97–98% по сравнению с контролем-2, в том числе массу однолетних двудольных на

99%, многолетних двудольных на 84–94% и коммелины обыкновенной на 84–89%. По степени гербицидного действия на однолетние двудольные сорные виды Флекс был на уровне стандартного варианта Галакси Топ 1,7 л/га и превосходил его по эффективности в отношении двудольных многолетних видов сорных растений и коммелины обыкновенной. Важно, что опытный препарат и в минимальной норме 1,25 л/га продемонст-

Табл. 2. Действие гербицидов на засоренность сои при послевсходовом применении, 2018 г.

Table 2. Effect of herbicides on soybean contamination with weeds at post-emergence treatment, 2018

Вариант опыта	Гибель всех сорняков, %		Снижение засоренности, % к контролю ***								Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожая семян, т/га
			Двудольные				Однодольные					
	однолетние		многолетние		однолетние (злаковые)		коммелина обыкновенная					
	количество	масса	количество	масса	количество	масса	количество	масса	количество	масса		
<i>Учет через 31 сут после применения опытных гербицидов и 27 сут после обработки граминицидом</i>												
1. Контроль-1* (без обработки)	441,5	4507,8	251,2	2354,7	17,0	644,7	157,0	1285,0	16,3	223,4		
2. Контроль-2** (обработка граминицидом)	<u>274,5</u> 38	<u>3123,4</u> 31	<u>246,0</u> 2	<u>2649,2</u> +13	<u>9,0</u> 47	<u>264,9</u> 59	<u>4,0</u> 97	<u>2,0</u> 99	<u>15,5</u> 5	<u>207,3</u> 7		
3.1. Флекс 1,25 л/га + Тренд 90 0,2 л/га ***	83	97	90	99	86	84	–	–	40	84		
3.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
4.1. Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га ***	83	98	89	99	83	94	–	–	31	89		
4.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
5.1. Галакси Топ 1,7 л/га (стандарт) ***	78	96	95	99	67	78	–	–	16	64		
5.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
<i>Учет через 65 сут после применения опытных гербицидов и 61 сут после обработки граминицидом</i>												
1. Контроль-1* (без обработки)	351,3	3950,6	229,0	2468,3	11,0	418,3	93,5	861,3	17,8	202,7	0,11	
2. Контроль-2** (обработка граминицидом)	<u>283,8</u> 19	<u>3721,2</u> 6	<u>259,7</u> +13	<u>3218,4</u> +30	<u>6,3</u> 43	<u>174,0</u> 58	<u>0</u> 100	<u>0</u> 100	<u>17,8</u> 0	<u>328,8</u> +62	0,22	
3.1. Флекс 1,25 л/га + Тренд 90 0,2 л/га ***	88	98	92	99	76	97	–	–	49	92	0,94	0,72
3.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
4.1. Флекс 1,5 л/га + Тренд 90 0,2 л/га ***	88	98	92	99	92	98	–	–	51	91	1,03	0,81
4.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
5.1. Галакси Топ 1,7 л/га*** (стандарт)	85	98	95	99	68	91	–	–	38	72	0,96	0,74
5.2. Фюзилад Форте 1,5 л/га												
НСР ₀₅											0,10	

* В контроле-1 – количество (шт./м²) и сырая масса (г/м²) сорняков.

** В контроле-2 – в числителе – количество (шт./м²) и сырая масса (г/м²) сорняков, знаменателе – процент снижения к контролю-1.

*** В вариантах 3–5 – процент снижения к контролю-2.

рировал высокую эффективность против комплекса одно- и многолетних двудольных видов и коммелины обыкновенной, близкую к уровню его действия в максимальной норме расхода 1,5 л/га.

В этот срок учета засоренность контроле-1 амброзией полыннолистной и акалифой южной достигла 48 и 50% от общего количества широколистных однолетних сорняков соответственно, что было практически на уровне данных соответствующего учета 2017 г. Надземная масса амброзии полыннолистной составила 97% от общей массы широколистных однолетних сорняков в контроле-1. Флекс (1,25 и 1,5 л/га) в смеси с Тренд 90 0,2 л/га обеспечил подавление биомассы амброзии на 99%. Также отмечена его высокая токсичность по отношению к акалифе южной (снижение массы на 89–91%) и мари белой (снижение массы на 90%).

Следует отметить хорошее действие нового гербицида в обеих нормах расхода на многолетние двудольные сорняки, выразившееся в снижении их массы на 84–94%. Наиболее чувствительным к Флексу оказался осот полевой, подавление массы которого достигло 83–99%.

Как и в 2017 г., при последнем учете были получены данные по сравнительной эффективности гербицидов, близкие к результатам первого после обработки учета. Вновь было отмечено относительное усиление действия препаратов на коммелину обыкновенную и марь белую.

В результате надежного контроля гербицидом Флекс 1,25 и 1,5 л/га с добавлением Тренд 90 0,2 л/га засоренности посева сои одно- и многолетними двудольными сорными растениями получена существенная прибавка урожайности сои – 0,72–0,81 т/га при урожайности в контроле-2 – 0,22 т/га.

При проведении визуальных наблюдений в 2017 и 2018 гг., уже через 1–2 сут после нанесения опытного и стандартного препаратов были отмечены видимые признаки повреждения сорных растений, наиболее сильно проявившиеся в вариантах с при-

менением гербицида Флекс в обеих нормах расхода в смеси с Тренд 90. Отмечена полная гибель всходов амброзии полыннолистной, акалифы южной, коммелины обыкновенной, гибискуса тройчатого, а также осота полевого, бодяка щетинистого и щавельника курчавого, попавших под обработку в фазе розетки. У более развитых растений акалифы южной, амброзии полыннолистной, мари белой, коммелины обыкновенной и полыни обыкновенной проявлялись значительные признаки повреждения – отмирание точек роста, засыхание листьев и боковых побегов. У растений осота полевого, находившихся в фазе стеблевания, через 1–2 сут после обработки наблюдалось засыхание краев листовых пластинок и изменение их пигментации (появление красно-бурых, розовых оттенков); у бодяка щетинистого в той же фазе – скручивание и засыхание листьев. Хорошее токсическое действие на сорные растения в виде скручивания и изменения окраски листьев, появления на них бурых пятен (некрозов) отмечено при применении стандарта Галакси Топ 1,7 л/га.

Действие фоновой обработки опытных и контрольных делянок граминицидом Фюзилад Форте 1,5 л/га на злаковые сорняки визуально проявлялось через 3–7 сут в виде осветления (хлороза) листовых пластинок, появления на них некрозов – бурых и серых пятен, засыхании дистальных краев.

В 2017 и 2018 гг. через 1–2 сут после применения опытного и стандартного гербицидов отмечены признаки токсического действия на культурные растения. В вариантах с применением гербицида Флекс 1,25 л/га + Тренд 90 0,2 л/га и стандарта Галакси Топ 1,7 л/га на листьях некоторых растений сои наблюдали ожоги – мелкие бурые и желтые пятна; небольшие повреждения (засыхание) краев первого тройчатого листа, слабо выраженная деформация второго тройчатого листа. С увеличением нормы расхода Флекса до 1,5 л/га частота (количество растений с повреждениями) и степень проявления этих симптомов изменялись незначительно. Во всех вариантах с применением гербицидов Флекс и Галакси Топ не зафиксировано ка-

ких-либо повреждений точек роста у сои. В дальнейшем, по мере роста и развития, опытные растения сои визуально не отличались от контрольных растений.

Анализ сноповых образцов, отобранных в 2017 и 2018 гг., показал, что высота культурных растений на обработанных гербицидом Флекс (1,25 и 1,5 л/га) делянках увеличивалась на 9,3–14,7 см в сравнении с контролем-2. Урожайность сои повышалась за счет увеличения количества бобов (на 7–8 шт.) и семян (на 16–17 шт.) в расчете на одно растение, что было на уровне результатов применения стандарта Галакси Топ 1,7 л/га. Масса семян с одного защищенного растения сои в 4,0–13,9 раза превышала контрольное значение. Применение препарата Флекс способствовало увеличению массы 1000 семян сои до 149–165 г – на 2–4 г больше по сравнению с контролем-2. Энергия прорастания и всхожесть семян сои, собранных с делянок защищенных гербицидами, были на уровне контрольных значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении деляночных опытов в 2017 и 2018 гг. установлено, что в результате послевсходового применения гербицида Флекс как в норме 1,5 л/га, так и в пониженной норме 1,25 л/га с добавлением ПАВ Тренд 90 0,2 л/га, на протяжении всего последующего периода вегетации сои происходит эффективное подавление (снижение надземной биомассы на 76–99%) двудольных одно- и многолетних видов сорных растений, попавших под обработку на ранних фазах развития. Доминирующие в сорном ценозе юга Дальнего Востока амброзия полыннолистная и акалифа южная проявили высокую чувствительность (снижение массы на 83–100%) к новому гербициду. Сильное токсическое действие Флекс также оказывал на коммелину обыкновенную, марь белую, осот полевой, бодяк щетинистый и полынь обыкновенную. Важное условие эффективного применения препарата Флекс для защиты от преобладающих в посевах и/или трудноискореняемых видов сорняков (амброзия полыннолистная, акалифа юж-

ная, коммелина обыкновенная, осот полевой, бодяк щетинистый и др.) – обработка растений в максимально чувствительном к действию гербицида периоде развития (на ранних фазах роста). Сочетание обработки препаратом Флекс с последующим применением граминицида Фюзилад Форте в норме 1,5 л/га способствовало практически полному очищению посевов сои от комплекса широколистных и злаковых сорняков.

Максимальная прибавка урожая семян сои в опытах получена в варианте с использованием гербицида Флекс в максимальной норме расхода – 1,5 л/га, которая в среднем за 2 года составила 1,12 т/га в сравнении с контролем-2 (0,33 т/га). Это свидетельствует о том, что исследования проводились в условиях исключительно высокой вредоносности сорных растений, а также о высокой биологической эффективности нового гербицида и его относительной безопасности для культуры. Прибавка урожая сои в варианте Флекс 1,25 л/га в 2018 г. также была существенна и составила 0,72 т/га.

Таким образом, в условиях юга Дальнего Востока применение в посевах сои гербицида Флекс в нормах 1,25 и 1,5 л/га с добавлением ПАВ Тренд 90 0,2 л/га оказалось высокоэффективным, безопасным для культуры и может стать важным элементом системы химической защиты сои от сорных растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чайка А.К.* Становление и развитие аграрной науки на Дальнем Востоке // Дальневосточная наука – агропромышленному производству региона. Владивосток, 2008. 47 с.
2. *Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Дега Л.А., Чайка Н.В., Капустин Ю.С.* Соя на Дальнем Востоке: монография. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с.
3. *Устюжанин А.П.* Стратегия развития соевого комплекса России // Земледелие. 2010. № 3. С. 4.
4. *Веневцев В.З., Гуреева Е.В., Хромой В.К., Сихарулидзе Г.Д.* Эффективность гербицидов в посевах сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Вестник РАСХН. 2015. № 4. С. 56–57.
5. *Казьмин Г.Т.* Главное средство повышения культуры земледелия // Земля сибирская, дальневосточная. 1969. № 3. С. 12–16.

6. Воложенин А.Г. Сорняки и меры борьбы с ними: монография. Владивосток: Приморское кн. издательство, 1969. 167 с.
7. Дубачинский С.Н. Экономическая оценка применения гербицидов при производстве яровой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 27. С. 150–154.
8. Попова О.В., Рукин В.Ф., Салманова И.А. Для защиты сои Центрального Черноземья // Защита и карантин растений. 2012. № 7. С. 27–31.
9. Бабич А.А. Интегрированная система борьбы с сорняками в посевах сои // Аграрная наука. 1995. № 1. С. 25–26.
10. Васин В.Г. Технологическая оценка зерна и экономическая эффективность применения гербицидов на посевах пшеницы и ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 35. С. 53–56.
11. Салманова И.А. Гербициды на сое // Защита и карантин растений. 2016. № 3. С. 25–26.
12. Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве: монография. М.: Печатный город, 2010. 200 с.
13. Майсуриян Н.А. Растениеводство: монография. М.: Сельхозгиз, 1960. 384 с.
1. Chaika A.K. Stanovlenie i razvitie agrarnoi nauki na Dal'nem Vostoke. [Far Eastern science – agricultural production of the region] *Dal'nevostochnaya nauka – agropromyshlennomu proizvodstvu regiona* [Far Eastern science – agricultural production of the region]. Vladivostok, 2008, 47 p. (In Russian).
2. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Fisenko P.P., Dega L.A., Chaika N.V., Kapustin Yu.S. *Soya na Dal'nem Vostoke* [Soybean in the Far East.]. Vladivostok, Dalnauka, 2010, 435 p. (In Russian).
3. Ustyuzhanin A.P. Strategiya razvitiya soevogo kompleksa Rossii [The development Strategy of soybean industry of Russia]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2010, no. 3. pp. 4. (In Russian).
4. Venetsev V.Z., Gureeva E.V., Khromoi V. K., Sikharulidze G.D. Effektivnost' gerbitsidov v posevakh soi v usloviyakh Tsentral'nogo raiona Nechernozemnoi zony [The Effectiveness of herbicides in soybean crops in the Central non-chernozem zone]. *Vestnik RASKhN* [Bulletin of the RAAS], 2015, no. 4, pp. 56–57. (In Russian).
5. Kaz'min G.T. Glavnoe sredstvo povysheniya kul'tury zemledeliya [The Main means of improving the culture of arable farming]. *Zemlya sibirskaya, dal'nevostochnaya* [The Land of Siberia and Far East.], 1969, no. 3, pp. 12–16. (In Russian).
6. Volozhenin A.G. *Sornyaki i mery bor'by s nimi: monografiya* [Weeds and measures to combat them]. Vladivostok, Primorskoe book publisher, 1969, 167 p. (In Russian).
7. Dubachinskii S.N. Ekonomicheskaya otsenka primeneniya gerbitsidov pri proizvodstve yarovoi pshenitsy [Economic evaluation of the use of herbicides in the production of spring wheat]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2010, no. 27, pp. 150–154. (In Russian).
8. Popova O.V., Rukin V.F., Salmanova I.A. Dlya zashchity soi Tsentral'nogo Chernozem'ya [Soybean protection in the Central chernozem region]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2012, no. 7, pp. 27–31. (In Russian).
9. Babich A.A. Integrirovannaya sistema bor'by s sornyakami v posevakh soi [The integrated system of weed control in soybean crops]. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science], 1995, no. 1, pp. 25–26. (In Russian).
10. Vasin V.G. Tekhnologicheskaya otsenka zerna i ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya gerbitsidov na posevakh pshenitsy i yachmeniya [Technological evaluation of grain and economic efficiency of application of herbicides to crops of wheat and barley]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2012, no. 35. pp. 53–56. (In Russian).
11. Salmanova I.A. Gerbitsidy na soe [Herbicides on soybeans]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2016, no. 3. pp. 25–26. (In Russian).
12. Nikitin N.V., Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. *Nauchno-prakticheskie aspekty tekhnologii primeneniya sovremennykh gerbitsidov v rastenievodstve: monografiya* [Scientific and practical aspects of technology application of modern herbicides in crop production]. Moscow, Print city, 2010, 200 p. (In Russian).
13. Maisuryan N.A. *Rastenievodstvo* [Crop production]. Moscow, Sel'khozgiz, 1960, 384 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Мороховец В.Н.**, кандидат биологических наук, врио директора; **адрес для переписки:** Россия, 692682, Приморский край, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42-а; e-mail: dalniizr@mail.ru

Мороховец Т.В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Штерболова Т.В., научный сотрудник

Басай З.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Баймуханова А.А., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Morokhovets V.N.**, Candidate of Science in Biology, Director; **address:** 42a, Mira st, Kamenny Rybolov, Khankaiskiy District, Primorsky Territory, 692682, Russia; e-mail: dalniizr@mail.ru

Morokhovets T.V., Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Shterbolova T.V., Researcher

Basay Z.V., Candidate of Science in Agriculture, Senior researcher

Baimuhanova A.A., Researcher

Дата поступления статьи 11.02.2019
Received by the editors 11.02.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-3

УДК: 631.53.048

НАКОПЛЕНИЕ САХАРОВ РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА

Аносов С.И., Сурначёв А.С., Мусинов К.К.

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Для цитирования: Аносов С.И., Сурначёв А.С., Мусинов К.К. Накопление сахаров растениями озимой пшеницы в зависимости от сроков посева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 27–33, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-3

For citation: Anosov S.I., Surnachev A.S., Musinov K.K. *Nakoplenie sakharov rasteniyami ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot strokov poseva* [Sugar accumulation in winter wheat crops depending on the sowing dates]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 27–33, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-3

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучено влияние сроков посева на накопление сахаров у различных сортов озимой мягкой пшеницы. Сравнивали менее зимостойкий сорт озимой мягкой пшеницы Новосибирская 2 и более устойчивые – Новосибирская 3, Новосибирская 40, Краснообская озимая. Исследования проведены в 2016–2018 гг. в полевом стационаре в условиях лесостепи Приобья. Предшественник – чистый пар. Сроки посева 20 августа, 1 и 10 сентября. Погодные условия осеннего периода вегетации, во время которого происходит накопление сахаров, существенно различались в зависимости от года изучения и сроков посева. Наиболее теплыми были условия 2018 г., прохладными – 2017 г. Количество накопленных сахаров изменялось в зависимости от условий произрастания и генотипических особенностей сортов. Наибольшее количество сахаров накапливали все сорта на третьем сроке посева, наименьшее – на втором. Пониженные температуры воздуха способствовали увеличению количества сахаров даже при сокращении

SUGAR ACCUMULATION IN WINTER WHEAT CROPS DEPENDING ON THE SOWING DATES

Anosov S.I., Surnachev A.S., Musinov K.K.

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

The object of the research was to study the influence of sowing dates on sugar accumulation in different varieties of soft winter wheat. Less winter-hardy variety of soft winter wheat Novosibirskaya 2 was compared with more winter-hardy ones Novosibirskaya 3, Novosibirskaya 40 and Krasnoobskaya ozimaya. The research was carried out in 2016–2018 in the established experimental plot in the forest-steppe of Priobye, the Ob region. The predecessor was bare fallow. The planting dates were August 20, September 1, September 10. Weather conditions of the autumn growing season, during which the accumulation of sugars occurs, differed significantly depending on the year of study and the sowing dates. The warmest conditions were in 2018, whereas the coolest – in 2017. The amount of accumulated sugars varied depending on the growing conditions and genotypic characteristics of varieties. The highest amount of sugars was accumulated by all varieties during the third term of planting, the lowest amount – during the second term. Lower air temperatures contributed to the increase in the amount of sugars, even when the duration of their accumulation period was shortened, which can be explained by a change in carbohydrate balance in crops when

продолжительности периода их накопления, что объясняется изменением углеводного баланса в растениях, когда накапливается сахаров больше, чем расходуется на дыхание. Генотип растений влияет на особенности их углеводного обмена. У более зимостойких сортов (Новосибирская 40, Новосибирская 3) диапазон изменения количества накопленных сахаров в контрастных условиях ниже (коэффициент вариации 9,1 и 8,7% соответственно). Растения менее зимостойкого сорта Новосибирская 2 показали большее варьирование содержания сахаров в аналогичных условиях (коэффициент вариации 24,7%). Более прохладные условия позднего срока посева способствуют накоплению большего количества сахаров. Сортовые различия также определяют изменения в углеводном балансе.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сахара, срок посева, сумма эффективных температур, углеводный баланс, реакция сортов

ВВЕДЕНИЕ

Зимостойкость озимой пшеницы обуславливается биологическими и наследственными свойствами, а также закаливанием, которое зависит от погодных условий в осенний период [1–3]. Под закаливанием озимых подразумевается их способность подготовиться к неблагоприятным условиям зимнего периода. Теория повышения устойчивости и закаливания зимующих растений к низким температурам была разработана в 30–40-х гг. XX в. [1, 2]. При этом началось применение физиолого-биологических методов изучения процесса закаливания холодом, представляющего собой сложное явление, в процессе которого при пониженных температурах (от 0 до 6 °С) синтезируются и накапливаются сахара, наибольшее количество которых содержится в узлах кущения [4]. Но поскольку характер изменения соотношения сахаров идентичен, то для обобщения можно переносить данные по содержанию сахаров в узлах кущения на все растение [5]. При более низких температурах продуктивность фотосинтеза незначительна, при более высоких повышается интенсивность дыхания растения и увеличивается расход сахаров. Сахара выполняют осморегуляторную, антифризную,

the accumulation of sugars is greater than their consumption for crop respiration. The genotype plays an important role in the carbohydrate metabolism of plants. In more winter-hardy varieties (Novosibirskaya 40, Novosibirskaya 3), the change in the amount of accumulated sugars in contrasting conditions ranged insignificantly (the coefficient of variation was 9.1 and 8.7%, respectively). At the same time, plants of the less winter-hardy variety of Novosibirskaya 2 showed a significantly greater variation in the sugar content under similar conditions (the coefficient of variation 24.7%). Cooler conditions of a later term of sowing contributed to the greatest amount of accumulated sugars. Varietal differences also determined changes in carbohydrate balance.

Keywords: soft winter wheat, sugars, sowing dates, the sum of effective temperatures, carbohydrate balance, reaction of varieties

криопротекторную и антиоксидантную функции [6, 7]. Кроме того, простые углеводы являются основным источником запасных питательных веществ, так как в этот период растения не накапливают сложные углеводы (крахмал). В данном аспекте их защитная функция проявляется в снабжении растений энергией для поддержания процессов жизнедеятельности при отсутствии фотосинтетических процессов во время перезимовки. В частности, одна из причин гибели растений от выпревания – снижение уровня сахаров до 3–5% [8]. Установлена существенная связь между содержанием сахаров и морозостойкостью [9–11]. Содержание сахаров в растениях зависит от их возраста, оно увеличивается от ранних к более поздним срокам посева [12, 13]. Некоторые авторы считают, что молодые растения вследствие непродолжительной осенней вегетации не успевают накопить достаточно высокое количество запасных питательных веществ [14].

Важным вопросом также является реакция различных по зимостойкости сортов озимой пшеницы на условия осеннего периода вегетации. Некоторые исследователи [5, 15] считают, что судить о подготовленности растений к зиме, об уровне их закаливания только по среднему содержанию углеводов не совсем правильно. Более зимостойкие

сорта характеризуются более равномерным, сглаженным вне зависимости от условий прохождения закаливания в различные годы, темпом накопления сахаров.

Цель исследования – изучить влияние сроков посева на накопление сахаров, как одного из важных биохимических показателей, характеризующих степень завершенности физиологических процессов в растениях перед перезимовкой у различных сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Приобья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2016–2018 гг. в полевом стационаре Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН). Предшественник – чистый пар. Посев проводили сеялкой ССФК-7 с нормой высева 6.0 млн всхожих зерен/га. Посев осуществляли: 1-й срок – 20 августа, 2-й и 3-й – 1 и 10 сентября соответственно. Сравнивали разные по зимостойкости сорта озимой мягкой пшеницы: Новосибирская 2 (с наименьшей зимостойкостью среди изучаемого набора образцов); Новосибирская 3, Новосибирская 40, перспективный селекционный номер Краснообская озимая (более зимостойкие). Для определения количества сахаров в узлах кущения отбирали 25 шт. растений после прекращения осенней вегетации. Содержание сахаров (в пересчете на сухое вещество) определяли в лаборатории биохимии и технологии СибНИИРСа. Учеты и наблюдения проводили по соответствующим методикам¹. При расчетах температурных условий использовали данные агрометеорологической станции (АМС) Огурцово, сумму эффективных температур (СЭТ) рассматривали как сумму положительных температур выше 5 °С за период осенней вегетации растений (от всходов до завершения ростовых процессов при устойчивом понижении среднесуточной температуры воздуха ниже 5 °С).

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений / Под редакцией М.А. Федина. М.: МСХ СССР, 1985. 285 с.

Математическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета программ Snedecor.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в годы проведения исследований были несхожими, что повлияло на теплообеспеченность растений по срокам посева (см. рис. 1, 2.) и продолжительность периодов осенней вегетации (см. табл. 1).

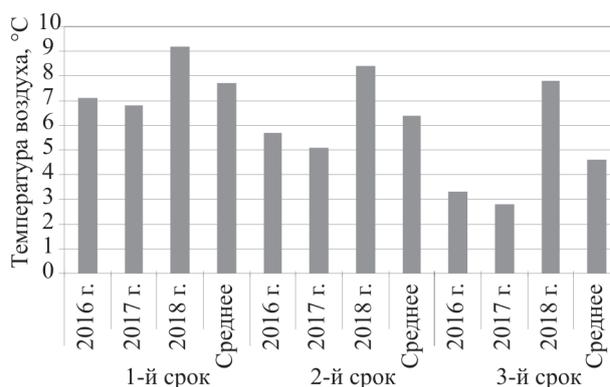


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха
Fig. 1. Average daily air temperature

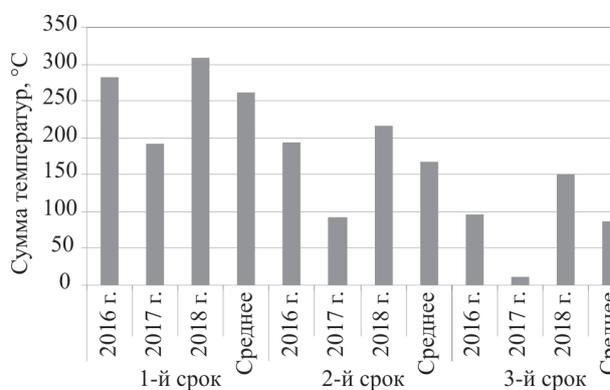


Рис. 2. Сумма эффективных температур
Fig. 2. The sum of effective temperatures

Табл. 1. Продолжительность осенней вегетации, сут

Table 1. Duration of autumn vegetation, days

Год	Срок посева		
	1-й	2-й	3-й
2016	32	23	15
2017	31	19	7
2018	52	40	29
Среднее	38	27	17

Условия произрастания и особенности сортов определили различия в накоплении сахаров растениями (см. рис. 3).

Наибольшее количество сахаров накапливали все сорта на 3-м сроке посева (24 ÷ 28%), наименьшее – на 2-м сроке (19 ÷ 22%). Растения на 1-м сроке посева по содержанию сахаров занимали промежуточное положение (22 ÷ 24%). Это можно связать как с температурными условиями, так и с продолжительностью периодов накопления сахаров (см. рис. 1, 2).

При 1-м сроке посева наблюдали максимальную температуру воздуха 7,9 °С и СЭТ 251 °С (см. табл. 1, рис. 1, 2) и самый продолжительный период осенней вегетации (38 сут), что определило, как можно предположить, высокую активность ростовых процессов и наибольший темп накопления сахаров. При этом даже относительно высокая интенсивность дыхания не могла значительно снизить накопление углеводов.

При 2-м сроке посева интенсивность ростовых процессов снижалась при сокращении продолжительности периода вегетации (до 27 сут). Это меняло углеводный баланс в сторону уменьшения количества сахаров. Низкой среднесуточной температурой воздуха (4,5 °С) и самой малой СЭТ (80 °С) характеризовался 3-й срок посева. Это определило низкий расход сахаров на дыхание и, несмотря на самый короткий период веге-

тации, самое большое количество накопленных сахаров.

Эти предположения хорошо подтверждаются при рассмотрении обеспеченности растений теплом в контрастные годы. В самом холодном 2017 г. накопление сахаров на 1-м и 2-м сроках посева (СЭТ составляла 193 и 95 °С соответственно) было самым низким (16 ÷ 23%), в наиболее теплом 2018 г. (СЭТ от 200 до 300 °С) растения накопили большое количество сахаров и на ранних сроках посева (27%), что может с высокой степенью достоверности подтвердить различия в содержании сахаров изменением баланса их синтеза и расходования в процессе дыхания.

Таким образом, накопление сахаров является одной из ответных реакций растений различных сортов на изменение внешних условий. При этом проявляется важность генотипических особенностей отдельного сорта, которые отражаются в диапазоне изменчивости углеводного баланса. Несмотря на изменение указанного показателя в широких пределах (см. рис. 3), следует отметить, что реакция сортов на внешние условия имеет определенную закономерность. Количество накопленных сахаров у более зимостойких сортов (Новосибирская 3, Новосибирская 40) в контрастных условиях колеблется в меньшей степени (от 19 до 26% у Новосибирская 3 и от 21 до 26% у Новосибирская 40), с коэффициентами вариации 9,1 и 8,7% соответственно (см. табл. 2).

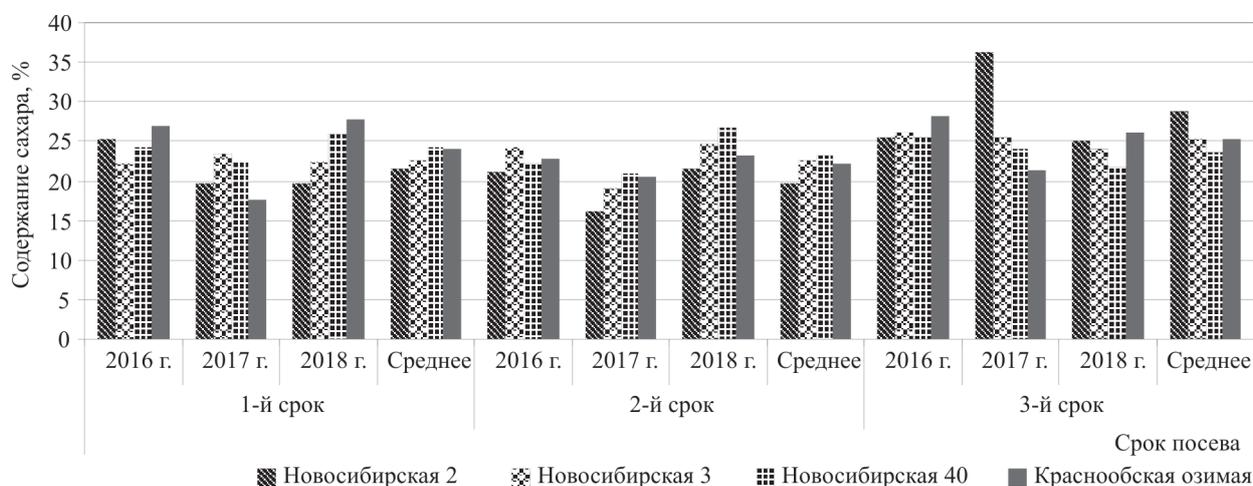


Рис. 3. Содержание сахаров в растениях озимой пшеницы в зависимости от сроков посева

Fig. 3. Sugar content in winter wheat crops, depending on the sowing dates

Табл. 2. Варьирование содержания сахаров (2016–2018 гг.), %

Table 2. Variation of sugar content (2016–2018), %

Сорт	Минимальное	Максимальное	Среднее	Коэффициент вариации
Новосибирская 2	16,2	36,3	23,3	24,7
Новосибирская 3	19,0	26,2	23,5	9,1
Новосибирская 40	20,9	26,7	23,7	8,7
Краснообская озимая	17,6	28,8	23,8	15,3

Наименее зимостойкий среди изучаемых образцов сорт Новосибирская 2 проявил другую реакцию на изменение внешних условий. Содержание сахаров составляло уже от 16 до 36% с коэффициентом вариации 24,7% (см. рис. 1 и табл. 1), хотя среднее содержание сахаров по всем вариантам за все годы исследований было примерно одинаковым и составляло около 23%. При сопоставлении этих фактов можно предположить, что по изменению диапазона величины изучаемого показателя можно судить о степени зимостойкости сортов озимой пшеницы.

ВЫВОДЫ

1. Количество накопленных сахаров в растениях озимой пшеницы тесно связано с температурными условиями осеннего периода вегетации.

2. Наибольшее количество сахаров накапливают растения как на раннем, наиболее теплообеспеченном сроке посева, что связано с высокой активностью ростовых процессов, когда синтез углеводов превышает их расходование на дыхание, так и на позднем сроке посева, когда существенно снижаются расходы углеводов на дыхание и их содержание увеличивается даже несмотря на сокращение периода их накопления.

3. У более зимостойких сортов озимой пшеницы (Новосибирская 40, Новосибирская 3) варьирование содержания сахаров в контрастных условиях меньше, чем у слабозимостойкого сорта Новосибирская 2. В силу этого величина варьирования количества сахаров может служить дополнительной косвенной оценкой селекционного материала на зимостойкость, но это предположение следует подтвердить дальнейшими, более углубленными исследованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Туманов И.И.* Физиологические основы зимостойкости культурных растений: монография. Сельхозгиз. Ленинградское отделение. 1940. 366 с.
2. *Туманов И.И.* Физиология закаливания и морозостойкости растений: монография. М.: Наука. 1979. 350 с.
3. *Дорофеев Н.В., Пешикова А.А., Войников В.К.* Озимая пшеница в Иркутской области: монография. Иркутск: Арт-Пресс, 2003. 175 с.
4. *Борисенков Ю.П., Медведев А.М., Новикова М.В., Гордеева Т.Н.* Зимостойкость и продуктивность озимой пшеницы в условиях Поволжья // Бюллетень ВИР. 1978. Т. 84. С. 37–40.
5. *Сандухадзе Б.И., Рыбакова М.И., Морозова З.А.* Научные основы селекции озимой пшеницы в нечерноземной зоне России: монография. М.: МГИУ, 2003. 426 с.
6. *Бондаренко В.И., Климов А.Н., Гогибидзе К.Д., Ветрогонва К.З.* Зимостойкость, углеводный обмен и продуктивность озимой пшеницы // Бюллетень ВНИИ кукурузы. 1988. № 2. С. 32–36.
7. *Боровик О.А., Грабельных О.И., Королёва Н.А., Побежимова Т.П., Войников В.К.* Связь между активностью альтернативного пути дыхания, содержанием сахаров и морозоустойчивостью озимой пшеницы // Журнал стресс-физиологии и биохимии. 2013. Т. 9. № 4. С. 241–250.
8. *Кружилин А.С., Шведская З.М.* Физиология выпревания озимых в условиях нечерноземья // Бюллетень ВИР им. Н.И. Вавилова. 1980. Т. 119. С. 49–54.
9. *Трунова Т.И.* Сахара как один из факторов, повышающих морозостойкость растений // Известия АН СССР. Серия биологическая. 1972. № 2. С. 185–196.
10. *Карманенко Н.М., Бухарева Н.С.* Влияние условий минерального питания на содержание растворимых углеводов и аминокислот у различных по зимостойкости сортов озимой пшеницы // Труды ВНИИ удобрений и агропочвоведения. 1981. № 60. С. 101–106.
11. *Полтарев Е.М., Золочевская В.Д.* Динамика сахаров у полиплоидных злаков различной зимостойкости в период зимовки // Методы и приемы повышения зимостойкости озимых зерновых культур. М.: Колос. 1975. С. 399–404.

12. Боржковская Г.Д., Усова Т.К. К вопросу о физиолого-биохимических основах зимостойкости озимых // Физиологические основы повышения устойчивости растений и полевой всхожести семян в Сибири. М.: Наука, 1967. С. 3–10.
13. Биглов Т.Т. О закаливании озимых растений в связи с их возрастным состоянием и процессами яровизации // Физиологические основы повышения устойчивости растений и полевой всхожести семян в Сибири. М.: Наука, 1967. С. 21–26.
14. Шевчук О.Г. Оценка различных сортов и гибридов озимой пшеницы в зависимости от сроков посева и норм высева // Вопросы земледелия и растениеводства. Иркутск. 1967. С. 33–35.
15. Торигов В.Е., Мельникова О.В., Богомаз Р.А. Накопление сахаров в узлах кущения сортов озимой пшеницы, урожайность и качество зерна // Нива Поволжья. 2015 № 2. С. 69–73.

REFERENCES

1. Tumanov I.I. *Fiziologicheskiye osnovy zimostoykosti kul'turnykh rasteniy* [Physiological basis of winter hardiness of cultivated plants]. Sel'khozgiz. Leningradskoye otdeleniye [Agriculture. Leningrad branch], 1940, 366 p. (In Russian).
2. Tumanov I.I. *Fiziologiya zakalivaniya i morozostoykosti rasteniy* [Physiology of hardening and frost resistance of plants]. M.: Nauka Publ., 1979, 350 p. (In Russian).
3. Dorofeyev N.V., Peshkova A.A., Voynikov V.K. *Ozimaya pshenitsa v Irkutskoy oblasti* [Winter wheat in Irkutsk region], Irkutsk: Art-Press [Art-Press], 2003, 175 p. (In Russian).
4. Borisenkov YU.P., Medvedev A.M., Novikova M.V., Gordeyeva T.N. *Zimostoykost' i produktivnost' ozimoy pshenitsy v usloviyakh Povolzh'ya* [Winter hardiness and productivity of winter wheat in the Volga region]. *Byulleten' VIR* [Bulletin VIR], 1978, vol. 84, pp. 37–40. (In Russian).
5. Sandukhadze B.I., Rybakova M.I., Morozova Z.A. *Nauchnyye osnovy seleksii ozimoy pshenitsy v nechernozemnoy zone Rossii* [Scientific basis for the selection of winter wheat in the non-chernozem zone of Russia]. M.: MGIU [MGIU], 2003, 426 p. (In Russian).
6. Bondarenko V.I., Klimov A.N., Gogibidze K.D., Vetrogonva K.Z. *Zimostoykost', uglevodnyy obmen i produktivnost' ozimoy pshenitsy* [Winter hardiness, carbohydrate metabolism and winter wheat productivity]. *Byulleten' VNII kukuruzy* [Bulletin of the Research Institute of Maize], 1988, no. 2, pp. 32–36. (In Russian).
7. Borovik O.A., Grabel'nykh O.I., Korolova N.A., Pobezhimova T.P., Voynikov V.K. *Svyaz' mezhdu Aktivnost'yu Al'ternativnogo puti dykhaniya, sodержaniyem sakharov i morozoustoychivost'yu ozimoy pshenitsy* [The relationship between the activity of the alternative path of respiration, sugar content and frost resistance of winter wheat]. *Zhurnal stress-fiziologii i biokhimii* [Journal of Stress Physiology & Biochemistry], 2013, vol. 9, no. 4, pp. 241–250. (In Russian).
8. Kruzhilin A.S., Shvedskaya Z.M. *Fiziologiya vyprevaniya ozimyykh v usloviyakh nechernozem'ya* [Physiology of asphyxiation of winter crops in the conditions of non-chernozem] *Byulleten' VIR* [Bulletin VIR], 1980, vol. 119, pp. 49–54. (In Russian).
9. Trunova T.I. *Sakhara kak odin iz faktorov, povyshayushchikh morozostoykost' rasteniy* [Sugars as one of the factors that increase the frost resistance of plants]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya biologicheskaya* [News of the Academy of Sciences of the USSR. Biological series], 1972, no. 2, pp. 185–196. (In Russian).
10. Karmanenko N.M., Bukhareva N.S. *Vliyaniye usloviy mineral'nogo pitaniya na sodержaniye rastvorimykh uglevodov i aminokislot u razlichnykh po zimostoykosti sortov ozimoy pshenitsy* [Influence of the conditions of mineral nutrition on the content of soluble carbohydrates and amino acids in winter wheat varieties different in winter-hardiness]. *Trudy VNII udobreniy i agropochvovedeniya* [Proceedings of the Institute of Fertilizers and Soil Science], 1981, no. 60, pp. 101–106. (In Russian).
11. Poltarev Ye.M., Zolochevskaya V.D. *Dinamika sakharov u poliploidnykh zlakov razlichnoy zimostoykosti v period zimovki* [Dynamics of sugars in polyploid cereals of various winter hardiness during the wintering period]. *Metody i priyemy povysheniya zimostoykosti ozimyykh zernovykh kul'tur* [Methods and techniques for increasing the winter hardiness of winter cereals]. M.: Kolos Publ., 1975, pp. 399–404. (In Russian).
12. Borzhkovskaya G.D., Uсова Т.К. К вопросу о физиолого-биохимических основах зимостойкости озимых // Физиологические основы повышения устойчивости растений и полевой всхожести семян в Сибири. М.: Наука, 1967. С. 3–10.

- stoykosti ozimykh [On the issue of physiological and biochemical bases of winter-hardiness of winter crops]. *Fiziologicheskiye osnovy povysheniya ustoychivosti rasteniy i polevoy vskhozhesti semyan v Sibiri* [Physiological basis of increasing plant resistance and field germination of seeds in Siberia]. M.: Nauka Publ., 1967, pp. 3–10. (In Russian).
13. Biglov T.T. O zakalivaniy ozimykh rasteniy v svyazi s ikh vozrastnym sostoyaniyem i protsessami yarovizatsii [On hardening of winter plants in connection with their age condition and the process of vernalization]. *Fiziologicheskiye osnovy povysheniya ustoychivosti rasteniy i polevoy vskhozhesti semyan v Sibiri* [Physiological basis for increasing the resistance of plants and field germination of seeds in Siberia]. Nauka Publ., 1967, pp. 21–26. (In Russian).
14. Shevchuk O.G. Otsenka razlichnykh sortov i gibridov ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot srokov poseva i norm vyseva [Evaluation of different varieties and hybrids of winter wheat, depending on the time of sowing and seeding rates]. *Voprosy zemledeliya i rasteniyevodstva* [In collection: Issues of agriculture and plant growing]. Irkutsk, 1967, pp. 33–35. (In Russian).
15. Torikov V.Ye., Mel'nikova O.V., Bogomaz R.A. Nakopleniye sakharov v uzlakh kushcheniya sortov ozimoy pshenitsy, urozhaynost' i kachestvo zerna [Sugar accumulation in tillering nodes of winter wheat varieties, yield and grain quality]. *Niva Povolzh'ya* [Niva Povolzh'ya], 2015, no. 2, pp. 69–73. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Аносов С.И.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. С 100, зд. 21, а/я 375, e-mail: sibniirs@bk.ru

Сурначёв А.С., младший научный сотрудник
Мусинов К.К., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anosov S.I.**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** PO Box 375, building 2, street C 100, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibniirs@bk.ru

Surnachev A.S., Junior Researcher
Musinov K.K., Junior Researcher

Финансовая поддержка

Работа поддержана бюджетным проектом Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, № 0324-2019-0039.

*Дата поступления статьи 06.02.2019
Received by the editors 06.02.2019*

НОВЫЙ РАННЕСПЕЛЫЙ СОРТ КАРТОФЕЛЯ ТРИУМФ

¹Красников С.Н., ²Дергачева Н.В., ²Черемисин А.И., ³Дубинин С.В.

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

²Омский аграрный научный центр

Омск, Россия

³Агрофирма «СеДеК»

Московская обл., г. Домодедово, Россия

Для цитирования: Красников С.Н., Дергачева Н.В., Черемисин А.И., Дубинин С.В. Новый раннеспелый сорт картофеля Триумф // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 34–40, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-4

For citation: Krasnikov S.N., Dergacheva N.V., Cheremisin A.I., Dubinin S.V. Novyi rannespelyi sort kartofelya Triumf [New early-ripening potato variety Triumf]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 34–40, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-4

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты селекционной работы по созданию раннеспелого сорта картофеля Триумф столового назначения с высокой стабильной ранней продуктивностью, комплексом хозяйственно ценных признаков и устойчивостью к наиболее распространенным болезням культуры. Сорт Триумф (гибридный номер 91-08) получен на основе целенаправленного отбора генотипов с использованием метода межсортовой гибридизации в результате скрещивания сортов Невский × Гранат в селекционном питомнике в 2003 г. в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. В родословной имеет виды *S. demissum* и *S. vallis-mexici*. Сортоиспытания (2004–2019 гг.) проведены в различных почвенно-климатических зонах России. Урожайность в конкурсном сортоиспытании в Омской области за 2013–2016 гг. в среднем составила 32,6 т/га, максимальная урожайность 35,8 т/га получена в 2013 г. (на 4,0 т/га выше стандарта Алена). Средняя урожайность в условиях Московской области за 2014–2016 гг. составила 46,6 т/га (превышение над стандартным сортом Удача на 4,9 т/га), урожайность – 48 т/га. В Томской области урожайность в 2018 г. превышала стандартный сорт Антонина на 3,0 т/га. Сорт Триумф обладает устойчивостью к раку картофеля, средней полевой устойчивостью ботвы и клуб-

NEW EARLY-RIPENING POTATO VARIETY TRIUMF

¹Krasnikov S.N., ²Dergacheva N.V.,

²Cheremisin A.I., ³Dubinin S.V.

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

Tomsk, Russia

²Omsk Agrarian Scientific Center

Omsk, Russia

³Agricultural Firm SeDeK

Domodedovo, Moscow Region, Russia

The results of breeding work on the creation of an early-ripening potato variety Triumf for human consumption are presented. This variety is characterized by high stable early productivity, a complex of economically valuable traits and resistance to the most common diseases. Variety Triumf (hybrid number 91-08) was obtained on the basis of the targeted selection of genotypes using the intervarietal hybridization method as a result of crossing Nevskiy and Granat varieties in a breeding nursery in 2003 in the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia. Its parentage includes species *S. demissum* and *S. vallis-mexici*. Variety testing (2004–2019) was carried out in various soil and climatic zones of Russia. In competitive variety testing in Omsk region in 2013–2016, productivity amounted to 32.6 t/ha on average, the maximum yield 35.8 t/ha was obtained in 2013 (4.0 t/ha higher than the standard variety Alyona). In the conditions of Moscow region in 2014–2016, the average yield amounted to 46.6 t/ha (4.9 t/ha higher than the standard variety Udacha), the maximum yield – 48 t/ha. In Tomsk region, the yield exceeded the standard variety Antonina by 3.0 t/ha in 2018. Variety Triumf is resistant to potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*), its foliage and tubers

ней к фитофторозу, повышенной устойчивостью к парше обыкновенной и ризоктониозу, к основным наиболее распространенным вирусным болезням в условиях лесостепной и подтаежной зон Западной Сибири и черноземной зоны европейской части России. В 2019 г. раннеспелый столовый сорт Триумф включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Центральному, Центрально-Черноземному регионам.

Ключевые слова: селекция, картофель, сорт, раннеспелость, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Картофель – важнейшая сельскохозяйственная культура, которая характеризуется большой адаптивностью, пластичностью и потенциальной продуктивностью. Возделывается в 130 странах мира, для России является стратегическим продуктом. Это одна из наиболее поражаемых болезнями и вредителями культура [1].

Решение задач продовольственной безопасности и обеспечение необходимого уровня жизни населения Российской Федерации требует активного освоения и последующего развития современных технологий в сельском хозяйстве, в том числе в селекции и семеноводстве картофеля – одной из основных сельскохозяйственных культур в нашей стране [2].

Наряду с формированием важных для потребителя хозяйственно ценных качеств картофеля (морфологических признаков клубня, кулинарного типа использования продукта, питательной ценности и др.) актуальным и стратегическим направлением селекции является создание скороспелых сортов с периодом вегетации 80–90 дней [3].

Хозяйственная скороспелость – одно из приоритетных требований к сортам картофеля в Западной Сибири [4, 5]. Нередко раннеспелые формы имеют преимущество в урожайности, особенно в острозасушливые годы [6]. Раннеспелые сорта успевают сформировать урожай до массового развития заболеваний, на их возделывание требуется меньше средств защиты [7].

are characterized by medium field resistance to late blight disease, increased resistance to common scab and black scab (*Rhizoctonia solani*), the main most common viral diseases in the forest-steppe and subtaiga zones of Western Siberia and chernozem zone of the European part of Russia. In 2019, the early-ripening variety Triumf for human consumption was included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in the Central and Central-chernozem regions.

Keywords: breeding, potatoes, variety, early-ripening, yield

В настоящее время в Западно-Сибирском регионе возделывается более 20 раннеспелых сортов, наиболее популярными сортами сибирской селекции являются Алена, Приобский, Антонина, Юбиляр, Саровский, Любава, также сорта, созданные в других регионах: Жуковский ранний, Розара, Гала, Каратоп, Розалинд, Эволюшен и др.

Как показывают исследования и практика, сорта отечественной селекции лучше приспособлены к биотическим и абиотическим факторам региона возделывания и их выращивание в условиях Сибири экономически оправдано [8, 9].

Раннеспелые сорта картофеля отличаются набором морфологических, физиологических, биологических и хозяйственных признаков, основным из которых можно считать ускоренное прохождение фаз развития, приводящее к формированию раннего хозяйственного урожая, что особенно характерно для условий длинного дня [10].

Наряду с множеством биологических показателей скороспелости картофеля основным критерием достоверной идентификации раннеспелого генотипа является уровень его продуктивности при ранних сроках уборки [11].

Выведение раннеспелых сортов связано с определенными трудностями: ряд хозяйственно ценных признаков отрицательно коррелирует с раннеспелостью; ранние формы растений обладают меньшей жизнеспособностью, пониженной энергией цветения и фертильностью, что затрудняет проведение гибридизации; полигенный характер насле-

дования раннеспелости требует большого количества селекционного материала для отбора; затруднена точная и быстрая идентификация раннеспелых форм [12, 13].

Цель исследований – создать раннеспелый сорт картофеля столового назначения, обладающий комплексом хозяйственно ценных признаков, стабильной урожайностью, устойчивостью к наиболее распространенным болезням культуры. Авторы ставят задачей оценить потенциал нового раннеспелого столового сорта Триумф в различных почвенно-климатических условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа по созданию сортов картофеля проведена в селекционных питомниках, расположенных в орошаемом севообороте опытно-производственного хозяйства «Омское» в Омской области. Предшественник – зерновые культуры. Технология выращивания картофеля общепринятая для зоны: весенняя вспашка, предпосадочное фрезерование почвы, нарезка гребней, посадка 4-рядной клоновой сажалкой, уборка питомника конкурсного сортоиспытания (КСИ) двухрядной копалкой, уборка остальных питомников однорядным копателем. Во время вегетации обработка посевов гербицидами, инсектицидами, сжигание ботвы перед скашиванием. Для проведения учетов, наблюдений, анализов использовались методические рекомендации Всероссийского научно-исследовательского института картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха¹. Выращивание и отбор гибридов на ранних этапах проводятся по малозатратной технологии, разработанной в отделе картофеля Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (СибНИИСХ) [4]. Основным методом создания сорта – межсортовая гибридизация с учетом родословных исходных форм с последующим отбором.

Изучение проводилось по признакам: продуктивность, вкусовые и товарные качества (крупность, оценка клубней, глубина

глазков, дефекты формы), содержание крахмала, отмечались основные морфологические признаки и др. Продуктивность образцов определяли весовым методом, содержание крахмала – по удельному весу; оценка устойчивости к болезням проводилась визуально на естественном инфекционном фоне по 9-балльной шкале оценок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В СибНИИСХе, в настоящее время Омском аграрном научном центре (Омский АНЦ), создано 6 раннеспелых сортов, которые включены в Государственный реестр селекционных достижений, в 1950–2018 гг.: Сибиряк, Седов, Северянин, Омский ранний, Ермак улучшенный, в 2000 г. районирован раннеспелый столовый сорт Алена, который в настоящее время рекомендован для выращивания в пяти регионах Российской Федерации. Сорт получен в результате скрещивания раннеспелого гибрида 609-81 с украинским сортом Зарево, имеющим в родословной три диких вида: *S. demissum*, *S. andigenum*, *S. leptostigma* [14].

Необходимо отметить, что при создании всех перечисленных выше сортов в качестве материнской формы использовались раннеспелые сорта, в качестве отцовской – сорта среднеспелой либо среднепоздней групп для объединения раннеспелости и полезных качеств более позднеспелых сортов.

Поиск источников раннеспелости и идентификация раннеспелых генотипов в селекционной работе проводится на постоянной основе. В результате изучения коллекции сортов картофеля отдела картофеля Омского АНЦ выявлены источники раннеспелости, которые целесообразно использовать в селекции: Розара, Эволюшен, Алена, Любава, Лилея, Метеор и др. [15].

По результатам оценки исходных родительских форм, подбора комбинаций скрещивания с учетом разработанного в лаборатории алгоритма [4, 12], на основании оценки потомства и комплексного изучения

¹ Симаков А.А., Склярова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля // РАСХН, Всероссийский НИИ картоф. хоз-ва. М.: ООО Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК». 2006. 71 с.

селекционного материала, испытаний в различных экологических зонах создан новый столовый сорт Триумф (гибридный номер 91-08).

Сорт получен при межсортовой гибридизации из комбинации Невский × Гранат (скрещивание 2003 г.). В качестве материнской формы использован среднеранний пластичный сорт Невский, в родословной которого имеются виды *S. demissum* и *S. vallis-mexici*. Основанием для включения в гибридизацию послужили положительные качества этого сорта: широкая генетическая основа, пластичность, высокая потенциальная урожайность и товарность клубней, мелкие глазки, правильная форма клубней.

Сеянцы выращивали в 2004 г., первое, второе и третье клубневые поколения в 2005–2007 гг. Предварительное сортоиспытание проходило в 2008 г., в КСИ в СибНИИСХе сорт изучали с 2009 по 2011 г. С 2012 г. он передан для экологического сортоиспытания в агрофирму «СеДеК», расположенную в Центральном регионе Российской Федерации.

Средняя урожайность при сортоиспытании в условиях Московской области за 2014–2016 гг. составила 46,6 т/га, с превышением над стандартным сортом Удача на 4,9 т/га. Максимальная урожайность 48 т/га получена в 2013 г.

Урожайность в конкурсном сортоиспытании в условиях лесостепной зоны Западной Сибири за 2013–2016 гг. в среднем составила 32,6 т/га, максимальная урожайность 35,8 т/га была получена в 2013 г., что на 4,0 т/га выше стандарта Алена (см. табл. 1). Содержание крахмала в среднем за 8 лет изучения составило 14,3%. Сорт имеет низкое содержание редуцирующих сахаров (0,09 мг%). Содержание витамина С в клубнях среднее и составляет 14–18 мг%. Вкусовые качества хорошие, рассыпчатость средняя. Мякоть слабо темнеет после варки. Данные по устойчивости (по 9-балльной шкале оценок) к парше обыкновенной, ризоктониозу; альтернариозу, фитофторозу ботвы приведены в табл. 1.

Табл. 1. Характеристика сорта Триумф (КСИ СибНИИСХ, 2013–2016 гг.)

Table 1. Characteristics of variety Triumph (competitive variety testing, Siberian Research Institute of Agriculture, 2013–2016)

Сорт	Урожай, т/га	Содержание крахмала, %	Устойчивость к болезням, балл			
			фитофтороз	альтернариоз	парша	ризоктониоз
Триумф	32,6	14,3	6,3	6,5	7	7,2
Алена (стандарт)	28,6	16,6	4	5	5,5	6,0
НСР ₀₅	3,2					

По данным Нарымского государственного сортоиспытательного участка (ГСУ) в Томской области в раннюю копку (на 67-й день после посадки) в 2018 г. урожайность сорта Триумф превышала стандартный сорт Антонина на 3,0 т/га (см. табл. 2).

По результатам испытания на Томской государственной сортоиспытательной станции (ГСС) во время уборки превышение урожайности над стандартным сортом Антонина составило 4,3 т/га.

Содержание крахмала составило в условиях подтаежной зоны 12,7%, вкус 4,0 балла. Поражения паршой и ризоктониозом не отмечено (см. табл. 3), приведенные данные получены по результатам уборки.

Основные морфологические признаки сорта Триумф: окраска кожуры, мякоти клубней, венчика цветка белая, форма клуб-

Табл. 2. Хозяйственно-биологические показатели сорта картофеля Триумф (Нарымский ГСУ, 2018 г.)

Table 2. Economic and biological parameters of potato variety Triumph (on the state variety testing plot Narymskiy, 2018)

Сорт	Урожай, т/га	Товарность, %	Средняя масса клубня, г	Крахмалистость, %	Дней от всходов до уборки
Антонина (стандарт)	6,6	69	59	13,7	66
Любава (стандарт)	6,0	80	68	13,9	64
Триумф	9,6	88	73	12,0	67
НСР ₀₅	0,5				

Табл. 3. Столовые качества и устойчивость сорта картофеля Триумф к болезням (Нарымский ГСУ, 2018 г.)

Table 3. Table qualities and resistance to diseases of potato variety Triumph (on the state variety testing plot Narymskiy, 2018)

Сорт	Вкус, балл (1–5)	Крахмалистость, %	Дней от всходов до уборки	Пораженность клубней, %	
				паршой обыкновенной	ризиктониозом
Антонина (стандарт)	4,3	14,9	89	0	0
Любава (стандарт)	3,4	13,9	89	40	30
Триумф	4,0	12,7	91	0	0

ней округло-овальная, слабосетчатая кожура. Куст высокий, хорошо облиственный, край листовой пластинки слабоволнистый.

Сорт Триумф обладает устойчивостью к раку картофеля, средней полевой устойчивостью ботвы и клубней к фитофторозу, повышенной устойчивостью к парше обыкновенной и ризиктониозу, также к основным наиболее распространенным вирусным болезням в условиях лесостепной зоны Западной Сибири и черноземной зоны европейской части России. Триумф оздоровлен методами биотехнологии, первичное семеноводство проведено с использованием культуры *in vitro* в агрофирме «СеДеК» и Омском АНЦ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективный раннеспелый столовый сорт Триумф получен в результате межсортовой гибридизации. Сорт обладает высокой стабильной ранней продуктивностью, комплексом хозяйственно ценных признаков и устойчивостью к основным болезням в условиях различных почвенно-климатических зон. В 2019 г. раннеспелый столовый сорт Триумф включен в Государственный реестр селекционных достижений по Центральному, Центрально-Черноземному регионам [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайнакова А.Б., Романова М.С., Красников С.Н., Литвинчук О.В., Алексеев Я.И.,

Никулин А.В., Терентьева Е.В. Исследование коллекционных образцов картофеля на наличие генетических маркеров устойчивости к фитопатогенам // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 1. С. 18–24. DOI: 10.18699/vj18.326

2. Журавлёва Е.В., Букаева Н.М., Филичук А.А. Создание новых отечественных сортов картофеля на основе современных генетических технологий и методов селекции // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 92–94.
3. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Филиппова Г.И. Стратегия развития селекции и семеноводства картофеля до 2020 года // Картофель и овощи. 2010. № 8. С. 2–4.
4. Дорожкин Б.Н. Селекция картофеля в Западной Сибири: монография. РАСХН. Сибирское отделение, СибНИИСХ. Омск, 2004, 272 с.
5. Челнокова В.В., Нелюбина Н.А., Евдокимова З.З. Исследования устойчивости сортов картофеля к стрессорам в условиях Крайнего Севера: монография. М., 2018. Т. 1. 499 с.
6. Красников С.Н., Дергачева Н.В. Сорт картофеля Саровский в условиях Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 1 (254). С. 44–49.
7. Евдокимова З.З., Калашиник М.В., Котова З.П., Челнокова В.В. Инновации в создании скороспелых сортов картофеля для условий Северо-Запада и Европейского Севера РФ: монография. М., 2018. Т. I. 499 с.
8. Логинов Ю.П., Казак А.А., Якубышина Л.И. Урожайность и качество клубней раннеспелых сортов картофеля отечественной селекции в северной лесостепи Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2017. № 12 (72). С. 93–102.
9. Логинов Ю.П., Казак А.А., Хайруллина З.А. Урожайность раннеспелых сортов картофеля при раннем сроке посадки в северной лесостепи Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2017. № 4 (64). С. 35–39.
10. Казак А.А., Логинов Ю.П. Влияние эколого-географических условий на урожайность и качество семенных клубней раннеспелых сортов картофеля // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 121–126.

11. Мингалёв С.К. Реакция различных сортов картофеля на сроки посадки в Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 47–51.
12. Дорожкин Б.Н., Дергачева Н.В. Селекция картофеля в Западной Сибири: принципы, методы, генетические источники: монография. Издательство LAP Lambert Academic Publishing GmbH Co. KG, Саарбрукен, Германия. 2012. 172 с.
13. Дорожкин Б.Н., Дергачева Н.В. Селекция картофеля в СибНИИСХ: проблемы, методы, результаты // Вестник ВОГиС. 2005. Т. 9. № 3. С. 390–393.
14. Костина Л.И., Косарева О.С. Сорта картофеля для селекции на хозяйственно ценные признаки // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. № 1. С. 59–67. DOI: 10.30901/2227-8834
15. Черемисин А.И., Дергачева Н.В. Характеристика коллекции сортов картофеля по раннеспелости в условиях лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 35–37.
4. Dorozhkin B.N. *Seleksiya kartofelya v Zapadnoi Sibiri* [Breeding of potatoes in Western Siberia] RASHN. Sib. otd-nie, SibNIISH Publ., Omsk, 2004. 272 p. (In Russian).
5. Chelnokova V.V., Nelyubina N.A., Evdokimova Z.Z. *Issledovaniya ustoychivosti sortov kartofelya k stressoram v usloviyakh Krainego Severa* [The research into resistance of potato varieties to stressors in the conditions of Far North]. M., 2018, vol. 1, 499 p. (In Russian).
6. Krasnikov S.N., Dergacheva N.V. Sort kartofelya Sarovskii v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Potato variety Sarovsky in the conditions of Western Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science]. 2017, vol. 47, no. 1 (254), pp. 44–49. (In Russian).
7. Evdokimova Z.Z., Kalashnik M.V., Kotova Z.P. *Innovatsii v sozdanii skorospelykh sortov kartofelya dlya uslovii Severo-Zapada i Evropeiskogo Severa RF* [Innovations in creation of early potato varieties for the conditions of the Northwest and European North of the Russian Federation], M., 2018, vol. I, 499 p. (In Russian).

REFERENCES

1. Sainakova A.B., Romanova M.S., Krasnikov S.N., Litvinchuk O.V., Alekseev YA.I., Nikulin A.V., Terentyeva E.V. Issledovanie kolleksiionnykh obraztsov kartofelya na nalichie geneticheskikh markerov ustoychivosti k fitopatogenam. [Testing potato collection samples for the presence of genes for resistance to phytopathogens by means of DNA markers] *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2018, vol. 22, no. 1, pp. 18–24. <https://doi.org/10.18699/vj18.326>. (In Russian). DOI: 10.18699/vj18.326
2. Zhuravleva E.V., Bukaeva N.M., Filipchuk A.A. Sozdanie novykh otechestvennykh sortov kartofelya na osnove sovremennykh geneticheskikh tekhnologii i metodov seleksii [Development of new domestic potato varieties on the basis of modern genetic technologies and breeding methods]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no. 3, pp. 92–94. (In Russian).
3. Simakov E.A., Anisimov B.V., Filippova G.I. Strategiya razvitiya seleksii i semenovodstva kartofelya do 2020 goda [Strategy of development of potato selection and seed growing till 2020]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and Vegetables], 2010, no. 8, pp. 2–4. (In Russian).
8. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yakubyshina L.I. Urozhainost' i kachestvo klubnei rannespelykh sortov kartofelya otechestvennoi seleksii v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [Productivity and tubers quality of early potato varieties of domestic selection in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agrofood policy in Russia], 2017, no. 12 (72), pp. 93–102. (In Russian).
9. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Khairullina Z.A. Urozhainost' rannespelykh sortov kartofelya pri rannem sroke posadki v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [Yield of early potato varieties during an early term of planting in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agrofood policy in Russia 2017, no. 4 (64), pp. 35–39. (In Russian).
10. Kazak A.A., Loginov Yu.P. Vliyanie ekologo-geograficheskikh uslovii na urozhainost' i kachestvo semennykh klubnei rannespelykh sortov kartofelya [Influence of ecological and geographical conditions on productivity and quality seed tubers of early potato varieties] *Vestnik Kurskoi gosudarstven-*

- noi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], 2018, no. 9, pp. 121–126. (In Russian).
11. Mingalev S.K. Reaktsiya razlichnykh sortov kartofelya na sroki posadki v Sverdlovskoi oblasti [Reaction of different varieties of potatoes on the terms of planting in Sverdlovsk region]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2016, no. 2 (144), pp. 47–51. (In Russian).
 12. Dorozhkin B.N., Dergacheva N.V. *Selektsiya kartofelya v Zapadnoi Sibiri: printsipy, metody, geneticheskie istochniki* [Potato breeding in Western Siberia: principles, methods, genetic sources]. LAP Lambert Academic Publishing GmbH Co. KG, Saarbrücken, Germaniya, 2012, 172 p. (In Russian).
 13. Dorozhkin B.N., Dergacheva N.V. Selektsiya kartofelya v SibNIISH: problemy, metody, rezul'taty [Potato breeding in Siberian Research Institute of Agriculture: problems, methods, results] *Vestnik VOGiS*, 2005, vol. 9, no. 3, pp. 390–393. (In Russian).
 14. Kostina L.I., Kosareva O.S. Corta kartofelya dlya selektsii na khozyaistvenno-tsennyye priznaki [Potato varieties for selection on economic and valuable traits] *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 2015, vol. 176, no. 1, pp. 59–67. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834
 15. Cheremisin A.I., Dergacheva N.V. Kharakteristika kolleksii sortov kartofelya po rannespelosti v usloviyakh lesostepi Zapadnoi Sibiri [The characteristic of potato collection varieties on earliness in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2016, vol. 30, no. 10, pp. 35–37. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Красников С.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 634050, г. Томск, ул. Гагарина, 3; e-mail: krasnikov56@mail.ru

Дергачева Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Селекция и семеноводство», заведующая лабораторией селекции картофеля, ведущий научный сотрудник; e-mail: dbor@bk.ru

Черемисин А.И., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Селекция и семеноводство», заведующий отделом картофеля, ведущий научный сотрудник; e-mail: biocentr@bk.ru

Дубинин С.В., генеральный директор; e-mail: shop@sedek.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Krasnikov S.N.**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 3, Gagarina str., Tomsk, 634050, Russia; e-mail: krasnikov56@mail.ru

Dergacheva N.V., Candidate of Science in Agriculture, Assistant Professor on specialty «Breeding and seed growing», Head of potato breeding laboratory, Lead Researcher; e-mail: dbor@bk.ru

Cheremisin A.I., Candidate of Science in Agriculture, Assistant Professor on specialty «Seed growing», Head of Potato Department, Lead Researcher; e-mail: biocentr@bk.ru

Dubinin S.V., General Director; e-mail: shop@sedek.ru

*Дата поступления статьи 04.02.2019
Received by the editors 04.02.2019*



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-5

УДК: 633.13:631.52

РАПС ЯРОВОЙ В ОДНОВИДОВЫХ И ПОЛИВИДОВЫХ ПОСЕВАХ С МЯТЛИКОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., 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

Для цитирования: Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Рапс яровой в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 41–48, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-5

For citation: Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Raps yarovoi v odnovidovykh i polividovykh posevakh s myatlikovymi kul'turami v usloviyakh Zabaikal'ya [Spring rape in single- and multi-crop sowings with poaceous crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 41–48, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-5

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучена продуктивность и питательная ценность мятликовых культур в одновидовых и поливидовых посевах с рапсом яровым. Полевые и лабораторные исследования проведены в 2012–2014 гг. на лугово-черноземной мучнисто-карбонатной почве в лесостепной зоне Забайкалья. Агротехника возделывания кормовых культур общепринятая в зоне. В качестве объектов исследований использованы районированные сорта: овес Метис, рожь яровая Онохойская, тритикале яровая Укро, рапс яровой Шпат. Экспериментальная работа проведена в соответствии с общепринятыми методическими указаниями по полевым опытам. Дана оценка мятликовым культурам и рапсу яровому по адаптивности к условиям выращивания, показаны их хозяйственно ценные признаки. Установлена возможность повышения продуктивности и питательной ценности кормовых агроценозов путем использования рапса ярового в поливидовых посевах с мятликовыми культурами. В поливидовых агроценозах увеличивается урожайность и улучшается качество кормового сырья. Наилучшие результа-

SPRING RAPE IN SINGLE- AND MULTI-CROP SOWINGS WITH POACEOUS CROPS

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

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

Productivity and nutritional value of poaceous crops sown as a single crop and intercropped with spring rape have been studied. Field and laboratory studies were conducted in 2012–2014 on meadow chernozem mealy-carbonate soil in the forest-steppe zone of Trans-Baikal Territory. Agricultural technology used for fodder crop cultivation was common for this area. The objects of the research were the following recognized varieties: oats Metis, spring rye Onokhoiskaya, spring triticale Uкро, spring rape Shpat. The experimental work was carried out in accordance with the generally accepted guidelines for field experiments. Poaceous crops and spring rape were assessed in terms of their adaptability to growing conditions and their economically valuable characteristics were shown. The possibility of increasing the productivity and nutritional value of fodder agrocenoses by intercropping spring rape with poaceous crops was established. In multi-crop agrocenoses, the yield increased and the quality of feed raw material improved. The best results of

ты агроценозов в поливидовых посевах обеспечили тритикале яровая с рапсом яровым и овес с рапсом яровым: урожайность зеленой массы составила 22,1–23,5 т/га, количество сухого вещества 5,09–5,19, кормовых единиц 3,65–3,83 т/га, переваримого протеина 598,6–654,9 кг/га, валовой энергии 54,0–55,5 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 164–171 г. Поливидовые посева тритикале яровой и овса с рапсом яровым увеличили продуктивность в сравнении с одновидовыми посевами мятликовых агроценозов по сбору кормовых единиц в 1,1–1,9 раза, переваримому протеину 1,8–3,6, валовой энергии в 1,3–2,6 раза при содержании в одном килограмме сухого вещества 10,6–10,7 МДж обменной энергии.

Ключевые слова: рапс яровой, овес, рожь яровая, тритикале яровая, одновидовые посева, поливидовые посева, продуктивность, питательность корма

ВВЕДЕНИЕ

Одна из важнейших задач развития животноводства Забайкальского края – организация полноценного кормления животных. Недостаток в рационах обменной энергии, белка, сахара, жира, микроэлементов ведет к недоиспользованию генетического потенциала животных на 30–50%, увеличению неэффективных затрат кормовых ресурсов и удорожанию стоимости продукции в 1,4 раза^{1,2} [1]. Поэтому важнейшей проблемой сельскохозяйственных производителей Забайкальского края является увеличение производства всех видов кормов, повышение их качества и энергонасыщенности. Корма играют решающую роль не только как основной источник продуктивности животных, но и в значительной степени характеризуют эффективность производства отрасли, так как более 50% затрат приходится именно на кормление [2, 3]. Расширение видового состава адаптированных к биоклиматическим ресурсам зоны сортов, в том числе внедрение

аgrocenoses in multi-crop sowings were achieved by spring triticale intercropped with spring rape and oats intercropped with spring rape: the yield of green mass was 22.1–23.5 t/ha, the amount of dry matter 5.09–5.19, feed units 3.65–3.83 t/ha, digestible protein 598.6–654.9 kg/ha, gross energy 54.0–55.5 GJ/ha, availability of digestible protein 164–171 g per feed unit. In terms of productivity, spring triticale and oats intercropped with spring rape surpassed single-crop poaceous agrocenoses by the following parameters: feed units by 1.1–1.9 times, digestible protein by 1.8–3.6 times, gross energy by 1.3–2.6 times, with 10.6–10.7 MJ of dry matter in one kilogram of exchangeable energy.

Keywords: spring rape, oats, spring rye, spring triticale, single-crop sowings, multi-crop sowings, productivity, nutritional value of food

в кормовой клин тритикале яровой, ржи яровой, овса, рапса ярового и других, является резервом для получения энергонасыщенных кормов.

Большое значение в кормопроизводстве региона имеет ценная традиционная мятликовая культура – овес разнообразного использования: на зеленый корм, сено, сенажную массу, зерносенаж, зернофураж, силос. В 100 кг зеленой массы овса в чистом виде содержится 16,8 кормовых единиц (к.ед.), 2,5 кг переваримого протеина и сравнительно выше содержание кальция (0,123%) и фосфора (0,065%). В 1 кг зерна овса содержится 0,94–0,96 к.ед. и 88–97 г переваримого протеина. Эта культура отличается высокой пластичностью и возделывается во всех почвенно-климатических зонах края [1].

В кормопроизводстве Забайкалья все шире возделывается яровая рожь – засухоустойчивая, малотребовательная к почвам культура, имеющая мощную корневую систему и обладающая повышенной способностью к использованию труднодоступных

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: Материалы научно-практической конференции (Чита, 16–17 октября 2008 г.) / ЗабАИ ИрГСХА. Чита, 2009. С. 36–39.

²Андреева О.Т. Современное состояние и перспективные направления развития кормопроизводства Забайкальского края // Современное состояние и стратегия развития кормопроизводства в XXI веке: Материалы конференции (Новосибирск, 9–12 июля 2012 г.) / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. Новосибирск, 2012. С. 41–48.

для других культур соединений питательных веществ [4]. Вегетативная масса яровой ржи является хорошим источником зеленого корма. В фазе выхода в трубку в зеленой массе яровой ржи в среднем на 1 к.ед. приходится 91 г переваримого протеина и содержится 9,9 МДж/кг обменной энергии в сухом веществе. В зеленых конвейерах широко используются весенние посевы яровой ржи при откормочных площадках для нагула и откорма овец, которые при хорошей влагообеспеченности не уступают по продуктивности перезимовавшим посевам озимой ржи [5, 6].

В увеличении кормовой базы животноводства Забайкальского края открываются большие перспективы в связи с внедрением в производство малораспространенной мятликовой культуры – тритикале яровой. Зеленую массу тритикале яровой хорошо поедают животные, она представляет большую ценность в приготовлении сенажа, травяной муки, брикетов, гранул, силоса. В 100 кг зеленой массы содержится 22–25 к.ед., 2,3–2,7 кг переваримого протеина. Скармливание животным зеленой массы тритикале яровой повышает среднесуточные надои коров и содержание жира в молоке на 0,4%. В кормопроизводстве тритикале яровую высевают для получения фуражного зерна, зеленого корма, производства сена и зернофуража. Применение тритикале яровой в комбикормах позволяет заменить пшеницу и сбалансировать их по переваримому протеину, аминокислотному составу и обменной энергии, что значительно обеспечивает экономии корма. Для Забайкалья яровая тритикале – перспективная культура, которая может найти свое применение и значительно дополнить производство зерна и кормов в сельскохозяйственных предприятиях всех форм собственности [1, 6].

В решении белковой недостаточности кормов многие исследователи рекомендуют в одновидовых и поливидовых посевах возделывать высокобелковые культуры, одной из них является рапс яровой [7–15].

Рапс яровой в кормопроизводстве Забайкалья получил широкое распространение

как уникальная, высокобелковая, холодостойкая, скороспелая культура, способная формировать два полноценных урожая (25–40 т зеленой массы/га), используя осадки второй половины летнего периода. Рапс яровой хорошо отрастает после скашивания или стравливания. Зеленая масса отличается высокой питательностью, богата протеином, каротином, сахаром и микроэлементами. В 1 кг зеленой массы содержится 0,13–0,18 к.ед. и 28–32 г переваримого протеина. Наибольшее количество переваримого протеина содержится в рапсе яровом в ранние фазы развития растения. Эту культуру можно использовать в зеленых кормах, для производства зеленого корма, в свежем и замороженном виде, в силосе, сенаже, травяной муки, в основных и поукосных посевах, в чистом виде и в смеси с другими культурами [1, 6, 16].

Цель исследований – изучить продуктивность и питательную ценность мятликовых культур в одновидовых и поливидовых посевах с рапсом яровым.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2012–2014 гг. на полях научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук, расположенных в Ингодинско-Читинской лесостепи Забайкалья.

Климат зоны резко континентальный с малоснежной холодной зимой, жарким летом и недостатком атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Сумма положительных температур выше 10 °С составляет 1500–1800°. Годовая сумма осадков 330–380 мм, основное их количество (85–90%) выпадает в теплый период, максимальное – в июле – августе, минимальное – в мае – июне.

В годы исследований погодные условия в период вегетации различались. Вегетационный период 2012 г. был нехарактерным для лесостепной зоны Забайкальского края и отличался от предшествующих лет по количеству, продолжительности и распределе-

нию осадков. За апрель – сентябрь выпало 460 мм, при среднемноголетнем значении – 276,0 мм, превышение многолетней нормы составило 66,6%. Большая часть выпавших осадков (356,4 мм, или 77,5%) приходилась на вторую половину вегетационного периода. Благоприятным для роста и развития растений отмечен 2013 г. За вегетационный период осадков выпало 315 мм (норма 276,0). Превышение к многолетнему показателю составило 39,0 мм, или 14,1%. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период соответствовала среднемноголетней норме (11,2 °С). Погодные условия 2014 г. отличались от предшествующих лет количеством, продолжительностью и распределением осадков. В целом за вегетационный период выпало 214,3 мм, при норме 276 (недобор составил 22,4%). Первая половина вегетационного периода была более благоприятной. За апрель – июнь выпало 107,5 мм, что на 43,5% больше среднемноголетнего показателя (норма 64 мм). Среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетние показатели на 1,2–1,4 °С.

В целом создавшиеся климатические условия в годы исследований позволили растениям изучаемых культур сформировать достаточно высокий урожай кормовой массы в одновидовых и поливидовых ценозах, что указывает на их адаптивность к экстремальным условиям Забайкальского края.

Почва опытного участка – лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, гранулометрический состав – легкий суглинок. По реакции почвенного раствора пахотный горизонт является слабокислым, подпахотный – нейтральным. Содержание органического вещества в слое 0–20 см 3,67%, общего азота – 0,31%. Содержание подвижного фосфора низкое, обменного калия – среднее.

Площадь посевной делянки 100 м², учетной на кормовые цели 25 м², повторность четырехкратная, расположение делянок последовательное.

Агротехника возделывания кормовых культур общепринятая в зоне. Минеральные удобрения под мятликовые культуры внесли под предпосевную культивацию в норме

N₆₀P₆₀K₆₀, под рапс яровой внесли дробно – под предпосевную культивацию N₆₀P₄₁K₆₀ и P₁₉ при посеве. Посев кормовых культур провели в оптимальные рекомендуемые сроки (вторая половина мая) рядовым способом, сеялкой СН-16 с нормой высева: мятликовые – 4,0–4,5 млн всхожих семян/га, рапс яровой – 3,0 млн, норма высева культур в 2-компонентных смесях – мятликовые – 70%, рапс яровой – 50%, глубина заделки семян: овес, рожь яровая, тритикале – 6–8 см, рапс яровой – 2–4 см.

Объектами исследований были районированные сорта изучаемых культур: овес Метис, рожь яровая Онохойская, тритикале яровая Укро, рапс яровой Шпат.

Экспериментальная работа проведена в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами и сопровождали лабораторно-полевыми наблюдениями и анализами. В исследованиях использовали апробированные методики: Методика полевых опытов с кормовыми культурами (1983 г.), Методика полевого опыта (1985 г.), «Опытное дело в полеводстве» (1982 г.), Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985 г.).

Данные учетов урожая были статистически обработаны методом дисперсионного анализа по Р.А. Фишеру в изложении Б.А. Доспехова (1985). Анализ растительных образцов осуществляли в агрохимической лаборатории института по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что наступление фаз вегетации, продолжительность межфазных и вегетационного периодов напрямую зависят от агроклиматических условий. Изучаемые культуры неодинаково реагировали на почвенные и климатические условия произрастания на протяжении всей вегетации. Выделены наиболее адаптивные высокопродуктивные кормовые культуры. Периоды от посева до всходов по культурам были различными: наиболее короткий (12 дней) – у рапса яро-

вого, более продолжительный (19 дней) – у мятликовых культур; от всходов до бутонизации у рапса ярового – 29 дней, всходы – цветение – 43–45; от всходов до кущения у овса, тритикале яровой – 18, ржи яровой – 16 дней; всходы – выметывание (колошение) у овса, ржи яровой, тритикале яровой – 42–49 дней (см. табл. 1)

В создавшихся погодных условиях вегетационного периода овес, рожь яровая, тритикале яровая, рапс яровой успешно использовали выпавшие осадки и обеспечили дружные всходы и дальнейшее развитие растений.

Наблюдениями за линейным ростом изучаемых культур установлено, что наиболее интенсивно в период вегетации развивались растения в одновидовых посевах. Так, высота стеблей к урожайной спелости составила у овса – 96 см, ржи яровой – 158, тритикале яровой – 119, рапса ярового – 107 см. В поливидовых посевах отмечено незначительное снижение линейного роста и облиственности растений в сравнении с одновидовыми посевами. К уборке они уступали по высоте растений на 1–4 см, по облиственности – на 1–3% (см. табл. 2).

Особенности в развитии растений изучаемых культур в одновидовых и поливидовых посевах сказались на количестве и качестве

урожая. Проведенные исследования показали, что одновидовые посевы мятликовых культур сформировали урожай зеленой массы 14,9–17,5 т/га, сухого вещества 2,16–3,05, кормовых единиц 1,66–3,02 т/га, переваримого протеина 149,4–233,8 кг/га, валовой энергии 21,2–30,2 ГДж/га, с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 78–97 г (см. табл. 3).

Выявлена положительная корреляционная зависимость $r = 0,83$ между урожайностью зеленой массы и суммой осадков за вегетационные периоды. В более засушливый 2014 г. (сумма осадков 214,3 мм) урожайность зеленой массы составила 10,0–18,0 т/га, во влагообеспеченные 2013, 2012 гг. (сумма осадков 341,5 и 460,0 мм соответственно) сформирована более высокая урожайность – соответственно 13,6–30,0 т/га.

Среди одновидовых мятликовых культур наибольшей урожайностью зеленой массы (16,3–17,5 т/га) обладали агроценозы овса и тритикале яровой, превышающие рожь яровую на 9–17%. Рапс яровой в одновидовых посевах по всем показателям продуктивности превышал мятликовые культуры в 1,1–4,1 раза. Поливидовые посевы по продуктивности превосходили одновидовые мятликовые посевы в 1,2–3,2 раза. Наибольшей продуктивностью и питательной ценностью обладали агроценозы поливидовых посевов: тритикале яровая + рапс яровой и овес + рапс яровой, формирующие урожай зеленой мас-

Табл. 1. Продолжительность межфазных периодов (среднее за 2012–2014 гг.)

Table 1. Duration of interphase periods (on average for 2012–2014)

Вариант	Период, дни				
	посев – всходы	всходы – бутонизация	всходы – кущение	всходы – выметывание (колошение)	всходы – цветение
Овес	19	–	18	45	–
Рожь яровая	19	–	16	42	–
Тритикале яровая	19	–	18	49	–
Рапс яровой	12	29	–	–	43
Овес + рапс яровой	19	–	18	45	–
Рожь яровая + рапс яровой	12	29	–	–	45
Тритикале яровая + рапс яровой	19	–	18	49	–
	12	29	–	–	45

Табл. 2. Высота и облиственность растений в агроценозах (в среднем за 2012–2014 гг.)

Table 2. Height and leaf formation of crops in agrocenoses (on average for 2012–2014)

Культура	Высота стебля, см	Облиственность, %
Овес	96	48
Рожь яровая	158	37
Тритикале яровая	119	50
Рапс яровой	107	40
Овес + рапс яровой	93	45
Рожь яровая + рапс яровой	103	37
Тритикале яровая + рапс яровой	157	36
	104	38
	115	49
	106	39

Табл. 3. Продуктивность и питательная ценность смешанных посевов мятликовых культур с рапсом яровым (среднее за 2012–2014 гг.)**Table 3.** Productivity and nutritional value of poaceous crops mixed with spring rape (on average for 2012–2014)

Культура	Зеленая масса, т/га	Сухое вещество, т/га	Кормовые единицы, т/га	Переваримый протеин, кг/га	Переваримого протеина на 1 к.ед., г	Валовая энергия, ГДж/га	Обменная энергия, МДж
Овес	16,3	2,90	2,41	187,9	78	26,7	9,2
Рожь яровая	14,9	2,16	2,00	180,0	90	21,2	9,8
Тритикале яровая	17,5	3,05	3,02	292,9	97	30,2	9,9
Рапс яровой	24,8	3,97	3,41	613,8	180	40,9	10,3
Овес + рапс яровой	22,1	5,09	3,65	598,6	164	54,0	10,6
Рожь яровая + рапс яровой	18,3	3,84	3,42	540,4	158	40,3	10,5
Тритикале яровая + рапс яровой	23,5	5,19	3,83	654,9	171	55,5	10,7
НСР ₀₅	1,5	0,16	0,20				

Примечание. Соотношение компонентов в урожае смесей: овес 40%, рапс яровой 60; рожь яровая 45, рапс яровой 55; тритикале яровая 38, рапс яровой 62%.

сы 22,1–23,5 т/га, сухого вещества 5,09–5,19, кормовых единиц 3,65–3,83 т/га, переваримого протеина 598,6–654,9 кг/га, валовой энергии 54,0–55,5 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы 164–171 г. Поливидовые посева тритикале яровой и овса с рапсом яровым увеличили продуктивность в сравнении с одновидовыми посевами по сбору кормовых единиц в 1,1–1,9 раза, переваримому протеину в 1,8–3,6, валовой энергии в 1,3–2,6 раза при содержании в одном килограмме сухого вещества 10,6–10,7 МДж обменной энергии.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность повышения продуктивности и питательной ценности кормовых агроценозов путем использования рапса ярового в поливидовых посевах с мятликовыми культурами.

2. Поливидовые посева тритикале яровой с рапсом яровым и овса с рапсом яровым сформировали максимальную продуктивность: урожайность зеленой массы 22,1–23,5 т/га, сухого вещества 5,09–5,19, кормовых единиц 3,65–3,83 т/га, переваримого протеина 598,6–654,9 кг/га, валовой энергии 54,0–55,5 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 164–171 г.

3. Продуктивность поливидовых посевов тритикале яровой и овса с рапсом яро-

вым превосходила продуктивность одновидовых посевов по сбору кормовых единиц в 1,1–1,9 раза, переваримому протеину в 1,8–3,6, валовой энергии в 1,3–2,6 раза при содержании в одном килограмме сухого вещества 10,6–10,7 МДж обменной энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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.
2. *Гуляева М.Е.* Кормовые дрожжи в питании лактирующих коров // Молочно-хозяйственный вестник. 2011. № 2. С. 41–43.
3. *Гамко Л.Н., Подольников В.Е., Малякко И.В., Нуриев Г.Г., Мысик А.Т.* Качественные корма – путь к получению высокой продуктивности животных и птицы и экологически чистой продукции // Зоотехния. 2016. № 5. С. 6–7.
4. *Deodikar G.B.* Rye. Indian Counc. Agr. Res.: New Delhi. 1963. p. 152.
5. *Климова Э.В.* Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.
6. *Шашкова Г.Г., Цыганова Г.П., Андреева О.Т.* Возделывание сельскохозяйственных культур в Забайкальском крае: монография. Чита: Экспресс-издательство, 2012. 284 с.
7. *Кашеваров Н.И., Вязовский В.А.* Проблема белка в кормопроизводстве Западной Сибири, пути ее решения // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 42–45.

8. Бенц В.А., Кашеваров Н.И., Демарчук Г.А. Полевое кормопроизводство в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2001. 240 с.
9. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Кормопроизводство – важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. 2011. № 1. С. 22–27.
10. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Роль кормовых зернобобовых культур в укреплении кормовой базы животноводства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 1. С. 98–101.
11. Кашеваров Н.И., Данилов В.П., Полудина Р.И., Андреева О.Т., Мустафин А.М. Агротехнологии производства кормов в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН. 2013. 248 с.
12. Кашеваров Н.И., Сапрыкин В.С., Данилов В.П. Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка // Кормопроизводство. 2013. № 1. С. 3–6.
13. Щукис Е.Р. Кормовые культуры на Алтае: монография. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. 182 с.
14. Бакшаев Д.Ю., Садохина Т.А. Поликомпонентные смеси зернофуражных культур для условий лесостепной зоны Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (37). С. 7–12.
15. Садохина Т.А., Бакшаев Д.Ю., Ломова Т.Ю. Продуктивность зернофуражных культур в смешанных посевах и качество сенажа из них в условиях степной зоны Северной Кулунды // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 2 (47). С. 35–40.
16. Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Создание агроценозов кормовых культур для весеннего и раннелетнего использования в лесостепной зоне Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 43–50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-6
2. Gulyayeva M.Ye. Kormovyye drozhzhi v pitanii laktiruyushchikh korov [Fodder yeast in the nutrition of lactating cows] *Molochno-khozyaystvennyy vestnik* [Economic Dairy Bulletin], 2011, no. 2, pp. 41–43. (In Russian).
3. Gamko L.N., Podol'nikov V.Ye., Malyavko I.V., Nuriyev G.G., Mysik A.T. Kachestvennyye korma – put' k polucheniyu vysokoy produktivnosti zhivotnykh i ptitsy i ekologicheski chistoy produktsii [Quality feed is the way to high productivity of animals and poultry and environmentally friendly products]. *Zootekhnika* [magazine Zootechniya], 2016, no. 5, pp. 6–7. (In Russian).
4. Deodikar G.B. *Rye*. Indian Counc. Agr. Res. New Delhi. 1963, 152 p.
5. Klimova E.V. *Polevyye kul'tury Zabaykal'ya* [Field crops of Zabaikalya]. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).
6. Shashkova G.G., Tsyganova G.P., Andreyeva O.T. *Vozdelyvaniye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Zabaykal'skom kraye* [Cultivation of crops in the Trans-Baikal Territory]. Chita, Express Publ., 2012, 284 p. (In Russian).
7. Kashevarov N.I., Vyazovskiy V.A. Problema belka v kormoproizvodstve Zapadnoy Sibiri, puti yeye resheniya [The problem of protein in feed production in Western Siberia, ways to solve it]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2010, no. 11, pp. 42–45. (In Russian).
8. Bents V.A., Kashevarov N.I., Demarchuk G.A. *Polevoye kormoproizvodstvo v Sibiri*. [Field feed production in Siberia]. Novosibirsk, SO RASKHN Publ., 2001, 240 p. (In Russian).
9. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Kormoproizvodstvo vazhneysheye napravleniye v ekonomike sel'skogo khozyaystva Rossii [Feed production is the most important direction in the economy of agriculture of Russia]. *APK: Ekonomika, upravleniye*. [AIC: Economy, management], 2011, no. 1, pp. 22–27. (In Russian).
10. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Rol' kormovykh zernobobovykh kul'tur v ukreplenii kormovoy bazy zhivotnovodstva [The role of fodder legumes in strengthening the fodder base of livestock husbandry]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury* [Grain legumes and cereals], 2012, no. 1, pp. 98–101. (In Russian).
11. Kashevarov N.I., Danilov V.P., Polyudina R.I., Andreyeva O.T., Mustafin A.M. *Agrotekhnologii proizvodstva kormov v Sibiri* [Agrotech-

REFERENCES

1. Shashkova G.G., Andreyeva O.T., Tsyganova G.P. *Agrotekhnologii proizvodstva i kachestvo kormov v Zabaykal'skom kraye* [Agrotechnologies of production and quality of feed in the Trans-Baikal Territory]. Chita, Chitinskaya gorodskaya tipografiya, 2015, 390 p. (In Russian).

- nologies of feed production in Siberia]. Novosibirsk, SO RASKHN Publ., 2013, 248 p. (In Russian).
12. Kashevarov N.I., Saprykin V.S., Danilov V.P. Mnogokomponentnyye senazhnyye smesi v reshenii problemy defitsita kormovogo rastitel'nogo belka [Multicomponent hay mixes in solving the problem of shortage of fodder plant protein]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2013, no. 1, pp. 3–6. (In Russian).
 13. Shchukis Ye.R. *Kormovyye kul'tury na Altaye* [Fodder crops in Altai]. Barnaul, GNU Altai NIISH of the Russian Agricultural Academy Barnaul Publ., 2013, 182 p. (In Russian).
 14. Bakshayev D.YU., Sadokhina T.A. Polikomponentnyye smesi zernofurazhnykh kul'tur dlya usloviy lesostepnoy zony Zapadnoy Sibiri [Polycomponent mixtures of grain crops for the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2015, no. 4 (37), pp. 7–12. (In Russian).
 15. Sadokhina T.A., Bakshayev D.YU., Lomova T.YU. Produktivnost' zernofurazhnykh kul'tur v smeshannykh posevakh i kachestvo senazha iz nikh v usloviyakh stepnoy zony Severnoy Kulundy [Productivity of fodder-grain crops in mixed sowings and quality of haylage from them under conditions of the North Kulunda steppe]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, no. 2 (47), pp. 35–40. (In Russian).
 16. Andreyeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N. YU. Sozdaniye agrotsenozov kormovykh kul'tur dlya vesennego i ranneletnego ispol'zovaniya v lesostepnoy zone Zabaykal'skogo kraya [Creation of agrocenoses of fodder crops for spring and early summer use in the forest-steppe zone of the Trans-Baikal Territory]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, no. 4, pp. 43–50. (In Russian). DOI:10.26898/0370-8799-2018-4-6

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **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: vetinst@mail.ru

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

Сидорова Л.П., старший научный сотрудник
Харченко Н.Ю., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Andreeva O.T.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, **address:** P.O. Box 470, 49 Kirova street, Chita-10, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: vetinst@mail.ru

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

Sidorova L.P., Senior Researcher

Kharchenko N.Yu., Researcher

*Дата поступления статьи 18.02.2019
Received by the editors 18.02.2019*



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-6

УДК: 619:616.98:578.833.3:636.2

СПОСОБ БОРЬБЫ С ПЕРСИСТЕНТНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ ПРИ ВИРУСНОЙ ДИАРЕЕ

Глотова Т.И., Никонова А.А., Котенева С.В., Глотов А.Г.

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

Для цитирования: Глотова Т.И., Никонова А.А., Котенева С.В., Глотов А.Г. Способ борьбы с персисгентной инфекцией при вирусной диарее // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 49–56, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-6

For citation: Glotova T.I., Nikonova A.A., Koteneva S.V., Glotov A.G. Sposob bor'by s persistentnoi infektsiei pri virusnoi diaree [The means of combating persistent infection of viral diarrhea]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 49–56, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-6

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения средств подавления персисгентной инфекции, вызванной нецитопатогенным биотипом возбудителя вирусной диареи крупного рогатого скота. Показано, что широко распространенный во всем мире в популяции крупного рогатого скота возбудитель болезни может служить первопричиной развития патологии органов дыхания и воспроизводства и способен вызывать персисгентную форму инфекции у животных. Вирус может контаминировать эмбриональную сыворотку, культуры клеток, трипсин и другие биологические препараты, что приводит к снижению качества биотехнологической продукции, производимой с их использованием, и распространению вируса в популяции восприимчивых животных. Исследования проведены на модели перевиваемой культуры клеток коронарных сосудов теленка, персисгентно инфицированной нецитопатогенным биотипом вируса вирусной диареи крупного рогатого скота. Изучено противовирусное действие двух коммерческих препаратов Рибавирин-липид и Реаферон-ЕС-липид. Эффективность противовирусной обработки инфицированной культуры клеток определяли методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией в двух вариантах: электрофорезном и в режиме реального времени. Установлено, что изучаемые препараты в до-

THE MEANS OF COMBATING PERSISTENT INFECTION OF VIRAL DIARRHEA

Glotova T.I., Nikonova A.A., Koteneva S.V., Glotov A.G.

Siberian Federal Scientific Centre of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The paper presents results of research into the means of inhibiting persistent infection caused by noncytopathic biotype of bovine viral diarrhea virus. It was shown that bovine viral diarrhea virus, widespread in the cattle population in the whole world, can be a primary cause of pathology development of the respiratory and reproductive organs, and can cause a persistent form of infection in animals. The virus can contaminate fetal serum, cell cultures, trypsin, and other biological products, which leads to a decrease in the quality of biotech products from these materials and the spread of bovine viral diarrhea virus in a population of susceptible animals. The study was done on the model of a continuous calf coronary cell culture persistently infected with the noncytopathic biotype of the bovine viral diarrhea virus. The antiviral effect of two commercial preparations Ribavirin-Lipint and Reaferon-EC-Lipint was studied. The effectiveness of antiviral treatment of the infected cell culture was determined by the reverse transcription polymerase chain reaction, carried out in two versions: with electrophoresis and in real-time mode. It was found that these drugs in doses of 0.05 mg / ml and

зах 0,05 мг/мл и 30 000 МЕ/мл соответственно при добавлении к ростовой питательной среде на протяжении 24 последовательных пассажей приводили к снижению инфекционной активности вируса вирусной диареи крупного рогатого скота в культуре клеток, но не освобождали ее полностью от персистентной инфекции нецитопатогенным биотипом вируса. Применение противовирусных препаратов – один из способов снижения экономических потерь, связанных с контаминацией биологических препаратов, использованием персистентно инфицированных животных для племенных целей, ограничениями в международной торговле животными.

Ключевые слова: вирусная диарея, крупный рогатый скот, персистентная форма инфекции, противовирусная активность, тканевая цитопатогенная доза, противовирусные препараты

ВВЕДЕНИЕ

Вирусная диарея крупного рогатого скота (ВД КРС) широко распространена во всем мире [1], в том числе и в России [2–4]. Вирус ВД КРС представлен двумя биотипами – цитопатогенным (ЦП) и нецитопатогенным (НЦП), наиболее распространенным в природе, который может вызывать персистентную инфекцию (ПИ) при заражении плода на 40–125-е сутки внутриутробного развития. В данный период иммунная система телят еще не сформирована [1]. У таких животных, начиная с внутриутробного развития, отмечается высокая концентрация вируса в крови. Это приводит к рождению иммунотолерантных телят, которые служат постоянными источниками патогена для неиммунных животных, выделяя его в течение всей жизни со всеми секретами и экскретами организма. Нечитопатогенный биотип вируса ВД КРС часто является контаминантом биологических продуктов. Использование в работе инфицированных этим биотипом вируса культур клеток может служить причиной ложных результатов диагностических исследований. Живые и инактивированные противовирусные вакцины, изготовленные при использовании таких культур клеток, могут быть потенциальным источником вируса ВД КРС для восприимчивых животных [5, 6].

В литературе описано много соединений с установленной противовирусной актив-

ностью в отношении вируса ВД КРС *in vitro*, однако исследования с целью определения возможности их применения для устранения контаминации культур клеток и устранения персистентной формы инфекции носят ограниченный характер. Исследования инфицированных вирусом ВД КРС *in vitro* культур клеток показали, что ЦП штаммы индуцируют выработку интерферона альфа (ИФН- α), в то время как НЦП штаммы вируса ВД КРС такой способностью не обладают [7]. Установлено, что НЦП штаммы вируса ингибируют индукцию эндогенного интерферона другими вирусами [8]. Тем не менее установлено, что экзогенный ИФН- α ингибирует репликацию как ЦП, так и НЦП штаммов вируса ВД КРС в культуре клеток [9, 10]. Ароматические катионные молекулы успешно применяли для устранения контаминации НЦП вирусом ВД КРС первичных клеточных линий [11, 12]. Некоторые исследователи установили синергетический противовирусный эффект при одновременном использовании рибавирина и ИФН- α для этих целей [13, 14]. Хорошие результаты получены при одновременном применении двух препаратов (Рибавирин и ИФН- α) для устранения контаминации культур клеток вирусом ВД КРС и производных иминосхаров. Исследователям удалось установить снижение вирусной нагрузки в культуре клеток после обработки этими препаратами. При одновременном применении препара-

Keywords: bovine viral diarrhea, persistent infection, antiviral activity, tissue cytopathic dose, antiviral drugs

ностью в отношении вируса ВД КРС *in vitro*, однако исследования с целью определения возможности их применения для устранения контаминации культур клеток и устранения персистентной формы инфекции носят ограниченный характер. Исследования инфицированных вирусом ВД КРС *in vitro* культур клеток показали, что ЦП штаммы индуцируют выработку интерферона альфа (ИФН- α), в то время как НЦП штаммы вируса ВД КРС такой способностью не обладают [7]. Установлено, что НЦП штаммы вируса ингибируют индукцию эндогенного интерферона другими вирусами [8]. Тем не менее установлено, что экзогенный ИФН- α ингибирует репликацию как ЦП, так и НЦП штаммов вируса ВД КРС в культуре клеток [9, 10]. Ароматические катионные молекулы успешно применяли для устранения контаминации НЦП вирусом ВД КРС первичных клеточных линий [11, 12]. Некоторые исследователи установили синергетический противовирусный эффект при одновременном использовании рибавирина и ИФН- α для этих целей [13, 14]. Хорошие результаты получены при одновременном применении двух препаратов (Рибавирин и ИФН- α) для устранения контаминации культур клеток вирусом ВД КРС и производных иминосхаров. Исследователям удалось установить снижение вирусной нагрузки в культуре клеток после обработки этими препаратами. При одновременном применении препара-

тов Рибавирин в дозе 0,02 мг/мл и ИНФ- α (100 МЕ/мл) регистрировали выраженный противовирусный эффект, который сопровождался снижением количества вирусной РНК (вРНК) в образцах супернатанта обработанной культуры клеток до уровней, не выявляемых методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) уже после второго пассажа [15].

Цель исследований – разработать способ борьбы с персистентной инфекцией на модели перевиваемой культуры клеток коронарных сосудов телят, инфицированной нецитопатогенным биотипом вируса ВД КРС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использовали перевиваемую культуру клеток коронарных сосудов телят (КСТ), цитопатогенный (ЦП) штамм ВК-1 и нецитопатогенный (НЦП) штамм Бор вируса ВД КРС из коллекции вирусов лаборатории биотехнологии – диагностический центр. Культивирование культуры клеток КСТ проводили во флаконах для клеточных культур с площадью роста 25 и 75 см² и в культуральных 96-луночных планшетах (Techno Plastic Products, Швейцария). В качестве ростовой среды использовали питательную среду Игла MEM с L-глутамином (ООО «БиолоТ», Россия) и добавлением 5–10% эмбриональной сыворотки крови телят (Fetal Bovine serum Standard Quality; PAA Laboratories GmbH, Austria; Lot № A10112-0130) и 0,002% антибактериального препарата Канамицин (ООО «Биохимик», Россия). В качестве поддерживающей среды использовали ту же среду, но без добавления эмбриональной сыворотки. Пересев культуры клеток осуществляли с использованием 0,01%-го раствора химопсина (ООО «Самсон-Мед», Россия) в 0,02%-м растворе Версена (ООО «БиолоТ», Россия). В качестве противовирусных соединений применяли коммерческие доступные препараты производства ЗАО «Вектор-Медика» (Россия): Рибавирин-липид (серия 110315); Реаферон-ЕС-липид (серия 33) с установленной ранее противовирусной актив-

ностью в отношении ЦП вируса ВД КРС¹. Выбор препаратов рибавирин и реферон в липосомальной форме обусловлен их меньшей токсичностью в сравнении с этими же препаратами в обычной форме [16].

Перед проведением исследований исходную перевиваемую культуру клеток КСТ, а также химопсин и эмбриональную сыворотку крови, используемые в работе, тестировали методом ОТ-ПЦР для исключения возможной контаминации нецитопатогенным биотипом вируса ВД КРС. Затем культуру клеток инфицировали НЦП штаммом вируса ВД КРС. Для этого из культурального флакона с хорошо сформированным 48-часовым монослоем культуры клеток КСТ удаляли ростовую среду, добавляли питательную среду и 0,5 мл суспензии, содержащей штамм Бор НЦП вируса ВД КРС. Инфицированную таким образом культуру клеток инкубировали при 37 °С в течение 20 последовательных пассажей, и вновь тестировали методом ОТ-ПЦР для подтверждения присутствия вируса в культуре клеток.

Противовирусные препараты разводили стерильным физиологическим раствором непосредственно перед использованием. При каждом последовательном пересеве инфицированной культуры клеток КСТ препараты добавляли к ростовой питательной среде в максимальной переносимой концентрации (МПК). В этих условиях культивировали культуру клеток в течение двух суток, после чего осуществляли ее пересев. Таким образом, препараты в МПК оказывали свое действие на инфицированную вирусом культуру клеток весь цикл ее развития. При каждом пассаже отбирали образцы культуры клеток КСТ, хранили их при температуре минус 70 °С до исследования в ОТ-ПЦР. Препараты вносили в ростовую питательную среду на протяжении 12, 18 и 24 последовательных ее пересевов, после чего культуру клеток продолжали культивировать в обычных условиях, используя ростовую питательную среду без препаратов еще в течение 18 пассажей. Контроль эффективности противовирусной обработки инфицированной НЦП вирусом

¹Глотова Т.И. Инфекционный ринотрахеит и вирусная диарея крупного рогатого скота (диагностика, молекулярно-биологические свойства возбудителей, эффективность противовирусных препаратов): автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 16. 00. 03. Новосибирск. 2006. 320 с.

ВД КРС культуры клеток КСТ осуществляли посредством выборочного исследования образцов 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 и 24 пассажей. В качестве положительного контрольного образца использовали ЦП штамм ВК-1 вируса ВД КРС с исходной инфекционной активностью $6,67 \pm 0,08 \log_{10} \text{ТЦД}_{50/\text{мл}}$, отрицательного – исходную культуру клеток КСТ, неинфицированную вирусом ВД КРС. Титр ЦП вируса ВД КРС определяли путем титрования вирусосодержащей суспензии в 96-луночных культуральных планшетах с использованием двухсуточного монослоя клеток КСТ. Все исследования проводили в трех повторах. Относительную вирусную нагрузку, обусловленную НЦП вирусом ВД КРС, в образцах определяли пороговым методом сравнения графиков накопления продукта реакции [17].

Полученные в результате исследования данные обрабатывали в соответствии с общепринятыми методами².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования перевиваемой культуры клеток КСТ и используемых в работе серий химопсина и эмбриональной сыворотки крови методом ОТ-ПЦР свидетельствовали об отсутствии их контаминации нецитопатогенным биотипом вируса ВД КРС. Пестивирусы, в том числе вирус ВД КРС, можно разделить на два биотипа в зависимости от их влияния на культивируемые клетки. Цитопатогенный вариант уничтожает инфицированные клетки, тогда как нецитопатогенный биотип реплицируется без видимого повреждения клеток хозяина. Описан случай получения стабильной линии культуры клеток MDBK (почки телят), которая содержала часть клеток, постоянно инфицированных НЦП вирусом ВД КРС. Количество инфицированных вирусом клеток в этой культуре обычно составляло от 30 до 50%. Этот уровень инфицированности клеток не повышался и не снижался в течение последовательных ее пересевов [18].

В исследованиях использовали перевиваемую линию культуры клеток КСТ, которую инфицировали суспензией НЦП штамма Бор вируса ВД КРС и культивировали в течение

20 последовательных пассажей. Результаты световой микроскопии в инвертированном микроскопе не выявили видимых изменений в состоянии ее монослоя (см. рис. 1).

После 20 пассажей, которые позволили вирусу установить инфекцию в перевиваемой культуре клеток КСТ, проверено наличие вирусной РНК (вРНК) в супернатанте методом ОТ-ПЦР. В результате обнаружен

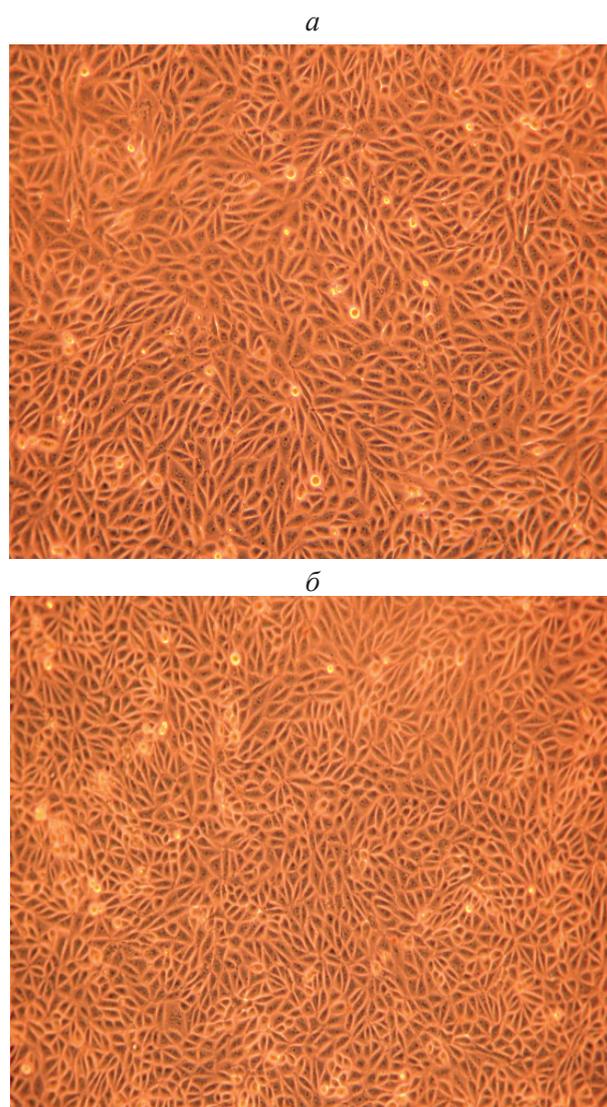


Рис. 1. Перевиваемая линия культуры клеток коронарных сосудов телят. Увеличение микроскопа 1000
а – неинфицированная, б – инфицированная нецитопатогенным штаммом Бор вируса ВД КРС

Fig. 1. Continuous line of calf coronary cell culture. Microscope magnification 1000
а – uninfected, б – infected with noncytopathic Bor strain of BVDV virus

²Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.

продукт кДНК ожидаемого размера, что указывало на успешное заражение НЦП штаммом Бор вируса ВД КРС тестируемой культуры клеток. Установлено, что инфекция была постоянной, так как уровень ВРНК во всех 20 последовательных клеточных пересевах был под контролем. В дальнейшем эту культуру клеток использовали для изучения противовирусной активности в отношении НЦП биотипа вируса ВД КРС комплексного использования двух препаратов Реаферон-ЕС-липид и Рибавирин-липид. Максимально переносимые концентрации (МПК) у препаратов Реаферон-ЕС-липид и Рибавирин-липид для культуры клеток КСТ были определены ранее. Они составили 0,05 мг/мл для Рибавирина-липид и 30 000 МЕ/мл для Реаферона-ЕС-липид (см. сноску 1).

Оба препарата разводили физиологическим раствором непосредственно перед использованием и добавляли к ростовой питательной среде, которую использовали вместо обычной при пересеве инфицированной вирусом ВД КРС культуры клеток КСТ. Культуру клеток пересевали через каждые 72 ч. При каждом пассаже отбирали образцы культуры клеток и хранили их при температуре минус 70 °С до исследования методом ОТ-ПЦР. Препараты добавляли к ростовой питательной среде на протяжении 12, 18 и 24 последовательных пассажей. Затем культуру клеток продолжали культивировать в обычных условиях, используя ростовую питательную среду без тестируемых препаратов на протяжении 18 пересевов.

Результаты ОТ-ПЦР с проведением электрофореза показали, что все отобранные в ходе эксперимента пробы инфицированной культуры клеток КСТ содержали РНК вируса ВД КРС. Затем было выбрано 8 образцов (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 и 24 пассажей), обработанных препаратами культуры клеток, которые исследовали методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени. Дополнительно исследовали образец культуры клеток 18-го пересева без обработки препаратами.

Ранее была установлена противовирусная активность интерферона α в отношении ЦП и НЦП штаммов вируса ВД КРС. Определе-

на доза препарата 103 Ед/мл, эффективная для подавления репликации вируса [10].

Результаты исследования представлены на рис. 2.

При одновременной обработке инфицированной НЦП биотипом вируса ВД КРС культуры клеток препаратами Рибавирин-липид и Реаферон-ЕС-липид (в концентрациях 0,05 мг/мл и 30 000 МЕ/мл соответственно) титр вируса ВД КРС постепенно снижался (см. рис. 2). Несмотря на это, концентрация вируса в пробах культуры клеток оставалась высокой даже после 12 пассажей с препаратами и составляла $3,75 \log_{10} \text{TCID}_{50/\text{мл}}$, что не соответствует данным других авторов, которые отмечали снижение титра вируса ниже значений, выявляемых в ОТ-ПЦР после двух пассажей с препаратами Рибавирин и ИНФ- α [15]. Различие результатов может быть связано с использованием препаратов разных производителей. Это может быть обусловлено также штаммовыми различиями биологических свойств (устойчивость к действию противовирусных препаратов) вируса, которые были взяты для эксперимента. Необходимо также учитывать тот факт, что авторы статьи в работе исследовали только супернатант культуры клеток, что позволило оценить снижение инфекционной активности лишь внеклеточной формы вируса. Для

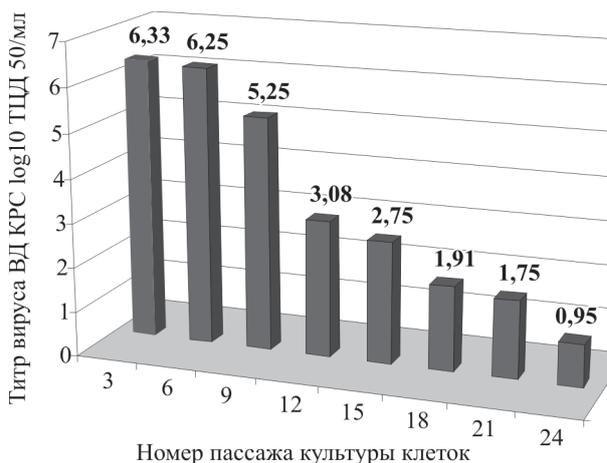


Рис. 2. Титр вируса ($\log_{10} \text{TCID}_{50/\text{мл}}$) в пробах инфицированной культуры клеток КСТ после обработки препаратами Рибавирин-липид и Реаферон-ЕС-липид

Fig. 2. Viral titre ($\log_{10} \text{TCID}_{50/\text{мл}}$) in tests of infected calf coronary cell culture after treatment with Ribavirin-Lipint and Reaferon-EC-Lipint

осуществления контроля вне- и внутриклеточной форм вируса ВД КРС определяли относительную вирусную нагрузку одновременно в супернатанте и в самой культуре клеток. Максимальное снижение титра вируса наблюдали к 24-му пассажу, после которого титр его составил $0,95 \log_{10} \text{ТЦД}_{50/0,1 \text{ мл}}$. Однако исследования образцов культуры клеток после ее дальнейшего культивирования без препаратов свидетельствовали о том, что НЦП вирус ВД КРС в ней активно размножался.

Контроль противовирусной эффективности обработки инфицированной культуры клеток методом ОТ-ПЦР, проведенный в электрофорезном варианте, так и в режиме реального времени, свидетельствовал о том, что применение препаратов Рибавирин-липид и Реаферон-ЕС-липид на протяжении 24 пассажей привело к значительному снижению титра вируса ВД КРС, но не к устранению персистентной инфекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение препаратов Рибавирин-липид и Реаферон-ЕС-липид позволяет снизить вирусную нагрузку на культуру клеток (титр вируса в инфицированной культуре клеток), что выражается в снижении секреторируемой ВРНК в культуральных супернатантах после 24 серийных пассажей. Это снижение зависело от продолжительности обработки инфицированной НЦП вирусом ВД КРС культуры клеток. Применение этих препаратов не привело к устранению персистентной инфекции НЦП вирусом ВД КРС, установленной в культуре клеток КСТ.

Предложенная модель клеточной культуры может быть использована для дальнейшего изучения противовирусной активности новых химических соединений с целью поиска эффективного способа борьбы с персистентной инфекцией, вызванной НЦП вирусом ВД КРС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ridpath J.F.* Bovine viral diarrhea virus: global status // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2010. Vol. 26 (1). P. 105–121. DOI: 10.1016/j.cvfa.2009.10.007.
2. *Глотов А.Г., Глотова Т.И., Петрова О.Г., Нефедченко А.В., Татарчук А.Т., Котенева С.В., Ветров Г.В., Сергеев А.Н.* Распространение вирусных респираторных болезней крупного рогатого скота // *Ветеринария*. 2002. № 3. С. 17–21.
3. *Глотов А.Г., Глотова Т.И., Семенова О.В., Котенева С.В., Никонова А.А.* Индикаторы циркуляции возбудителей вирусной диареи (болезни слизистых оболочек) крупного рогатого скота на молочных комплексах в условиях Сибири // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Том 51. № 4. С. 483–490. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.4.483rus.
4. *Шилова Е.Н., Рябосова М.В., Шкуратова И.А., Вялых Е.В.* Вирусная диарея – болезнь слизистых оболочек крупного рогатого скота в Уральском регионе // *Ветеринария*. 2014. № 5. С. 19–21.
5. *Алексеевкова С.В., Юров Г.К., Гальнбек Т.В., Калина И.А., Юров К.П.* Проверка клеточных культур на контаминацию вирусом диареи крупного рогатого скота – необходимое условие производства биологических препаратов // *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2013. № 1. С. 15–18.
6. *Palomares R.A., Marley S.M., Givens M.D., Gallardo R.A., Brock K.V.* Bovine viral diarrhea virus fetal persistent infection after immunization with a contaminated modified-live virus vaccine // *Theriogenology*. 2013. Vol. 79. N 8. P. 1184–1195. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.02.017.
7. *Adler B., Adler H., Pfister H., Jungi T.W., Peterhans E.* Macrophages infected with cytopathic bovine viral diarrhea virus release a factor(s) capable of priming uninfected macrophages for activation-induced apoptosis // *Journal of Virology*. 1997. Vol. 71. P. 3255–3258.
8. *Nakamura S., Shimazaki T., Sakamoto K., Fukusho A., Inoue Y., Ogawa N.* Enhanced replication of orbiviruses in bovine testicle cells infected with bovine viral diarrhoea virus // *The Journal of Veterinary Medical Science*. 1995. Vol. 57(4). P. 677–681. DOI: 10.1292/jvms.57.677.
9. *Bielefeldt Ohmann H., Babiuk L.A.* Influence of interferons alpha II and gamma and of tumour necrosis factor on persistent infection with bovine viral diarrhoea virus in vitro // *The Journal of general virology*. 1988. Vol. 69. P. 1399–1403.
10. *Sentsui H., Takami R., Nishimori T., Murakami K., Yokoyama T., Yokomizo Y.* Anti-viral effect of interferon-alpha on bovine viral diarrhea virus // *Journal of Veterinary Medical Science*. 1998. N 60 (12). P. 1329–1333.

DOI:10.1292/jvms.60.1329.

11. *Givens M.D., Galik P.K., Riddell K.P., Dykstra C.C., Brock K.V., Stringfellow D.A.* Effects of aromatic cationic molecules on bovine viral diarrhea virus and embryonic development // *Theriogenology*. 2005. Vol. 63 (7). P. 1984–1994. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.09.004.
12. *Givens M.D., Stringfellow D.A., Riddell K.P., Galik P.K., Carson R.L., Riddell M.G., Navarre C.B.* Normal calves produced after transfer of in vitro fertilized embryos cultured with an antiviral compound // *Theriogenology*. 2006. Vol. 65 (2). P. 344–355. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2005.04.027.
13. *Ouzounov S., Mehta A., Dwek R.A., Block T.M., Jordan R.* The combination of interferon [alpha]-2b and n-butyl deoxyojirimycin has a greater than additive antiviral effect upon production of infectious bovine viral diarrhea virus (BVDV) in vitro: implications for hepatitis C virus (HCV) therapy // *Antiviral Research*. 2002. Vol. 55. P. 425–435. DOI: 10.1016/S0166-3542(02)00075-X.
14. *Buckwold V.E., Wei J., Wenzel-Mathers M., Russell J.* Synergistic in vitro interactions between alpha interferon and ribavirin against bovine viral diarrhea virus and yellow fever virus as surrogate models of hepatitis C virus replication // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2003. Vol. 47. P. 2293–2298. DOI: 10.1128/aac.47.7.2293-2298.2003.
15. *Durantel D., Carrouee-Durantel S., Branza-Nichita N., Dwek R.A., Zitzmann N.* Effects of Interferon, Ribavirin, and Iminosugar Derivatives on Cells Persistently Infected with Noncytopathic Bovine Viral Diarrhea Virus // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2004; Vol. 48 (2). P. 497–504. DOI: 10.1128/aac.48.2.497-504.2004.
16. *Глотова Т.И., Кунгурцева О.В., Тугунова Т.Б., Ядренкина Т.Г., Глотов А.Г., Донченко Н.А.* Противовирусная активность рибавирина липосомального в отношении вируса калицивируса кошек // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2012. № 4. С. 92–97.
17. *Ребриков Д.В., Саматов Г.А., Трофимов Д.Ю.* ПЦР в реальном времени: монография. М.: БИНОМ, 2009. 215 с.
18. *Gong Y., Trowbridge R., Mackintosh S., Shannon A., Gowans E.J.* A stable cell line with a proportion of cells persistently infected with bovine viral diarrhoea virus // *Veterinary Microbiol.* 1998. Vol. 63. P. 117–124. DOI: 10.1016/s0378-1135(98)00230-2.

REFERENCES

1. Ridpath J.F. Bovine viral diarrhea virus: global status. *Veterinary Clinics of North America: FoodAnimalPractice*, 2010, vol. 26(1), pp. 105–121. DOI: 10.1016/j.cvfa.2009.10.007.
2. Glotov A.G., Glotova T.I., Petrova O.G., Nefedchenko A.V., Tatarchuk A.T., Koteneva S.V., Vetrov G.V., Sergeev A.N. Rasprostranenie virusny`x respiratorny`x boleznej krupnogo rogatogo skota [The spread of viral respiratory diseases of cattle]. *Veterinariya* [Veterinary], 2002, vol. 3. pp. 17–21. (In Russian).
3. Glotov A.G., Glotova T.I., Semenova O.V., Koteneva S.V., Nikonova A.A. Indikatory` cirkulyacii vzbuditelej virusnoj diarei (boleznj slizisty`x oboloček) krupnogo rogatogo skota na molochny`x kompleksax v usloviyax Sibiri [Indicators of the circulation of pathogens of viral diarrhea (mucosal disease) of cattle on dairy complexes in Siberia]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2016, vol. 51, no. 4, pp. 483–490. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2016.4.483rus.
4. Shilova E.N., Ryaposova M.V., Shkuratova I.A., Vyaly`x E.V. Virusnaya diareya - bolezn` slizisty`x oboloček krupnogo rogatogo skota v Ural'skom regione [Viral diarrhea - a disease of the mucous membranes of cattle in the Ural region]. *Veterinariya* [Veterinary], 2014, no. 5, pp. 19–21. (In Russian).
5. Alekseenkova S.V., Yurov G.K., Gal`nbek T.V., Kalita I.A. Yurov K.P. Proverka kletochny`x kul'tur na kontaminaciyu virusom diarei krupnogo rogatogo skota – neobxodimoe uslovie proizvodstva biologicheskix preparatov. [Checking cell cultures for contamination with a bovine diarrhea virus is a prerequisite for the production of biological products]. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal. Sel'skokhozyaistvennyye zhivotnye* [Russian Veterinary Journal. Agricultural animals], 2013, vol. 1, pp. 15–18.
6. Palomares R.A., Marley S.M., Givens M.D., Gallardo R.A., Brock K.V. Bovine viral diarrhea virus fetal persistent infection after immunization with a contaminated modified-live virus vaccine. *Theriogenology*, 2013, vol. 79, no. 8, pp. 1184–1195. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.02.017.
7. Adler B., Adler H., Pfister H., Jungi T.W., Peterhans E. Macrophages infected with cytopathic bovine viral diarrhea virus release a factor(s) capable of priming uninfected macrophages for activation-induced apoptosis. *Journal of Virology*, 1997, vol. 71, pp. 3255–3258.

8. Nakamura S., Shimazaki T., Sakamoto K., Fukusho A., Inoue Y., Ogawa N. Enhanced replication of orbiviruses in bovine testicle cells infected with bovine viral diarrhoea virus. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 1995, vol. 57(4), pp. 677–681. DOI: 10.1292/jvms.57.677.
9. Bielefeldt Ohmann H., Babiuk L.A. Influence of interferons alpha II and gamma and of tumour necrosis factor on persistent infection with bovine viral diarrhoea virus in vitro. *The Journal of general virology*, 1988, vol. 69, pp. 1399–1403.
10. Sentsui H., Takami R., Nishimori T., Murakami K., Yokoyama T., Yokomizo Y. Anti-viral effect of interferon-alpha on bovine viral diarrhoea virus. *Journal of Veterinary Medical Science*, 1998, no. 60 (12), pp. 1329–1333. DOI:10.1292/jvms.60.1329.
11. Givens M.D., Galik P.K., Riddell K.P., Dykstra C.C., Brock K.V., Stringfellow D.A. Effects of aromatic cationic molecules on bovine viral diarrhoea virus and embryonic development. *Theriogenology*, 2005, vol. 63 (7), pp. 1984–1994. DOI:10.1016/j.theriogenology.2004.09.004.
12. Givens M.D., Stringfellow D.A., Riddell K.P., Galik P.K., Carson R.L., Riddell M.G., Navarre C.B. Normal calves produced after transfer of in vitro fertilized embryos cultured with an antiviral compound. *Theriogenology*, 2006, vol. 65(2), pp. 344–355. DOI:10.1016/j.theriogenology.2005.04.027.
13. Ouzounov S., Mehta A., Dwek R.A., Block T.M., Jordan R. The combination of interferon [alpha]-2b and n-butyl deoxyojirimycin has a greater than additive antiviral effect upon production of infectious bovine viral diarrhoea virus (BVDV) in vitro: implications for hepatitis C virus (HCV) therapy. *Antiviral Research*, 2002, vol. 55. pp. 425–435. DOI: 10.1016/S0166-3542(02)00075-X.
14. Buckwold V.E., Wei J., Wenzel-Mathers M., Russell J. Synergistic in vitro interactions between alpha interferon and ribavirin against bovine viral diarrhoea virus and yellow fever virus as surrogate models of hepatitis C virus replication. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2003, vol. 47, pp. 2293–2298. DOI: 10.1128/aac.47.7.2293-2298.2003.
15. Durantel D., Carrouee-Durantel S., Branza-Nichita N., Dwek R.A., Zitzmann N. Effects of Interferon, Ribavirin, and Iminosugar Derivatives on Cells Persistently Infected with Noncytopathic Bovine Viral Diarrhoea Virus. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2004, vol. 48 (2), pp. 497–504. DOI: 10.1128/aac.48.2.497-504.2004.
16. Glotova T.I., Kungurceva O.V., Tugunova T.B., Yadrenkina T.G., Glotov A.G., Donchenko N.A. Protivovirusnaya aktivnost` ribavirina liposomal`nogo v otnoshenii virusa kaliciviroza koshek. [Antiviral activity of liposomal ribavirin against cats calicivirosis virus]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2012, vol. 4. pp. 92–97. (In Russian).
17. Rebrikov D.V., Samatov G.A., Trofimov D.Yu. PCR v real`nom vremeni. [Real-time PCR]. Moscow, BINOM Publ., 2009, 215 p. (in Russian).
18. Gong Y., Trowbridge R., Mackintosh S., Shannon A., Gowans E.J. A stable cell line with a proportion of cells persistently infected with bovine viral diarrhoea virus. *Veterinary Microbiol.* 1998, vol. 63. pp. 117–124. DOI: 10.1016/S0378-1135(98)00230-2.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Никонова А.А., кандидат ветеринарных наук, младший научный сотрудник

Котенева С.В., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Глотов А.Г., доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий лабораторией

AUTHOR INFORMATION

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

Nikonova A.A., Candidate of Science in Veterinary Medicine, Junior Researcher

Koteneva S.V., Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Glotov A.G., Doctor of Science in Veterinary Medicine, Laboratory Head

Дата поступления статьи 27.02.2019
Received by the editors 27.02.2019

ОЦЕНКА ПРОНИЦАЕМОСТИ ДЛЯ БАКТЕРИОФАГОВ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ КИШЕЧНИКА ЦЫПЛЯТ ПРИ ЭЙМЕРИОЗЕ

¹Давыдова Н.В., ¹Коптев В.Ю., ²Козлова Ю.Н., ³Сулимова Л.И.,
^{1,2}Афонюшкин В.Н., ¹Черепушкина В.С.

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

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения
Российской академии наук

Новосибирск, Россия

³Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Давыдова Н.В., Коптев В.Ю., Козлова Ю.Н., Сулимова Л.И., Афонюшкин В.Н., Черепушкина В.С. Оценка проницаемости для бактериофагов слизистой оболочки кишечника цыплят при эймериозе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 57–63, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-7

For citation: Davydova N.V., Koptev V.Yu., Kozlova Yu.N., Sulimova L.I., Afonyushkin V.N., Cherepushkina V.S. Otsenka pronitsaemosti dlya bakteriofagov slizistoi obolochki kishchnika tsyplat pri eimerioze [Estimation of permeability to bacteriophages of intestinal mucosa of chickens with eimeriosis]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 57–63, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-7

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведена оценка проницаемости слизистой оболочки кишечника цыплят, больных эймериозом, при лечении различными ветеринарными препаратами, включая пробиотики. Моделирование типичной клинической картины эймериоза осуществляли посредством орального введения при помощи зонда взвеси с ооцистами кокцидий ($1,6 \times 10^5$ /гол.). Чтобы создать разные формы и интенсивность воспалительных процессов, заражению эймериями подвергали птицу, которая получала различные противокочидийные препараты и пробиотический штамм *Bacillus subtilis*. На основании данных патологоанатомического вскрытия отмечено, что положительный протективный эффект в отношении эймериозов цыплят происходил при применении спорового пробиотика на основе *B. subtilis* и кокцидиостатиков, содержащих робенидина гидрохлорид и салиномицин. Сходную картину наблюдали при оценке проницаемости слизистой оболочки кишечника под воздействием бактериофага, где проницаемость снижалась при применении пробиотика и указанных действующих веществ. В целом снижение продуктивности было значи-

ESTIMATION OF PERMEABILITY TO BACTERIOPHAGES OF THE INTESTINAL MUCOSA OF CHICKENS WITH EIMERIOSIS

¹Davydova N.V., ¹Koptev V.Yu., ²Kozlova Yu.N., ³Sulimova L.I., ^{1,2}Afonyushkin V.N.,
¹Cherepushkina V.S.

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

²Institute of Chemical Biology and Fundamental
Medicine of the Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences

Novosibirsk, Russia

³Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

In the course of the study permeability of intestinal mucosa of chickens suffering from eimeriosis while treating them with various veterinary drugs, including probiotics, was evaluated. The simulation of a typical clinical picture of eimeriosis was carried out by oral administration of suspension with coccidial oocysts (1.6×10^5 /head) using a probe. To create different forms and different intensity of inflammatory processes, chickens that received various anticoccidial preparations and probiotic strain *Bacillus subtilis* were infected with eimeria. According to the data from an autopsy, it was found that the use of a spore probiotic based on *Bacillus subtilis* and anticoccidial drugs containing robenidine hydrochloride and salinomycin had a positive protective effect when treating chickens from eimeriosis. A similar picture was observed when assessing permeability of intestinal mucosa as affected by bacteriophage, whereby permeability decreased with the use of probiotics

тельным во всех группах. Однако на фоне полирезистентности эймерий эффект от применения спорового пробиотика оказался достаточно выраженным. В ситуации, когда кокцидиостатики малоэффективны, использование спорового пробиотика может оказывать заметное протективное действие. Влияние всех исследуемых кокцидиостатиков на концентрацию ооцист и состояние слизистой было незначительным. Это свидетельствует о полирезистентности к данным препаратам разных видов эймерий, выделенных из биологического материала. Анализ целостности слизистой кишечника, проведенный на основе изучения проницаемости для бактериофагов и балльной оценки по Джонсону и Рейду, показал, что наилучшим протективным эффектом при эймериозах, вызванных полевыми изолятами эймерий, обладал споровый пробиотик на основе *B. subtilis* и кокцидиостатики, содержащие робенидин и салиномицин. При лечении эймериоза у кур, вызываемого полирезистентными формами *E. acervulina* и *E. tenella*, целесообразно совместное применение пробиотика и препаратов на основе робенидина и салиномицина.

Ключевые слова: эймериоз, кокцидиостатики, бактериофаг, полирезистентность эймерий, споровый пробиотик, слизистая оболочка кишечника

Причиной возникновения эймериозов на птицефабриках являются несбалансированное кормление, недоброкачественные корма, высокая влажность в помещениях, плотность содержания птицы. Наиболее эффективный метод борьбы с эймериозами птиц – использование препаратов, направленных на устранение клинических проявлений данного заболевания [1]. Одно из перспективных направлений – использование пробиотиков и пребиотиков (синбиотиков – сочетание про- и пребиотиков) [2]. Пробиотические препараты на основе лактобактерий и бифидобактерий характеризуются хорошей переносимостью и в целом безопасны при применении у человека [3]. На основе накопленных знаний в последнее время начало формироваться новое направление – направленное воздействие на микробиом кишечника с целью коррекции ряда патологических состояний [4, 5]. Несмотря на позитивные результаты, некоторые спе-

and the above-mentioned active agents. In general, the decrease in productivity was significant in all groups. However, the effect of spore-based probiotics was quite pronounced against the background of eimeria polyresistance. In the situation where anticoccidial drugs are less effective, the use of a spore-based probiotic can have a noticeable protective effect. The effect of all anticoccidial drugs under study on the concentration of oocysts and the state of the mucosa was insignificant, which indicated polyresistance of different types of eimeria isolated from biological material to these drugs. The analysis of the intestinal mucosa integrity, based on the study of mucosa permeability to bacteriophages and a Johnson and Reid scoring procedure showed that a spore probiotic based on *B. subtilis* and anticoccidial drugs containing robenidine and salinomycin had the best protective effect against eimeriosis caused by field isolates of eimeria. When treating chickens suffering from eimeriosis caused by polyresistant forms of *E. acervulina* and *E. tenella*, it is advisable to use probiotics alongside with drugs based on robenidine and salinomycin.

Keywords: eimeriosis, anticoccidial drugs, bacteriophage, polyresistance of eimeria, spore-based probiotic, intestinal mucosa.

циалисты скептически относятся к таким методам лечения, как использование пробиотиков [6–9].

Цель исследования – оценить проницаемость слизистой оболочки кишечника цыплят, больных эймериозом, при лечении различными ветеринарными препаратами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в секторе молекулярной биологии и лаборатории болезней молодняка сельскохозяйственных животных Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН в октябре – декабре 2017 г.

В экспериментах на лабораторных животных использованы оригинальные бактериофаги из ЦКП «Коллекция микроорганизмов и типовых культур», охарактеризованные генетически и по антибактериальным свойствам.

Эксперимент осуществляли на цыплятах-бройлерах кросса Хайсекс Уайт. Пред-

варительно для моделирования воспаления в кишечнике кур под действием эймерий была подобрана оптимальная доза инвазирования. Заражение осуществляли путем орального введения через зонд 5 мл взвеси, содержащей ооцисты кокцидий. Доза инвазирования была $1,6 \times 10^5$ ооциста на одну голову. Во всех опытных группах цыплят наблюдали изменения клинического состояния, характерные для эймериоза: примесь крови в помете, влажный и жидкий помет, отставание в росте.

Для создания разной интенсивности воспалительных процессов эймериоз моделировали на цыплятах-бройлерах в возрасте 14 сут, получавших различные кокцидиостатики и пробиотический штамм *Bacillus subtilis* (ООО «СИБАФ»). Были использованы следующие препараты (в скобках – действующее вещество): кокцидиостатики «Coccizol 1% MD» (мадурамицин аммония); «Avatec 150G» (лазалоцид натрия); «CYCOSTAT 66G» (робенидина гидрохлорид), «KGCOCIZIN» (никарбазин); «Кокцисан 120 г» (салиномицин); ESDEC (декоквинат). Доза введения составила 500 г/т согласно инструкциям производителя. Концентрацию ооцист кокцидий (*E. tenella*, *E. acervulina*, *E. maxima*) в помете в опытных группах цыплят-бройлеров в возрасте 14 сут измеряли на 4, 5 и 6-й день опыта на фоне применения препаратов, пробиотика, а также в контрольной интактной группе (см. табл. 1).

Через 10 дней после начала эксперимента проводили убой птицы, осуществляли патологоанатомический анализ внутренних органов. При вскрытии у цыплят, получавших кокцидиостатики, пробиотик, а также

в интактной контрольной группе проводили балльную оценку слизистой оболочки кишечника по методике Джонсона и Рэйда.

Оценку проницаемости слизистой оболочки кишечника для бактериофагов *Pseudomonas aeruginosa* (P.a. 1, 2, 3, 4) осуществляли следующим образом: перед выведением птицы из эксперимента через зонд вводили смесь препаратов бактериофагов в дозе не менее 1×10^8 БОЕ/мл. Через 3 ч после введения проводили взятие крови из подкрыльцовой вены и посев 10-кратных разведений плазмы крови на полужидкий агар по методу Грация [10] с использованием четырех тест-штаммов *P. aeruginosa*, специфичных в отношении каждого из штаммов бактериофагов. Оценку проницаемости слизистой оболочки кишечника осуществляли четырехкратно.

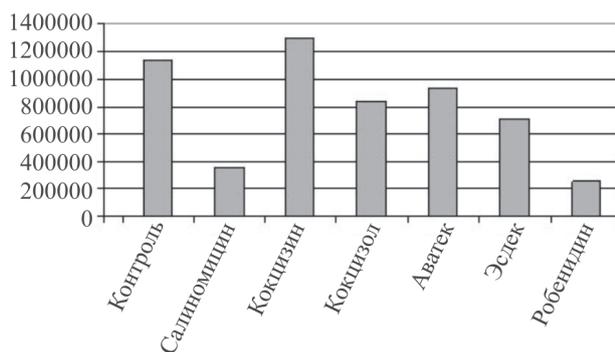
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка влияния препаратов-кокцидиостатиков и спорового пробиотика на основе *B. subtilis* на концентрацию ооцист кокцидий в помете. В табл. 1 указано, что концентрация ооцист *E. tenella* в течение опыта варьировала от $2,49 \times 10^6$ /г помета на 4-й день после инвазирования у цыплят контрольной группы до $1,28 \times 10^4$ /г помета у цыплят, получавших с кормом робенидин. Кроме того, пик накопления ооцист в помете опытных групп наблюдали на 5-й день эксперимента.

На рисунке показано, что в наибольшей степени способствовали снижению концентрации ооцист *E. tenella* в помете опытной птицы препараты, содержащие робенидина гидрохлорид и салиномицин. Наименьшую эффективность показали препараты, содер-

Табл. 1. Концентрация ооцист *E. tenella* в помете у цыплят контрольной и опытных групп
Table 1. *E. tenella* oocyst concentration in chicken litter in control and experimental groups

Группа	Действующее вещество	День опыта			M
		4-й	5-й	6-й	
1-я	Салиномицин	44 800	921 600	115 200	360 533,3
2-я	Никарбазин	48 000	363 5200	193 600	1 292 267
3-я	Мадуромицин	20 800	1 715 200	768 000	8 346 66,7
4-я	Лазалоцид	54400	2 099 200	659 00	937 600
5-я	Декоквинат	38400	1 740 800	358 400	7 125 33,3
6-я	Робенидин	12800	627 200	115 200	2 517 33,3
7-я	Контроль	2 496 000	417 600	486 400	1 133 333



Средние концентрации ооцист *E. tenella*
E. tenella oocyst average concentrations

жащие в качестве действующего вещества лазалоцид и никарбазин.

Концентрация ооцист *E. acervulina* варьировала на 4-й день от полного отсутствия во всех опытных группах, получавших кокцидиостатики, до $2,3 \times 10^5$ /г помета на 5-й день после инвазирования цыплят в группе, получавшей с кормом мадурамицин (см. табл. 2). После завершения жизненного цикла эймерий в наибольшей степени способствовали снижению концентрации ооцист в помете препараты, содержащие в качестве действующего вещества робенидина гидрохлорид и салиномицин. Наименее эффективны были лазалоцид и мадурамицин.

Оценка влияния препаратов-кокцидиостатиков и спорового пробиотика на ос-

Табл. 2. Концентрация ооцист *E. acervulina* в помете у цыплят контрольной и опытных групп
Table 2. *E. acervulina* oocyst concentration in chicken litter in control and experimental groups

Группа	Действующее вещество	День опыта			M
		4-й	5-й	6-й	
1-я	Салиномицин	0	102 400	0	34 133,33
2-я	Никарбазин	0	166 400	41 600	69 333,33
3-я	Мадурмицин аммония	0	230 400	102 400	110 933,3
4-я	Лазалоцид натрия	0	193 600	102 400	986 66,67
5-я	Декоквинат	0	89 600	51 200	46 933,33
6-я	Робенидин	0	76 800	43 200	40 000
7-я	<i>B. subtilis</i>	486 400	832 000	44 600	586 666,7
8-я	Контроль	92 800	41 600	115 200	83 200

нове *B. subtilis* на поражение слизистой оболочки толстого отдела кишечника. Во всех группах отмечено отсутствие выраженных изменений, характерных для действия *E. tenella* (см. табл. 3). Наблюдали единичные кровоизлияния в слепой кишке. Более выраженные повреждения слизистой, характерные для действия *E. maxima* и *E. acervulina*, отмечали у цыплят в двенадцатиперстной и тощей кишке. Изменения в опытных группах были выражены больше, чем у цыплят, получавших *B. subtilis*. В сравнении с контролем наибольшее улучшение состояния слизистой оболочки кишечника наблюдали в группах, получавших препараты, содержащие робенидин и салиномицин, что соответствует данным по оценке концентрации ооцист в помете цыплят.

Описанные в литературе защитные реакции слизистой кишечника (такие, как активизация клеточного конвейера, увеличение концентрации иммунокомпетентных клеток в слизистой, формирование провоспалительного статуса иммунной системы) [11–13], активизируемые обычно под действием споровых пробиотиков [14], носят универсальный характер и в том числе способны снижать ущерб от эймериоза [15].

Оценка влияния проницаемости слизистой оболочки кишечника для бактериофагов типа *P. aeruginosa* (P.a. 1, 2, 3, 4) при применении кокцидиостатиков и спорового пробиотика. Препараты на основе кокцидиостатика, содержащего робенидин, и пробиотика на основе *B. subtilis* воспроизводимо снижали количество положительных проб у

Табл. 3. Балльная оценка состояния слизистой кишечника по Джонсону и Рейду

Table 3. Score assessment of the state of intestinal mucosa according to Johnson and Reid

Группа	Действующее вещество	<i>E. acervulina</i>	<i>E. maxima</i>	<i>E. tenella</i>
1-я	Лазалоцид	1,8	1,6	0
2-я	Робенидин	0	0,8	0,2
3-я	Салиномицин	0	0,4	0
4-я	Мадурмицин	1,6	2	0
5-я	Никарбазин	0,2	1,4	0
6-я	<i>B. subtilis</i>	1	1,4	0
7-я	Контроль	1,4	2	0

Табл. 4. Встречаемость бактериофагов ($>1 \times 10^4$ БОЕ/мл) *P. aeruginosa* в крови цыплят, %

Table 4. *P. aeruginosa* bacteriophages occurrence ($>1 \times 10^4$ BOE/ml) in the blood of chickens, %

Используемые препараты	<i>P.a. 4</i>	<i>P.a. 1</i>	<i>P.a. 2</i>	<i>P.a. 3</i>
Мадурамицин	0	50	0	100
Салиномицин	0	0	0	100
Лазалоцид	0	100	0	100
<i>B. subtilis</i>	0	20	0	40
Никарбазин	0	40	0	60
Робенидин	0	25	0	50

цыплят с эймериозом, что также подтверждает достоверность данных по оценке целостности слизистой оболочки кишечника, полученных на основании анализа проницаемости для бактериофагов. Препараты, содержащие мадурамицин, лазалоцид и никарбазин, характеризовались худшим протективным эффектом (см. табл. 4). Удельная доля цыплят, в крови которых встречался бактериофаг *P.a. 1*, составляла 50, 100 и 40% соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ целостности слизистой кишечника, проведенный на основе изучения проницаемости слизистой для бактериофагов, и балльной оценки по Джонсону и Рейду, показал, что наилучшим протективным эффектом при эймериозах, вызванных полевыми изолятами эймерий, обладали споровый пробиотик на основе *B. subtilis*, и кокцидиостатики, содержащие робенидин и салиномицин. При лечении эймериоза у кур, вызываемых полирезистентными формами *E. acervulina* и *E. tenella*, целесообразно совместное применение пробиотика и препаратов на основе робенидина и салиномицина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дагаева А.Б., Абдулмогомедов С.Ш., Бакриева Р.М., Гаджимурадова З.Т. Эймериозы птиц и меры борьбы с ними в Республике Дагестан // Ветеринария и кормление. 2016. № 6. С. 41.
2. Кононенко С.И. Повышение биологического потенциала птицы за счет использо-

вания пробиотиков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 127 (03). С. 1–19. DOI: 10.21515/1990-4665-127-036.

3. Андреева И.В. Потенциальные возможности применения пробиотиков в клинической практике // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2006. Т. 8. № 2. С. 153.
4. Каннер Е.В., Максимов М.Л., Горелова Е.А., Петров В.А. Современные подходы к коррекции микробиома кишечника у детей при проведении антибактериальной терапии // Медицинский совет. 2016. № 1. С. 102–106.
5. Черневская Е.А., Белобородова Н.В. Микробиота кишечника при критических состояниях (обзор) // Общая реаниматология. 2018. Т. 14, № 5. С. 96–119. DOI: 10.15360/1813-9779-2018-5-96-119.
6. Шендеров Б.А., Ткаченко Е.И., Лазебник Л.Б., Ардатская М.Д., Синуца А.В., Захарченко М.М. Метабиотики – новая технология профилактики и лечения заболеваний, связанных с микробиологическими нарушениями в организме человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2018. № 3 (151). С. 83–92.
7. Яковенко Э.П., Агафонова Н.А., Яковенко А.В., Иванов А.Н., Солуянова И.П. Антибиотики, пребиотики, пробиотики, метабиотики при избыточном бактериальном росте в тонкой кишке // Трудный пациент. 2018. Т. 16. № 4. С. 16–22.
8. Иванова Д.А., Калинина И.В., Михайлова А.П. Оценка антистрессового эффекта функциональных продуктов питания, обогащенных веществами с антиоксидантным и микробиотическим действием. Сообщение 1 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2018. Т. 11. № 4 С. 48–60. DOI: 10.14529/psy180406.
9. Афонюшкин В.Н., Филипенко М.Л., Козлова Ю.Н. НАОайболиты. Бактериофаги как альтернатива антибиотикам в ветеринарии // Наука из первых рук. 2016. № 4 (70). С. 82–87.
10. Садртдинова Г.Р., Васильев Д.А., Золотухин С.Н. Выделение бактериофагов *Klebsiella oxytoca* под действием рентгеновского облучения // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1 (33). С. 76–80.
11. Подопригора Г.И., Кафарская Л.И., Байнов Н.А., Шкопоров А.Н. Бактериальная

- транслокация из кишечника: микробиологические, иммунологические и патофизиологические аспекты // Вестник Российской академии медицинских наук. 2015. № 70 (6). С. 640–650. DOI: 10.15690/vramn564
12. Феоктистова Н.В., Марданова А.М., Хадиева Г.Ф., Шарипова М.Р. Пробиотики на основе бактерий рода *Vacillus* в птицеводстве // Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки». 2017. Т. 159, кн.1. С. 85–107.
 13. Жучаев К.В., Борисенко Е.А., Ефанова Н.В. Физиологический эффект пробиотика «Зоо-вестина» в экспериментах на непродуктивных животных // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (35). С. 107.
 14. Савустьяненко А.В. Механизмы действия пробиотиков на основе *Vacillus subtilis* // Актуальная инфектология. 2016. № 2 (11). С. 35–43.
 15. Данилевская Н.В., Субботин В.В., Доуади Я. Влияние различных доз пробиотика на основе лакто- и бифидофлоры на динамику сохранности и живой массы бройлеров в условиях Алжира // Российский ветеринарный журнал. 2013. № 3. С. 28–30.
- ## REFERENCES
1. Dagaeva A.B., Abdulmogomedov S.Sh., Bakrieva R.M., Gadzhimuradova Z.T. Eimeriozu ptits i mery bor'by s nimi v Respublike Dagestan [Eimeriosis of poultry and measures to combat it in the Republic of Dagestan] *Veterinariya i kormlenie* [Jurnal Veterinaria I Kormlenie], 2016, no. 6, pp. 41. (In Russian).
 2. Kononenko S.I. Povyshenie biologicheskogo potentsiala ptitsy za schet ispol'zovaniya probiotikov [Increasing of biological potential of poultry due to the use of probiotics]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2017, no. 127 (03), pp. 1–19. DOI: 10.21515/1990-4665-127-036. (In Russian).
 3. Andreeva I.V. Potentsial'nye vozmozhnosti primeneniya probiotikov v klinicheskoi praktike [Potential for the use of probiotics in clinical medicine]. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya* [Clinical microbiology and antimicrobial chemotherapy], 2006, vol. 8, no. 2, pp. 153. (In Russian).
 4. Kanner E.V., Maksimov M.L., Gorelova E.A., Petrov V.A. Sovremennye podkhody k kor-
 5. rektsii mikrobioma kishechnika u detei pri provedenii antibakterial'noi terapii [Modern approaches to correction of intestinal microbiome in children during antibacterial therapy]. *Meditinskii sovet* [Medical Council], 2016, no. 1, pp. 102–106. (In Russian).
 5. Chernevskaya E.A., Beloborodova N.V. Mikrobiota kishechnika pri kriticheskikh sostoyaniyakh (obzor) [Intestinal microbiota in critical conditions (review)]. *Obshchaya reanimatologiya* [General Reanimatology], 2018, vol. 14, no. 5, pp. 96–119. DOI: 10.15360/1813-9779-2018-5-96-1. (In Russian).
 6. Shenderov B.A., Tkachenko E.I., Lazebnik L.B., Ardatskaya M.D., Sinitza A.V., Zakharchenko M.M. Metabiotiki – novaya tekhnologiya profilaktiki i lecheniya zabol-evanii, svyazannykh s mikroekologicheskimi narusheniyami v organizme cheloveka [Metabiotics are a novel technology of prevention and treatment of diseases associated with microecological imbalance of human body]. *Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental and Clinical Gastroenterology Journal], 2018, no. 3 (151), pp. 83–92. (In Russian).
 7. Yakovenko E.P., Agafonova N.A., Yakovenko A.V., Ivanov A.N., Soluyanov I.P. Antibiotiki, prebiotiki, probiotiki, metabiotiki pri izbytochnom bakterial'nom roste v tonkoi kishke [Antibiotics, prebiotics, probiotics, metabiotics in the therapy of bacterial overgrowth in the small intestine]. *Trudnyi patsient* [Difficult patient], 2018, vol. 16, no. 4, pp. 16–22. (In Russian).
 8. Ivanova D.A., Kalinina I.V., Mikhailova A.P. Otsenka antistressovogo effekta funktsional'nykh produktov pitaniya, obogashchennykh veshchestvami s antioksidantnym i mikrobioticheskim deistviem. Soobshchenie 1 [Assessment of stress-protective effect of functional food products enriched with substances with antioxidant and microbiotic effect. Part 1]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Bulletin of the South Ural State University], 2018, vol. 11, no. 4, pp. 48–60. DOI: 10.14529/psy180406. (In Russian).
 9. Afonyushkin V.N., Filipenko M.L., Kozlova Yu.N. NANOaibolity. Bakteriofagi kak al'ternativa antibiotikam v veterinarii [NANO “Doctors”. Bacteriophages as an alternative to antibiotics in veterinary medicine]. *Nauka iz pervykh ruk* [Science First Hand], 2016, no. 4 (70), pp. 82–87. (In Russian).
 10. Sadrtidinova G.R., Vasil'ev D.A., Zolotukhin S.N. Vydelenie bakteriofagov Klebsi-

- ella oxytoca pod deistviem rentgenovskogo oblucheniya [The isolation of bacteriophages of *Klebsiella oxytoca* under the action of x-irradiation]. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii* [Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy], 2016, no. 1 (33), pp. 76–80. (In Russian).
11. Podoprigora G.I., Kafarskaya L.I., Bainov N.A., Shkoporov A.N. Bakterial'naya translokatsiya iz kishhechnika: mikrobiologicheskie, immunologicheskie i patofiziologicheskie aspekty [Bacterial translocation from intestine: microbiological, immunological and pathophysiological aspects]. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences], 2015, no. 70 (6), pp. 640–650. DOI: 10.15690/vramn564. (In Russian).
 12. Feoktistova N.V., Mardanova A.M., Khadieva G.F., Sharipova M.R. Probiotiki na osnove bakterii roda Bacillus v ptitsevodstve [Probiotics based on bacteria of the genus Bacillus in poultry]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya «Estestvennye nauki»* [Scientific notes of Kazan University. Series “Natural Sciences”], 2017, vol. 159, kn. 1, pp. 85–107. (In Russian).
 13. Zhuchaev K.V., Borisenko E.A., Efanova N.V. Fiziologicheskii effekt probiotika «Zoovestina» v eksperimentakh na neproduktivnykh zhivotnykh [Physiological effect of probiotic Zoovestin in experiments conducted on pets]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2015, no. 2 (35), pp. 107. (In Russian).
 14. Savust'yanenko A.V. Mekhanizmy deistviya probiotikov na osnove Bacillus subtilis [Mechanisms of probiotic action based on Bacillus Subtilis]. *Aktual'naya infektologiya* [Current Infectology], 2016, no. 2 (11), pp. 35–43. (In Russian).
 15. Danilevskaya N.V., Subbotin V.V., Douadi Ya. Vliyanie razlichnykh doz probiotika na osnove lakto- i bifidoflory na dinamiku sokhrannosti i zhivoi massy broilerov v usloviyakh Alzhira [Effect of different doses of probiotic based on lacto- and bifidobacterium flora on the dynamics of live weight and survival rate of broilers grown in Algeria]. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal* [Russian veterinary journal], 2013, no. 3, pp. 28–30. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Давыдова Н.В., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Коптев В.Ю., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Козлова Ю.Н., кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

Сулимова Л.И., заведующая лабораторией

✉ **Афонюшкин В.Н.**, кандидат биологических наук, заведующий сектором; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: lisocim@mail.ru

Черепушкина В.С., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Davydova N.V., Candidate of Science in Veterinary Medicine., Senior Researcher

Koptev V.Yu., Candidate of Science in Veterinary Medicine., Senior Researcher

Kozlova Yu.N., Candidate of Science in Biology, Junior Researcher

Sulimova L.I., Laboratory Head

✉ **Afonyushkin V.N.**, Candidate of Science in Biology, Sector Head; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia, e-mail: lisocim@mail.ru

Cherepushkina V.S., Junior Researcher

Финансовая поддержка.

Работа выполнена при частичной поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН II. 1 (№ 0778-2018-0112 и 0309-2018-011), «Микриобиом человека и сельскохозяйственных животных. Изучение возможностей коррекции» ПФНИ ГАН 2013-2020 № АААА-А17-117020210027-9

Дата поступления статьи 10.02.2019
Received by the editors 10.02.2019

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКОБАКТЕРИЙ ПАРАТУБЕРКУЛЕЗА

Ионина С.В.

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

Для цитирования: Ионина С.В. Культивирование микобактерий паратуберкулеза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 64–69, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-8

For citation: Ionina S.V. Kul'tivirovanie mikobakterii paratuberkuleza [Cultivation of *Mycobacterium paratuberculosis*]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 64–69, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-8

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Представлена новая плотная питательная среда для культивирования микобактерий паратуберкулеза, состоящая из органических и неорганических ингредиентов. В лабораторных условиях проведены исследования диагностической информативности и эффективности плотных питательных сред, используемых для культивирования микобактерий паратуберкулеза. В состав разработанной среды в качестве минерально-солевой основы введена вытяжка из золы древесины березы 3%-й концентрации и стимулятор роста биологического происхождения – оксидат торфа. При конструировании испытываемой среды в качестве аналога использовали яичную питательную среду Левенштейна-Йенсена с добавлением микобактина, который представляет собой вытяжку из *Mycobacterium phlei* и содержит вещества, необходимые для питания и размножения *Mycobacterium paratuberculosis* на искусственных питательных средах. Проверку питательных сред на совместимость и растворимость компонентов проводили в дистиллированной воде в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями. Длительность наблюдения составила от 60 до 90 дней. Приведено сравнение сроков появления первичного и интенсивного роста микобактерий паратуберкулеза на опытной среде и контрольной среде Левенштейна-Йенсена с микобактином. Колонии первичного и интенсивного роста стандартизированного штамма *M. paratuberculosis* и изолята *M. paratuberculosis*, выделенного из биоматериала крупного рогатого скота, на опытной яичной питательной среде появились на 3–7 сут быстрее, чем на контрольной среде Левенштейна-Йенсена с микобактином. При посеве биоматериала (лимфатические узлы и кишечник) от крупного рогатого скота первичный рост *M. paratuberculosis* на опытной среде отме-

CULTIVATION OF MYCOBACTERIUM PARATUBERCULOSIS

Ionina S.V.

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

The paper presents a new solid growth medium for the cultivation of *Mycobacterium paratuberculosis* consisting of organic and inorganic ingredients. The study of diagnostic informative value and effectiveness of solid growth media used for cultivation of *Mycobacterium Paratuberculosis* was carried out in the laboratory conditions. Extract from birch-wood ash of 3% concentration and a growth stimulant of biological origin, peat oxide, were introduced as a mineral salt bases into the developed medium. When constructing the test medium, Lowenstein–Jensen egg growth medium with the addition of mycobactin, which is an extract from *Mycobacterium. phlei* and contains substances necessary for the nutrition and reproduction of *Mycobacterium paratuberculosis* on artificial nutrient media, was used as an analogue. A test on compatibility and solubility of the components was done in distilled water in accordance with the generally accepted guidelines. The duration of observation ranged from 60 to 90 days. A comparison was made between the time of appearance of the primary and intensive growth of mycobacteria of paratuberculosis on the experimental medium and the Lowenstein–Jensen control medium with mycobactin. Colonies of primary and intensive growth of standardized *M. paratuberculosis* strain and *M. paratuberculosis* isolate obtained from the cattle biomaterial on experimental egg growth medium appeared 3-7 days faster than on Lowenstein–Jensen control medium with mycobactin. When inoculating biomaterial from cattle (lymph nodes and intestine), the primary growth of *M. paratuberculosis* on the experimental medium was noted 7 days earlier than on the control one, and the intensive growth was 3 days earlier. The ex-

чен на 7 сут раньше, чем на контрольной, интенсивный рост – на 3-е суток. Опытная питательная среда дешевле и проще в процессе приготовления, чем контрольная среда Левенштейна-Йенсена с использованием микобактина, приготовление которого является достаточно трудоемким технологическим процессом.

Ключевые слова: паратуберкулез, микобактерии, питательные среды, первичный рост, интенсивный рост

ВВЕДЕНИЕ

Клинические симптомы и патологоанатомическая картина паратуберкулеза впервые были описаны в XIX в. Название болезни *Johnie* происходит из работ Н.А. Johnie и L. Frothingham, которые в 1895 г. продемонстрировали связь между энтеритом крупного рогатого скота и наличием не кислотоустойчивых микроорганизмов в участках слизистой оболочки кишечника. В 1906 г. О. Bang установил различие между туберкулезным и нетуберкулезным энтеритом и предложил, что последний можно назвать псевдотуберкулезным энтеритом. Идентификация этиологического агента приписывается F.W. Twort, которому в 1912 г. удалось культивировать и охарактеризовать микобактерии, которые в 1914 г. были использованы, чтобы воспроизвести экспериментальный энтерит. После полной характеристики *Mycobacterium paratuberculosis* в качестве отдельного вида внутри рода *Mycobacterium*, болезнь была переименована в паратуберкулез [1, 2].

Инфекции, вызванные *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), к группе которых относится паратуберкулезный энтерит, могут быть скрыты и не проявляться у животных в течение многих лет, но в какой-то момент у них начинают проявляться клинические признаки инфекции. Инкубационный период при этом находится в обратной зависимости от объема инфицирования и может быть очень длительным. Паратуберкулез может иметь различные формы проявления болезни: от форм с высокой распространенностью и значительной смертностью к случаям с очень низкой распространенностью и невысокой заболеваемостью и смертностью. Постановка диагно-

perimental growth medium is cheaper and simpler to prepare than Lowenstein–Jensen control medium with mycobactin, whose preparation is a rather laborious technological process.

Keywords: paratuberculosis, mycobacteria, growth media, primary growth, intensive growth

за на паратуберкулез, преимущественно в латентной стадии инфекции, является проблемой, так как скрытое течение приводит к различной интерпретации имеющихся симптомов. Факторы, которые могут повлиять на скорость прогрессирования или восстановления от инфекции, пока невозможно установить [3–5]. Выделение возбудителя паратуберкулеза лабораторными методами – достаточно затруднительная задача, так как *Mycobacterium paratuberculosis* очень медленно растущий привередливый микроорганизм: пролиферация многих штаммов требует присутствия специфического фактора роста – микобактина. Формирование видимых колоний на твердых средах может потребовать до 4 месяцев, независимо от присутствия различных добавок. В то время как зависимость от металлов для роста является общим признаком всех бактерий, особенность потребности в железе патогенных микобактерий заключается в том, что для поглощения и утилизации этого металла необходим органический источник. При этом нельзя определить вид микобактерий с помощью только одного теста. Только после проведения многократных испытаний со специфическими маркерами (факторы роста, ингибиторы роста, специфические ферменты, липиды рестрикционного анализа ДНК, диапазон патогенности) выделенный из животного источника микроорганизм, может классифицироваться как *M. paratuberculosis* [6, 7].

Для выявления больных животных используют разработанные в разные годы методы микробиологической диагностики. Однако ни один из них в отдельности на ранней стадии паратуберкулезного процес-

са не позволяет выявить инфицированных животных. Диагноз считают установленным при обнаружении в органах больных животных характерных для паратуберкулеза изменений или при выделении возбудителя из различного биологического материала. Данные причины приводят к сложностям при разработке усовершенствованных специфических средств диагностики паратуберкулеза. Следовательно, дальнейшая разработка более совершенных методов диагностики этого заболевания остается актуальной на настоящий момент¹ [8, 9].

Цель исследований – разработать яичную питательную среду, используя минерально-солевую основу и стимулятор роста биологического происхождения, для культивирования микобактерий паратуберкулеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В лаборатории туберкулеза сельскохозяйственных животных Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук (ИЭВС и ДВ СФНЦА РАН) проведены научные исследования по разработке новой яичной питательной среды для проведения культивирования микобактерий паратуберкулеза. Для достижения поставленной задачи по повышению диагностической информативности в составе разработанной среды, в качестве минерально-солевой основы, которая является одним из важных составляющих питательных сред, была использована вытяжка из золы древесины березы 3%-й концентрации и стимулятор роста биологического происхождения – оксидат торфа. Использование вытяжки древесной золы было обусловлено тем, что при проведении спектрального анализа в ее составе были обнаружены все элементы (калий, натрий, железо, цинк и другие), необходимые

для питания микобактерий, в качестве источника углерода ввели глицерин [10].

Для достижения оптимальных сроков роста микобактерий на питательных средах необходимо введение дополнительных элементов – факторов роста, которыми могут быть добавки природного происхождения: экстракты и вытяжки² [11]. При конструировании опытной среды таким фактором роста явился оксидат торфа, представляющий собой комплекс из макро- и микроэлементов (железо, йод, кобальт, медь, кальций, магний, селен, цинк, натрий) и гуматов – продуктов взаимодействия бурого угля с водным раствором щелочи. В результате образуются легкорастворимые в воде элементы, такие как гумат натрия или гумат калия, которые обладают физиологически активными свойствами, необходимыми для роста и развития микроорганизмов.

При конструировании испытуемой среды в качестве аналога использовали яичную питательную среду Левенштейна-Йенсена с добавлением микобактина, который представляет собой вытяжку из *M. phlei* и содержит вещества, необходимые для питания и размножения *M. paratuberculosis* на искусственных питательных средах. Приготовление сред проводили с проверкой на совместимость компонентов и их растворимость в дистиллированной воде³.

С целью исследования диагностической информативности опытной среды в качестве контроля использовали среду Левенштейна-Йенсена с микобактином, на которую проводили посев 3-недельного эталонного штамма *M. paratuberculosis* (Центрально-Любинский) и изолята *M. paratuberculosis*. Изолят выделили из биологического материала (кишечник и лимфатические узлы) от 10 голов крупного рогатого скота (КРС), положительно реагирующих на внутрикожное введение ППД-туберкулина для млекопитающих [12]. Биоматериал был обработан методом А.П. Аликаевой⁴.

¹ Алиев А.П., Фадеева Н.Г. Выделение микобактерий паратуберкулеза из патологического материала // Способы и средства диагностики и борьбы с туберкулезом, бруцеллезом и паратуберкулезом сельскохозяйственных животных: бюллетень ВИЭВ. М., 1990. Вып. 73–74. С. 71–76.

² Пригода А.С., Муратов В.С. Современное состояние и перспективы получения и использования питательных сред. М.: ВНИИ СЭНТИ, 1989. 55 с.

³ Методические рекомендации по изготовлению и использованию питательных сред и растворов для микробиологических целей, культивирования клеток и вирусов. М.: Медицина, 1986. 69 с.

⁴ Байрак В.А., Беляев В.М., Гительсон С.С. Практикум по ветеринарной микробиологии. М.: Колос, 1980. 216 с.

Из культур микобактерий готовили суспензию по стандарту мутности 500 млн кл./мл и засеивали в пробирки со средами по 1 мл. Для посевов использовали по 10 пробирок контрольной и опытных сред.

Длительность наблюдения составила от 60 до 90 дней. Для выявления роста микобактерий пробирки с посевами просматривали через каждые 2 дня в течение первых 14 дней опыта, затем 1 раз в неделю.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Научные исследования по созданию плотной питательной среды для культивирования микобактерий паратуберкулеза проводятся в лаборатории туберкулеза сельскохозяйственных животных ИЭВС и ДВ с 2007 г. При конструировании данной среды использовали различные ингредиенты. В результате проведенных исследований был отобран вариант, в котором в качестве заменителя ростового фактора – микобактина, использовали оксидат торфа с добавлением его в 3%-ю вытяжку из золы древесины березы, оптимальная концентрация которой для роста микобактерий паратуберкулеза была установлена опытным путем.

В процессе исследований по разработке состава плотной питательной среды использовали вещества органического и неорганического происхождения в различных концентрациях и соотношениях (10 вариантов). В результате был сконструирован окончательный вариант, включающий следующие компоненты в указанном соотношении:

Яйца куриные	4–5 шт.
3%-я вытяжка древесной золы	100 мл
2%-й водный раствор малахитовой зелени	4 мл
Глицерин	2,0 г
Оксидат торфа	2,0 г

Приготовление среды. Куриные яйца (4–5 шт.) моют щеткой с мылом и обрабатывают спиртом. Стерильным пинцетом разбивают яйца и выливают в стерильную колбу с бусами. Колбу встряхивают несколько минут после добавления каждого яйца до образования однородной массы. Добавляют 4 мл 2%-го раствора малахитовой зелени и вводят в качестве солевой основы 100 мл 3%-й вытяжки древесной золы. В качестве биологически-активной добавки в питательную среду вводят оксидат торфа (Стимулятор роста растений «Оксидат торфа Универсальный» ТУ 88 БССР 135–88). Фильтруют через марлевый фильтр и помещают в аппарат для свертывания и инактивирования сыворотки АСИС при температуре 85 °С в течение 30 мин, предварительно разливая по 4–5 мл среды в пробирки.

Проведенные исследования по изучению диагностической информативности опытной яичной питательной среды и контрольной питательной среды Левенштейна-Йенсена с использованием микобактина показали, что первичный рост эталонного штамма *M. paratuberculosis* и изолята *M. paratuberculosis*, выделенного из биоматериала КРС, на опытной среде проявился на 5-е сутки, на контрольной среде – на 8-е сутки; интенсивный рост был отмечен на 13-е и 20-е сутки соответственно.

При исследовании диагностической эффективности опытной и контрольной сред первичный рост *M. paratuberculosis* при посеве биоматериала от КРС на опытной среде наблюдали на 13-е сутки, на контрольной – на 20-е сутки, интенсивный рост был отмечен на 23-е и 26-е сутки соответственно (см. таблицу).

Рост колоний микобактерий паратуберкулеза, сут
Growth of mycobacteria colonies of paratuberculosis, days

Питательные среды	Эталонный штамм <i>M. paratuberculosis</i>		Изолят <i>M. paratuberculosis</i> из биоматериала КРС		Биоматериал от КРС	
	первичный	интенсивный	первичный	интенсивный	первичный	интенсивный
Левенштейна-Йенсена с микобактином	8	20	8	20	20	26
Опытная	5	13	5	13	13	23

ВЫВОДЫ

1. Колонии первичного и интенсивного роста эталонного штамма *M. paratuberculosis* и изолята *M. paratuberculosis*, выделенного из биоматериала крупного рогатого скота, на опытной яичной питательной среде появились на 3–7 сут быстрее, чем на контрольной среде Левенштейна-Йенсена с микобактерином. При посеве биоматериала (лимфатические узлы и кишечник) от крупного рогатого скота первичный рост *M. paratuberculosis* на опытной среде отмечен на 7 сут раньше, чем на контрольной, а интенсивный рост – раньше на 3-е суток. Выявлено, что опытная яичная питательная среда обладает большей диагностической информативностью и эффективностью для определения скорости первичного и интенсивного роста *M. paratuberculosis*, чем контрольная. Опытная питательная среда дешевле и проще в процессе приготовления, чем контрольная среда Левенштейна-Йенсена с использованием микобактерина, приготовление которого является достаточно трудоемким технологическим процессом.

2. В лаборатории туберкулеза сельскохозяйственных животных ИЭВС и ДВ СФНЦА РАН сконструирована новая плотная питательная среда для культивирования микобактерий паратуберкулеза, в состав которой входят куриные яйца, 3%-я вытяжка золы древесины березы, глицерин и оксидат торфа, представляющий собой биологическую добавку. На данную среду получен патент «Питательная среда для культивирования микобактерий паратуберкулеза» № 2439146 от 10 января 2012 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cocito C., Gilot Ph., Coene M., Kesse de M., Poupard P., Vannuffel P. Paratuberculosis // *Clinical microbiology reviews*. 1994, Vol. 7(3), P. 328–345.
2. Ху Б. Распространение и методы диагностики паратуберкулеза у крупного рогатого скота в России (обзорная статья) // *Успехи современной науки и образования*. 2016. Т. 4. № 6. С. 135–141.
3. Whittington R.J. Progress towards understanding the spread, detection and control of Mycobac-

terium avium subsp paratuberculosis in animal populations // *Australian Veterinary Journal*. 2001. Vol. 79(4). P. 267–278. DOI: 10.1111/j.1751-0813.2001.tb11980.x

4. Гулюкин М.И., Клименко А.И., Овдиенко Н.П. Микобактерии и микобактериальные инфекции животных: монография. СПб.: Лань, 2018. 304 с.
5. Nielsen S.S., Toft N. Ante mortem diagnosis of paratuberculosis: A review of accuracies of ELISA, interferon- γ assay and faecal culture techniques // *Veterinary Microbiology*. 2008. Vol. 129, Is. 3–4, P. 217–235. DOI: 10.1016/j.vetmic.2007.12.011.
6. Jenkins P.A. Lipid analysis in the identification of mycobacteria-an appraisal // *Rev. Infect. Dis.* 1981. Vol. 3. P. 862–866. DOI:10.1093/clinids/3.5.862
7. Jenkins P.A., Pattyn S.R., Portaels F. Diagnostic bacteriology // *The biology of the mycobacteria*. New York. Academic Press, Inc., 1982. Vol. 1. P. 441–470.
8. Найманов А.Х., Толстенко Н.Г., Вангели Е.П., Устинова Г.И., Гулюкин М.И. Проблемы диагностики микобактериальных инфекций крупного рогатого скота // *Ветеринария*. 2014. № 6. С. 3–8.
9. Ионина С.В., Донченко Н.А., Донченко В.Н. Культивирование микобактерий // *Ветеринария*. 2013. № 1. С. 60–61.
10. Завгородний А.И., Позмогова С.А., Гурка М.А. Изучение культурально-морфологических, биохимических и биологических свойств выделенных культур *M. paratuberculosis* // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. № 9 (119). С. 93–97.
11. Иерусалимский Н.Д. Основы физиологии микроорганизмов: монография. М.: Издательство АН СССР, 1963. 244 с.
12. Ионина С.В., Дымова М.А., Филипенко М.Л., Донченко Н.А. Генетическое разнообразие изолятов *Mycobacterium avium*, циркулирующих на территории Западной Сибири // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2015. № 4 (28). С. 31–37.

REFERENCES

1. Cocito C., Gilot Ph., Coene M., Kesel de M., Poupard P., Vannuffel P. Paratuberculosis. *Clinical microbiology reviews*, 1994, vol. 7(3), pp. 328–345.

2. Khu B. Rasprostraneniye i metody diagnostiki paratuberkuleza u krupnogo rogatogo skota v Rossii (obzornaya statya) [Distribution and methods of diagnostics paratuberculosis (review article)] *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Success of Modern Science and Education], 2016, vol. 4, no. 6, pp. 135–141. (In Russian).
3. Whittington R.J. Progress towards understanding the spread, detection and control of *Mycobacterium avium* subsp paratuberculosis in animal populations. *Australian Veterinary Journal*. 2001, vol. 79(4), pp. 267–278. DOI: 10.1111/j.1751-0813.2001.tb11980.x
4. Gulukin M.I., Klimenko A.I., Ovdienko N.P. *Mikobakterii i mikobakterial'nyye infektsii jyvotnykh* [Mycobacteria and mycobacterial infections of animals] Sankt-Peterburg, Lan'Publ., 2018, 304 p. (In Russian).
5. Nielsen S.S., Toft N. Ante mortem diagnosis of paratuberculosis: A review of accuracies of ELISA, interferon- γ assay and faecal culture techniques. *Veterinary Microbiology*, 2008, vol. 129, Is. 3–4, pp. 217–235. DOI: 10.1016/j.vetmic.2007.12.011.
6. Jenkins P.A. Lipid analysis in the identification of mycobacteria-an appraisal. *Rev. Infect. Dis*, 1981, vol. 3, pp. 862–866. DOI:10.1093/clinids/3.5.862
7. Jenkins P.A., Pattyn S.R., Portaels F. Diagnostic bacteriology. *The biology of the mycobacteria*, New York, Academic Press, Inc., 1982, vol. 1, pp. 441–470.
8. Naymanov A. Kh., Tolstenko N.G., Vangel' E.P., Ustinova G.I., Gulukin M.I. Problemy diagnostiki mikobakterial'nykh infektsii krupnogo rogatogo skota [The problems of the diagnosis of the mycobacterial infections of the cattle]. *Veterinariya* [Veterinary], 2014, no. 6, pp. 3–8. (In Russian).
9. Ionina S.V., Donchenko N.A., Donchenko V.N. Kul'tivirovanie mikobakteriy [Cultivation of mycobacteria]. *Veterinariya* [Veterinary], 2013, no. 1, pp. 60–61. (In Russian).
10. Zavgorodniy A.I., Pozmogova S.A., Girka M.A. Izuchenie kul'tural'no-morfologicheskikh, biokhimicheskikh i biologicheskikh svoystv vydelennykh kul'tur *M. paratuberculosis* [Study of cultural and morphological, biochemical and biological features of isolated cultures of *M. paratuberculosis*]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 2014, no. 9 (119), pp. 93–97. (In Russian).
11. Ierusalimskiy N.D. *Osnovy fiziologii mikroorganizmov* [Bases of microorganisms' physiology]. Moscow, AN SSSR Publ., 1963, 244 p. (In Russian).
12. Ionina S.V., Dymova M.A., Filipenko M.L., Donchenko N.A. Geneticheskoe raznoobrazie izolyatov *Mycobacterium avium*, sirkuliruyushchikh na territorii Zapadnoy Sibiri [Genetic diversity of isolates of *Mycobacterium Avium* circulating on the territory of Western Siberia]. *Aktual'nyye voprosy veterinarnoy biologii* [Actual questions of veterinary biology], 2015, no. 4, pp. 31–37. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ионина С.В.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: labtub@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Ionina S.V.**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: labtub@mail.ru

Дата поступления статьи 26.02.2019
Received by the editors 26.02.2019

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБИОТИКОВ НА ОСНОВЕ ШТАММОВ РОДА *BACILLUS* В КОРМЛЕНИИ ПЕРЕПЕЛОВ

Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Для цитирования: Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А. Использование пробиотиков на основе штаммов рода *Bacillus* в кормлении перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. С. 70–76, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-9

For citation: Merzlyakova O.G., Rogachev V.A. Ispol'zovanie probiotikov na osnove shtammov roda *Bacillus* v kormlenii perepelov [The use of probiotics based on strains of the genus *Bacillus* in quail feeding]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 70–76, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-9

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Экспериментально обоснована эффективность использования опытных образцов пробиотиков на основе штаммов *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* и их консорциума при кормлении перепелов в период выращивания. Проведен мониторинг динамики прироста живой массы птицы. Опыт продолжительностью 60 дней проводили по общепринятой методике на перепелках японской породы, сформированных в суточном возрасте в четыре группы по 80 голов в каждой: одну контрольную и три опытных. Птицу содержали в клеточной батарее при соблюдении требуемых условий микроклимата. Все группы получали питание по основному (контрольному) рациону, разработанному с учетом возраста и физиологических особенностей перепелов, но птице 1–3-й опытных групп дополнительно скармливали пробиотики на основе штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis* и их консорциума в количестве 150 г/т комбикорма соответственно. Изучено влияние новых штаммов пробиотиков и их консорциума на сохранность поголовья, интенсивность роста цыплят, показатели мясной продуктивности, гематологические показатели. Определен оптимальный вариант введения пробиотиков в рацион перепелов в период их выращивания. Разработаны рекомендации по составлению комбикормов с применением пробиотической добавки. Химический состав корма и мяса перепелов исследовали в биохимической лаборатории по общепринятым методикам зоотехнического анализа. При введении в комбикорм консорциума штаммов *B. subtilis* и *B. licheniformis* в количестве 150 г/т сохранность поголовья повысилась на 4,0%, среднесуточный прирост живой массы птицы

THE USE OF PROBIOTICS BASED ON STRAINS OF THE GENUS *BACILLUS* IN QUAIL FEEDING

Merzlyakova O.G., Rogachev V.A.

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

The use of trial specimens of probiotics based on strains of *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* and their consortium was experimentally proved to be effective for quail feeding during their growth. The dynamics of live weight gain of quails was monitored. The experiment lasted for 60 days and was carried out in compliance with the standard methods. Quails that were studied were of the Japanese breed formed in four groups of 80 heads in each: one control group and three experimental ones at the age of one day. Quails were kept in a battery cage with all the required environment conditions met. All the groups were fed on the main (control) diet, developed taking into account the age and physiological characteristics of quails. However, birds of experimental groups 1-3 were additionally fed on probiotics based on strains *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* and their consortium in the amount of 150 g/t of feed, respectively. The effect of new strains of probiotics and their consortium was tested during the study by the following parameters: the survival rate of birds, intensity of chicken growth, meat productivity and hematological indicators. The optimum variant of probiotics introduction into the diet of quails during their growth period was determined. The recommendations for the preparation of compound feeds with the use of probiotic supplements were developed. The chemical composition of quail feed and meat was studied in the biological laboratory by conventional methods of zootechnical analysis. The introduction of the consortium of strains *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* in the amount of 150 g/t led to an increase in the survival rate of quails by 4.0%. The average daily live weight gain increased by 2.57%, feed consumption per one unit of produce decreased

увеличился на 2,57%, расход корма на единицу продукции снизился на 6,48%. При скармливании консорциума пробиотических штаммов *B. subtilis* и *B. licheniformis* в указанной дозе масса потрошеной тушки увеличилась на 3,61%, содержание белка в мясе и его биологическая ценность возросли соответственно на 1,06 и 11,11%. Гематологические характеристики цыплят при этом оставались в пределах физиологической нормы.

Ключевые слова: перепела, комбикорм, пробиотики, штамм, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, консорциум, живая масса

Современные технологии выращивания сельскохозяйственных животных предполагают широкое применение пробиотиков как эффективных кормовых добавок, стимулирующих рост и развитие молодняка, повышение его сохранности и продуктивности. На ближайшую перспективу предлагается использовать пробиотики, которые существенно повышают резистентность организма, снижают риск возникновения инфекционных заболеваний, негативные последствия технологических и других стрессов, сокращают количество аллергических и аутоиммунных заболеваний у людей, обеспечивают получение высококачественной экологически чистой продукции [1–5].

Наиболее распространенными пробиотическими штаммами являются культуры молочнокислых бактерий *Lactobacillus* spp. и *Bifidobacterium* spp. Однако для них характерен ряд особенностей, затрудняющих производство и применение пробиотических препаратов (дорогие питательные среды, слабая устойчивость к высоким температурам, небольшой срок хранения при низкой температуре и др.). Кроме того, многие *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp. чувствительны к желудочному соку [6–11].

Бациллы лишены всех технологических недостатков молочнокислых бактерий, они легко культивируются, выдерживают высокие температуры, имеют длительные сроки хранения, не разрушаются под воздействием желчных кислот. Бактерии рода *Bacillus* являются комменсалами желудочно-кишечного тракта животных, а споры могут иметь

by 6.48%. When feeding quails on the consortium of probiotic strains *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* in this rate, the mass of the eviscerated bird carcass increased by 3.61%, the protein content in the meat and its biological value increased by 1.06 and 11.11%, respectively. The hematological characteristics of the chickens remained within the physiological norm.

Keywords: quails, compound feed, probiotics, strain, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, consortium, live weight.

различные модели действия: адсорбировать токсины, активизировать иммунитет животного, стимулировать индукцию цитокинов, улучшать и стабилизировать микрофлору кишечника, повышать переваримость кормов и интенсивность роста цыплят [12–14].

Стабилизация микрофлоры кишечника может быть эффективно достигнута только путем непрерывного добавления пробиотика в корм, поскольку микроорганизмы, используемые в питании животных, не колонизируют их кишечник. Общие рекомендации относительно оптимальной дозировки и периода приема препарата дать очень сложно, поскольку такие факторы, как стабильность пробиотиков в кормах и желудочно-кишечном тракте, конкретный способ действия микроорганизмов, содержащихся в продукте, и состояние кишечной микрофлоры хозяина модулируют действие пробиотика. В связи с этим вывести коэффициент включения пробиотика в состав кормов исходя только из содержания колоний образующих единиц (КОЕ) невозможно. Весьма проблематично также сопоставление эффективности различных препаратов на основе заявленного содержания КОЕ. Оптимальную дозировку пробиотика необходимо определять в экспериментах по кормлению индивидуально для каждого продукта и вида животного¹.

Цель исследований – экспериментально обосновать эффективность использования опытных образцов пробиотиков на основе штаммов *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* и их консорциума в кормлении перепелов при выращивании птицы.

¹Probiotics in animal nutrition. Agrimedia GmbH.2004. (www.global-agrimedia.com).

Задачи исследования – определить влияние пробиотических штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis* и их консорциума на сохранность поголовья, интенсивность роста перепелов, показатели мясной продуктивности, биохимический состав крови, затраты корма на единицу продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследований – продуктивное и физиологическое действие кормовой добавки из пробиотиков на основе штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis* и их консорциума. 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 по 80 голов в каждой: одну контрольную и три опытных².

Условия содержания цыплят и микроклимат в клеточной батарее соответствовали зоотехническим требованиям. Всем подопытным перепелам скармливали одинаковый комбикорм (основной рацион), приготовленный по ТУ 9296-006-59256574–2013 ООО «БинКорм» с учетом возраста и физиологических особенностей данного вида птицы. Межгрупповые различия заключались в следующем: молодняк контрольной группы

потреблял только основной рацион, птица 1–3-й опытных групп дополнительно к основному рациону получала пробиотики соответственно на основе штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis* и их консорциума в количестве 150 г/т комбикорма (см. табл. 1).

Рационы составляли в соответствии с нормами Всероссийского научно-исследовательского технологического института птицеводства РАН, 2003 г.³ Учет поедаемости кормов проводили ежедневно путем взвешивания заданных кормов и их остатков. Ежедневно осуществляли наблюдение за поведением и состоянием здоровья перепелов.

Контрольные взвешивания птицы проводили при постановке на опыт, в возрасте 30 дней и в 2-месячном возрасте по окончании эксперимента. В 2-месячном возрасте был произведен убой перепелов по три головы из каждой группы.

Химический состав корма 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.

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

Табл. 1. Характеристика опытных образцов пробиотиков на основе штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis* и их консорциума

Table 1. Characteristics of trial specimens of probiotics based on strains *B. subtilis*, *B. licheniformis* and their consortium

Показатель	Образец пробиотика на основе штамма		
	<i>B. subtilis</i>	<i>B. licheniformis</i>	<i>B. subtilis</i> + <i>B. licheniformis</i>
Внешний вид и цвет	Порошок белого цвета		
Растворимость	Хорошо растворим в воде		
Количество спор в 1 г	$3,5 \times 10^9$	$3,5 \times 10^8$	$2,7 \times 10^9$
Контаминация посторонней микрофлорой	Не содержит посторонних микроорганизмов		

²Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / под общ. ред. В.И. Фисинина и Ш.А. Имангулова. Сергиев Посад, 2000. 33 с.

³Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / под общ. ред. В.И. Фисинина и Ш.А. Имангулова, И.А. Егорова, Т.М. Околеловой. Сергиев Посад, 2003. 142 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комбикорм для перепелов был приготовлен в соответствии с основными требованиями для данного вида птицы: сбалансированностью, высокой калорийностью и необходимой степенью измельчения. В состав комбикорма входили следующие компоненты: пшеница фуражная, соя экструдированная, жмых подсолнечный, мука мясорастительная, мука рыбная, дрожжи кормовые, жир технический, премикс, мел кормовой, трикальций фосфат. Процентное содержание ингредиентов комбикорма и его питательность были различными в зависимости от возраста птицы (0–30 дней, 31–60 дней и старше). В среднем в 100 г комбикорма содержалось 1,25 МДж обменной энергии, 24,8 г сырого протеина, 3,8 г сырой клетчатки.

Введение пробиотиков на основе штаммов *B. subtilis*, *B. licheniformis* и их консорциума в состав комбикорма оказало незначительное влияние на его поедаемость. В период выращивания (60 дней) птица контрольной группы потребила комбикорма на 0,60–3,98% больше по сравнению с аналогами опытных групп.

Сохранность поголовья цыплят 3-й опытной группы, получавших комбикорм с консорциумом пробиотиков, была выше по сравнению с контролем на 4% (см. табл. 2).

Перепела 2-й и 3-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 0,93 и 2,67% соответственно, по среднесуточному приросту – на 0,74 и 2,57% при пониженном на 3,24 и 6,48% расходе кормов на единицу продукции. Наиболее высокие показатели продуктивности и эффективности использования кормов получены в 3-й опытной группе.

Результаты контрольного убоя птицы показали, что масса потрошенной тушки перепелов 1–3-й опытных групп была больше, чем в контрольной группе, соответственно на 0,52; 2,84 и 3,61%, убойный выход выше на 1,01; 0,95 и 0,77% (см. табл. 3).

В мясе (фарше) птицы опытных групп содержалось больше сухого вещества на 1,90–2,96%, белка (3-я группа) на 1,06%, кальция в 1,02–1,05 раза, фосфора в 1,08–1,10, натрия (1-я и 3-я группы) в 1,10 и 1,19, марганца в 1,06–1,6 раза. Концентрация жира в мясе перепелов 2-й и 3-й опытных групп была меньше по сравнению с контролем на 0,79 и 1,38%, в 1-й группе больше на 2,72%. Мясо птицы 2-й и 3-й опытных групп имело лучшую сбалансированность по аминокислотам, о чем свидетельствует более высокий аминокислотный индекс. Лучшей биологии-

Табл. 2. Сохранность, прирост живой массы и оплата корма продукцией у перепелов за период выращивания

Table 2. Survival rate, live weight gain and feed consumption during the period of growth

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Сохранность, %	90	89	90	94
Живая масса, г:				
на начало опыта	8,49 ± 0,08	8,55 ± 0,08	8,63 ± 0,08	8,44 ± 0,07
в 30 дней	94,90 ± 3,02	93,62 ± 2,42	97,76 ± 2,21	98,46 ± 2,58
в 60 дней	171,50 ± 2,39	170,27 ± 1,95	173,15 ± 1,83	175,51 ± 2,13
Абсолютный прирост живой массы, г:				
за 30 дней	86,41 ± 2,75	85,07 ± 2,19	89,13 ± 2,01	90,01 ± 2,56
за 60 дней	163,01 ± 3,35	161,72 ± 1,85	164,52 ± 1,74	167,36 ± 2,03
Среднесуточный прирост живой массы, г:				
за 30 дней	2,88 ± 0,09	2,84 ± 0,07	2,97 ± 0,07	3,00 ± 0,08
за 60 дней	2,72 ± 0,06	2,70 ± 0,03	2,74 ± 0,03	2,79 ± 0,03
Потреблено кормов, кг	1,157	1,150	1,130	1,111
Заграты корма на 1 г прироста, г	7,10	7,11	6,87	6,64

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

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Предубойная живая масса одной головы, г	168,33 ± 0,88	167,00 ± 2,00	171,00 ± 1,53	172,67 ± 0,58
Масса полупотрошенной тушки, г	132,00 ± 1,00	133,00 ± 2,08	136,00 ± 3,21	137,33 ± 2,60
В % к предубойной живой массе	78,42 ± 0,78	79,64 ± 0,42	79,53 ± 1,29	79,53 ± 1,24
Масса потрошенной тушки, г	129,33 ± 0,88	130,00 ± 2,08	133,00 ± 3,21	134,00 ± 2,31
Убойный выход, %	76,83 ± 0,61	77,84 ± 0,43	77,78 ± 1,30	77,60 ± 1,08

Табл. 4. Химический состав и биологическая ценность мяса (фарша) цыплят перепелов
Table 4. Chemical composition and biological value of meat (minced meat) of quail chickens

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Вода, %	70,64 ± 0,34	68,74 ± 0,39	67,47 ± 0,19	67,70 ± 0,55
Сухое вещество, %	29,36 ± 0,35	31,26 ± 0,39	32,32 ± 0,13	32,30 ± 0,55
Белок, %	19,07 ± 0,18	18,96 ± 0,83	19,08 ± 0,34	20,13 ± 0,36
Жир, %	7,26 ± 0,38	8,98 ± 0,52	6,47 ± 0,52	5,88 ± 0,63
Кальций, %	1,49 ± 0,08	1,52 ± 0,03	1,54 ± 0,07	1,56 ± 0,06
Фосфор, %	0,89 ± 0,06	0,98 ± 0,03	0,96 ± 0,04	0,98 ± 0,06
Калий, г/кг	3,54 ± 0,16	3,26 ± 0,13	3,46 ± 0,05	3,55 ± 0,16
Натрий, г/кг	0,58 ± 0,02	0,64 ± 0,03	0,58 ± 0,003	0,69 ± 0,01
Марганец, мг/кг	0,50 ± 0	0,67 ± 0,07	0,53 ± 0,03	0,80 ± 0,06
Медь, мг/кг	1,20 ± 0,06	1,23 ± 0,03	1,13 ± 0,03	1,23 ± 0,03
Цинк, мг/кг	24,80 ± 0,82	26,97 ± 1,19	25,03 ± 1,01	25,47 ± 0,58
Триптофан, %	0,36 ± 0,009	0,34 ± 0,009	0,34 ± 0,012	0,36 ± 0,003
Оксипролин, %	0,10 ± 0,007	0,09 ± 0,007	0,09 ± 0,007	0,09 ± 0,007
Аминокислотный индекс	1,37	1,37	1,47	1,56
БКП	3,60	3,78	3,78	4,00

ческой ценностью (БКП = 4,00) отличалось мясо перепелов 3-й опытной группы, в остальных опытных группах этот показатель равнялся 3,78, что в 1,05 раза выше, чем в контроле (см. табл. 4).

Морфологические показатели крови отражают состояние организма птицы и тесно связаны с ее продуктивностью [15]. С учетом физиологических особенностей перепелов изучены некоторые показатели их крови, характеризующие реакцию организма на использование в рационе пробиотиков. Гематологические исследования свидетельствуют о том, что вся подопытная птица в течение опыта была клинически здорова. Отмечено незначительное увеличение количества гемоглобина (на 9,97–10,02 г/100 мл), лейкоцитов (на 23,37–27,13 10^9 кл/л) и эритроцитов (на 4,03–4,23 10^{12} кл/л), при сниже-

нии СОЭ (на 0,83–0,80 мм/ч) в крови цыплят-перепелов опытных групп. В целом же изучаемые гематологические показатели всей подопытной птицы находились в пределах физиологической нормы.

Экономический эффект, рассчитанный на основе данных о стоимости комбикорма, добавок и стоимости реализации продукции (мясо перепелов) составил во 2-й и 3-й опытных группах 1,97 и 4,79% по отношению к контрольным аналогам соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Использование пробиотика на основе штамма *B. subtilis* в рационе перепелов (в период выращивания) в качестве нового кормового средства из местного экологически чистого сырья в количестве 150 г/т ком-

бикорма не оказало положительного влияния на сохранность перепелов, среднесуточный прирост живой массы птицы и затраты кормов на единицу продукции. Увеличение массы потрошеной тушки цыплят, убойного выхода и БКП было незначительным – 0,52; 1,01 и 5,0% соответственно.

2. Использование пробиотика на основе штамма *B. licheniformis* в рационе перепелов в количестве 150 г/т комбикорма способствовало повышению среднесуточного прироста живой массы птицы на 0,74%, снижению затрат кормов на единицу продукции на 3,24%, увеличению массы потрошеной тушки цыплят на 2,84%, убойного выхода и БКП на 0,95 и 5,0%.

3. Использование консорциума штаммов *B. subtilis* и *B. licheniformis* в рационах перепелов (в период выращивания) в количестве 150 г/т комбикорма оказало наиболее существенное положительное влияние на зоотехнические и экономические показатели выращивания птицы. Оно позволило повысить сохранность цыплят на 4,0%, среднесуточный прирост живой массы птицы на 2,57% при пониженном на 6,48% расходе кормов на единицу продукции; улучшить показатели мясной продуктивности перепелов (увеличение массы потрошеной тушки цыплят на 3,61%, повышение содержания белка в мясе и его биологической ценности соответственно на 1,06% и 11,11%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sosa N., Gerbino E., Golowczyk M.A., Schebor C., Gomez-Zavaglia A. Effect of galacto-oligosaccharides: maltodextrin matrices on the recovery of *Lactobacillus plantarum* after spray-drying // *Frontiers in Microbiology*. 2016. Vol. 7. P. 584.
2. Lefevre M., Racedo S.M., Housez B., Cazaubiel M. Probiotic strain *Bacillus subtilis* CU1 stimulates immune system of elderly during common infectious disease period: a randomized, double-blind placebo-controlled study // *Immun. Ageing*. 2015. Vol. 12. P. 24.
3. Nguyen A.T.V., Nguyen D.V., Tran M.T., Nguyen L.T., Nguyen A.H. Isolation and characterization of *Bacillus subtilis* CH16 strain from chicken gastrointestinal tracts for use as a feed supplement to promote weight gain in broilers // *Journal of Applied Microbiology*, 2015. Vol. 60 (6). P. 580–588.
4. Tejero-Sarinena S., Barlow J., Costabile A., Gibson G.R., Rowland I. Antipathogenic activity of probiotics against *Salmonella typhimurium* and *Clostridium difficile* in anaerobic batch culture systems: is it due to synergies in probiotic mixtures or the specificity of single strains? // *Anaerobe*. 2013. Vol. 24. P. 60–65.
5. Bortolaia V., Espinosa-Gondora C., Guardabassi L. Human health risks associated with antimicrobial-resistant enterococci and *Staphylococcus aureus* on poultry meat // *Clinical Microbiology and Infection*. 2016. Vol. 22 (2). P. 130–140.
6. Chaucheyras-Durand F., Durand H. Probiotics in animal nutrition and health // *Benef. Microbes*. 2010. Vol. 1 (1). P. 3–9.
7. Коцаев А.Г., Коцаева О.В., Калюжнов С.А. Пробиотик трилактобакт в кормлении перепелов // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95. С. 633–647.
8. Хусид С.Б., Борисенко В.В., Николаенко В.И. Влияние пробиотиков на организм перепелов // Молодой ученый. 2015. № 5. С. 23–25.
9. Коцаев А.Г., Лихоман А.В., Лунёва А.В., Лысенко Ю.А. Пробиотическая кормовая добавка в кормлении перепелов // Зоотехния, 2015. № 10. С. 4–6.
10. Коцаева О.В., Фисенко Г.В., Хатхакумов С.С. Влияние пробиотиков на сохранность, рост, развитие и продуктивность перепелов // Молодой ученый. 2015. № 8. С. 394–397.
11. Мерзлякова О.Г., Филатов В.И., Рогачёв В.А., Нефёдова Е.В. Кормомикс-МОС в рационах перепелов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2018. № 9. С. 12–24.
12. Hong H.A., Le Hong Duc, Cutting S.M. The use of bacterial spore formers as probiotics // *FEMS Microbiology Reviews*. 2005. Vol. 29. P. 813–835.
13. Vazquez A.P. *Bacillus* species are superior probiotic feed-additives for poultry // *Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access*. 2016. Vol. 2 (3). Doi:10.15406/jbmoa.2016.02.00023.
14. Хадиева Г.Ф., Лутфуллин М.Т., Мочалова Н.К., Ленина О.А., Шарипова М.Р., Марданова А.М. Новые штаммы *Bacillus subtilis* как перспективные пробиотики // Микробиология. 2018. Т. 87. № 4. С. 356–365.
15. Бодрова Л.Ф. Клинический статус и гематологические показатели у кур, получавших рационы с разным уровнем обменной энергии и низкоэнергетические кормосмеси // Аграрный вестник Урала. 2009. № 3. С. 69–71.

REFERENCES

1. Sosa N., Gerbino E., Golowczyc M.A., Schebor C., Gomez-Zavaglia A. Effect of galactooligosaccharides: maltodextrin matrices on the recovery of *Lactobacillus plantarum* after spray-drying. *Frontiers in Microbiology*, 2016, vol. 7, pp. 584.
2. Lefevre M., Racedo S.M., Housez B., Cazaubiel M. Probiotic strain *Bacillus subtilis* CU1 stimulates immune system of elderly during common infectious disease period: a randomized, double-blind placebo-controlled study. *Immun. Ageing*, 2015, vol. 12, pp. 24.
3. Nguyen A.T.V., Nguyen D.V., Tran M.T., Nguyen L.T., Nguyen A.H. Isolation and characterization of *Bacillus subtilis* CH16 strain from chicken gastrointestinal tracts for use as a feed supplement to promote weight gain in broilers Lett. *Journal of Applied Microbiology*, 2015, vol. 60 (6), pp. 580–588.
4. Tejero-Sarinena S., Barlow J., Costabile A., Gibson G.R., Rowland I. Antipathogenic activity of probiotics against *Salmonella typhimurium* and *Clostridium difficile* in anaerobic batch culture systems: is it due to synergies in probiotic mixtures or the specificity of single strains? *Anaerobe*, 2013, vol. 24, pp. 60–65.
5. Bortolaia V., Espinosa-Gondora C., Guardabassi L. Human health risks associated with antimicrobial-resistant enterococci and *Staphylococcus aureus* on poultry meat. *Clinical Microbiology and Infection*, 2016, vol. 22 (2), pp. 130–140.
6. Chaucheyras-Durand F., Durand H. Probiotics in animal nutrition and health *Beneficial Microbes*, 2010, vol. 1 (1), pp. 3–9.
7. Koshchaev A.G., Koshchaeva O.V., Kalyuzhnov S.A. Probiotik trilaktobakt v kormlenii perepelov [Probiotic Trilactobact in quail feeding]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], 2014, no. 95, pp. 633–647. (In Russian).
8. Khusid S.B., Borisenko V.V., Nikolaenko V.I. Vliyanie probiotikov na or-ganizm perepelov [Effect of probiotics on quails]. *Molodoi uchenyi* [Scientific journal Young Scientist], 2015, no. 5, pp. 23–25. (In Russian).
9. Koshchaev A.G., Likhoman A.V., Luneva A.V., Lysenko Yu.A. Probioticheskaya kormovaya dobavka v kormlenii perepelov [Probiotic feed supplement in quail feeding]. *Zootekhnika* [magazine Zootechniya], 2015, no. 10, pp. 4–6. (In Russian).
10. Koshcheeva O.V., Fisenko G.V., Khatkhakumov S.S. Vliyanie probiotikov na sokhrannost', rost, razvitie i produktivnost' perepelov [Effect of probiotics on survival rate, growth, development and productivity of quails]. *Molodoi uchenyi* [Scientific journal Young Scientist], 2015, no.8, pp. 394–397. (In Russian).
11. Merzlyakova O.G., Filatov V.I., Rogachev V.A., Nefedova E.V. *Kormomiks-MOS v ratsionakh perepelov* [Feed mix MOS in quail feed rations]. [Feeding of agricultural animals and feed production], 2018, no. 9, pp. 12–24. (In Russian).
12. Hong H.A., Le Hong Duc, Cutting S.M. The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 2005, vol. 2, pp. 813–835.
13. Vazquez A.P. Bacillus species are superior probiotic feed-additives for poultry. *Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access*, 2016, vol. 2 (3). DOI: 10.15406/jbmoa.2016.02.00023.
14. Khadieva G.F., Lutfullin M.T., Mochalova N.K., Lenina O.A., Sharipova M.R., Mardanova A.M. Novye shtammy Bacillus subtilis kak perspektivnye probiotiki [New strains *Bacillus subtilis* as perspective probiotics]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 2018, vol. 87, no. 4, pp. 356–365. (In Russian).
15. Bodrova L.F. Klinicheskii status i gematologicheskie pokazateli u kur, poluchavshikh ratsiony s raznym urovnem obmennoi energii i nizkoenergeticheskie kormosmesi [Clinical status and hematological indicators of chickens getting feed rations with different levels of exchange energy and low-energy feed mixtures]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian bulletin of the Urals], 2009, no. 3, pp. 69–71. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мерзлякова О.Г., старший научный сотрудник

✉ **Рогачёв В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463, e-mail: mer3l@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Merzlyakova O.G., Senior Researcher

✉ **Rogachev V.A.**, Doctor of Science in Agriculture, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: mer3l@mail.ru

Дата поступления статьи 11.11.2018
Received by the editors 11.11.2018

ПИЩЕВАРЕНИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КУР ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН ЭКЗОГЕННОЙ ПРОТЕАЗЫ

Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В.

*Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства
Российской академии наук*

Россия, Московская область, г. Сергиев Посад

Для цитирования: Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В. Пищеварение и биохимические показатели крови кур при введении в рацион экзогенной протеазы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 77–84, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-10

For citation: Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V. Pishchevarenie i biokhimicheskie pokazateli krovi kur pri vvedenii v ratsion ekzogennoi proteazy [Digestion and blood biochemical values of hens fed on the diets supplemented with exogenous protease]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 77–84, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-10

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Показано применение экзогенной протеазы на фоне пшенично-соевого рациона кур-несушек кросса Хайсекс белый в возрасте один год с хронической фистулой панкреатического протока. Изучено влияние ферментного препарата Акстра Про на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы кур, переваримость питательных веществ, активность пищеварительных ферментов и биохимические показатели крови. Ферментативная активность 1 г препарата Акстра Про составила $897 \pm 47,5$ мг расщепленного казеина в течение одной минуты (мг/(г·мин)), что выше на 77,6% по сравнению с препаратом Панкреатин. Добавка к корму препарата Акстра Про (100 г/т корма) за опытный период не оказывала влияния на количество панкреатического сока, не происходили изменения в ферментативной активности секрета. Изучение динамики выделения ферментов после приема корма позволило заключить, что при использовании экзогенной протеазы при применении пшенично-соевых рационов курам-несушкам наблюдается снижение протеолитической активности сока поджелудочной железы в первые 60 мин после приема корма. На 150-й минуте опыта наблюдается ее повышение в период нейрогуморальной фазы регуляции панкреатической секреции. При этом активность протеаз за опыт существенно не изменяется, переваримость протеина увеличивается на 1,2% по сравнению с контролем. При введении в корм препарата Акстра Про (100 г/т корма) активность щелочной фосфата-

DIGESTION AND BLOOD

BIOCHEMICAL VALUES OF HENS FED ON THE DIETS SUPPLEMENTED WITH EXOGENOUS PROTEASE

Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V.

*All-Russian Research and Technological Institute
of Poultry of the Russian Academy of Sciences
Sergiev Posad, Moscow Region, Russia*

The paper presents the results of feeding cross-bred laying hens of Hisex White breed, one year of age, suffering from chronic fistulae of the main pancreatic duct, on the wheat-soya diet supplemented with exogenous protease. The scope of the study covered the effect of enzymatic preparation Aextra Pro® on exocrine pancreatic function of hens, diet nutrients digestibility, digestive enzyme activity and blood biochemical values. Enzymatic activity of 1 g of preparation Aextra Pro® amounted to 897 ± 47.5 mg of casein split during 1 minute (mg/(ml per min)), which is 77.6% higher compared to preparation Pancreatine. Supplementing feed with the preparation Aextra Pro® (100g/t of feed) did not affect the amount of pancreatic juice, there were no changes in secretory enzymatic activity. The analysis of postprandial enzyme secretion dynamics made it possible to conclude that when laying hens were fed on the wheat-soya diet supplemented with exogenous protease, there was a decrease in proteolytic activity of the pancreatic juice during the first 60 min after the feed intake. After 150 min, i.e. during the neurohumoral phase of the regulation of pancreatic enzyme secretion, there was a rise in proteolytic activity. At the same time protease activity did not undergo insignificant changes during the experiment; digestibility of protein increased by 1.2% compared to the control group. Supplementing diet with the preparation Aextra Pro® (100 g/t of feed) led to the decrease in the activity of alkaline

зы в плазме крови кур уменьшилась на 47,8%, содержание глюкозы – на 9,2% по сравнению с контролем, что свидетельствует о положительном влиянии препарата на функцию пищеварительных желез.

Ключевые слова: внешнесекреторная функция поджелудочной железы, куры-несушки, панкреатические ферменты

Наиболее оптимальны для птицы комбикорма кукурузно-соевого типа с добавкой продуктов животного происхождения в виде рыбной или мясокостной муки. Однако в связи с высокой стоимостью указанных компонентов в качестве основы комбикормов используют пшеницу, ячмень, рожь, овес, в качестве источников протеина – продукты переработки масличных культур (жмыхи и шроты). Многие корма растительного происхождения имеют ингибирующие и антипитательные вещества, которые оказывают негативное влияние на эффективность их использования и продуктивность птицы. Так, бобовые культуры содержат ингибиторы протеаз, гемагглютинины, сапонины, аллергены, алколоиды, сорго имеет танины, рапс – эруковую кислоту и глюкозинолаты и т.д. [1]. Использование экзогенных ферментов для преодоления негативных эффектов антипитательных факторов, улучшения переваримости компонентов рационов и продуктивности птицы стало нормой в кормлении птицы. Еще одна современная тенденция – использование в кукурузно-соевых рационах специально разработанных смесей ферментов с активностями амилаз, ксиланаз, липаз и протеаз [2–4]. Несмотря на широкое распространение использования кормовых ферментов, реагирование организма птицы на их ввод в рационы бывает различным, поэтому получение устойчивых результатов при использовании ферментов требует ответа на целый ряд вопросов. Основываясь на опубликованных на данный момент результатах исследований [5], можно сделать вывод, что экзогенные ферменты могут переваривать от 25 до 35% той части питательных веществ рациона, которые в норме не перевариваются эндогенными пищеварительными ферментами организма.

phosphatase in hens' blood plasma by 47.8%, and glucose concentration by 9.2% compared to the control group, which proves a positive effect of the preparation on the function of digestive glands.

Keywords: exocrine pancreatic function, laying hens, pancreatic enzymes

С учетом того, что переваримость питательных веществ в рационах, содержащих трудногидролизуемые компоненты, составляет лишь 75%, использование ферментов имеет хорошую перспективу.

Цель работы – изучить влияние ферментного препарата на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы кур-несушек, переваримость питательных веществ корма и активность пищеварительных ферментов плазмы крови.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования по изучению внешнесекреторной функции поджелудочной железы выполняли на двух курах Хайсекс белый в возрасте один год, оперированных по методу Ц.Ж. Батоева, С.Ц. Батоевой [6]. Сущность хирургической операции сводилась к «выкраиванию» из двенадцатиперстной кишки отрезка длиной 3,0–3,5 см и трансплантации в него главного панкреатического протока с вживлением двух Г-образных фистул и образованием внешнего анастомоза, позволяющего возвращать панкреатический сок в период вне опытов в двенадцатиперстную кишку.

Физиологический опыт начинали утром в состоянии кур натошак после 14-часового голодания. Кур помещали в специальный станок, в котором они находились в течение трех часов (см. рис. 1). К фистуле из изолированного отрезка прикрепляли с помощью специального резинового переходника микропробирку для сбора панкреатического сока. В первые 30 мин собирали сок после голодания, затем птиц кормили комбикормом в количестве 30 г и продолжали собирать секрет через каждые 30 мин в течение 150 мин (см. табл. 1). Исследования выполняли методом периодов на двух фистулиро-



Рис. 1. Курица с хронической фистулой панкреатического протока в период опыта

Fig. 1. A hen suffering from chronic fistulae of the main pancreatic duct during the experiment

Табл. 1. Структура рецепта и показатели качества комбикорма

Table 1. The recipe structure and quality parameters of the feed

Показатель	%
Пшеница	58,224
Жмых подсолнечный	5,000
Соя экструдированная	19,784
Известняк 36%	9,137
Масло соевое	1,936
Отруби пшеничные	3,847
Монокальций фосфат	1,149
Соль поваренная	0,250
Лизин 98	0,073
Сульфат натрия	0,205
Метионин кормовой 98	0,214
Бленд минеральный 0,08%	0,080
Холин хлорид	0,080
Бленд витаминный 0,02%	0,020
Питательность в 100 г корма:	
ОЭ птицы, ккал	270,00
жир сырой	6,72
клетчатка сырая	4,89
протеин сырой	16,70

ванных курах с двумя повторностями. Контрольный период продолжался 5–7 сут, в этот период куры получали основной рацион. Опытный период отличался от контрольного тем, что в комбикорм добавляли изучаемый препарат в количестве 100 мг/кг корма (см. табл. 2).

Табл. 2. Схема опыта на курах-несушках по изучению влияния экзогенной протеазы на секреторную функцию поджелудочной железы и биохимические показатели крови ($n = 2$)

Table 2. The scheme of the experiment on studying the effect of exogenous protease on secretory pancreatic function and biochemical blood values of laying hens ($n = 2$)

Группа	Особенности кормления
Контрольная	Основной рацион, сбалансированный по всем питательным веществам согласно нормам ВНИТИП (методическое руководство)
Опытная	Основной рацион + протеаза Акстра Про (100 г/т)

Биохимические исследования выполняли следующими методами: определение амилазы по Смиуту – Рою в модификации нашей лаборатории для определения высокой активности фермента [6], протеаз – по гидролизу казеина очищенного по Гаммерстену [6], липазы – на полуавтоматическом биохимическом анализаторе (SINNOWA, Китай) с набором ветеринарных диагностических реагентов для определения концентрации липазы в крови животных компании «ДИАКОН-ВЕТ» (РФ).

Балансовые опыты по изучению переваримости питательных веществ рациона выполняли в соответствии с «Методикой проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы»¹.

Опыт по изучению биохимических показателей крови осуществляли на курах-несушках, аналогичных фистульным, методом групп-периодов (по 5 кур в течение 20 сут). Для выполнения биохимических показателей исследований кровь получали из подкрыльцовой вены до кормления и через один час после приема корма. В пробирки добавляли свежеприготовленный раствор цитрата натрия, кровь центрифугировали при 5000 об./мин в течение 5 мин, полученную плазму изучали биохимическими методами. Исследования выполняли на проточном биохимическом полуавтоматическом анализаторе Sinnowa BS3000P («SINNOWA

¹Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / под общ. ред. В.И. Фисинина. Сергиев Посад, 2013. 51 с.

Medical Science & Technology Co., Ltd», Китай) с использованием биохимических наборов («ДИАКОН-ВЕТ», Россия). Плазму крови исследовали на активность амилазы и липазы на приборе Chem well 2900 (Т) («Awareness Technology», США) с использованием соответствующих наборов реагентов («Human GmbH», Германия). Активность трипсина оценивали на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Sinnowa BS-3000P («SINNOWA Medical Science & Technology Co., Ltd», КНР) [7].

Статистическую обработку результатов исследований выполняли, используя компьютерную программу Excel, определяя среднее значение (*M*) и стандартные ошибки средней (*m*). Достоверность различий оценивали по *t*-критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно [8], что пищеварительная система птицы обладает мощной ферментативной активностью, способной гидролизовать значительно больше субстратов, чем содержится в суточном количестве потребляемого корма. Использование экзогенной протеазы в кормах птицы целесообразно в случаях содержания в рационе добавок с антипитательными веществами, которые препятствуют действию пищеварительных ферментов. Второй причиной использования экзогенных ферментов, которые секретируются пищеварительными железами животных, является замена кормовых антибиотиков на биопрепараты, обеспечивающие профилактику желудочно-кишечного тракта от заболеваний или в качестве комплексной терапии при лечении расстройств пищеварения. При этом важно сопоставить активность пищеварительных ферментов в дуоденальном содержимом животного до применения ферментного препарата с активностью экзогенного фермента. Классическим примером ферментативного препарата, применяемого в медицине, является Панкреатин, который готовят из поджелудочных желез свиней. Мы сопоставили протеолитическую активность Панкреатина с препаратом Акстра Про (см. табл. 3).

Табл. 3. Активность ферментов в препаратах Акстра Про и Панкреатин ($n = 5$)

Table 3. Enzyme activity in preparations Axtra Pro® and Pancreatine ($n = 5$)

Препарат	Амилаза, U/L ¹	Липаза, U/L ²	Протеазы, мг/(г·мин) ³
Акстра Про	36012 ± 1265,3	688 ± 102,9	897 ± 47,5
Панкреатин	35893 ± 5070,1	139820 ± 5450,4	505 ± 14,8

¹Исследования выполнены на полуавтоматическом анализаторе Sinnowa BS3000P (КНР) с использованием набора на панкреатическую амилазу ООО «ДИАКОН-ВЕТ»; ²набор на липазу; ³активность определяли по гидролизу казеина (Ц.Ж. Батоев, 1971 г.).

Данные свидетельствуют о том, что активность общих протеаз в препарате Акстра Про выше на 77,6% по сравнению с Панкреатином, а по активности липазы значительно уступает ему.

Количество панкреатического сока при добавлении в корм протеазы на фоне пшенично-соевого рациона кур существенно не изменялось (см. табл. 4). Наблюдали тенденцию снижения активности панкреатических ферментов, однако достоверную разницу отмечали в уменьшении в опытный период активности амилазы на 34,9% ($p \leq 0,05$).

Табл. 4. Секреторная функция поджелудочной железы кур-несушек при добавке к корму протеазы ($n = 20, M \pm m$)

Table 4. Secretory pancreatic function of laying hens when supplementing their diet with protease ($n = 20, M \pm m$)

Показатель	Контроль	Опыт
Количество панкреатического сока за 180 мин опыта, мл	8,5 ± 0,52	8,0 ± 0,38
<i>Средняя активность панкреатических ферментов в 1 мл сока</i>		
Амилаза, мг/(мл · мин)	4437 ± 343,5	2890 ± 266,9*
Протеазы, мг/(мл · мин)	219 ± 11,3	202 ± 8,9
Липаза, ед./л	9211 ± 959,2	7407 ± 360,4
<i>Суммарная активность ферментов за 180 мин опыта</i>		
Амилаза, мг/(мл · мин)	38711 ± 4513,1	26011 ± 1545,1
Протеазы, мг/(мл · мин)	1933 ± 134,2	1790 ± 125,8
Липаза, ед./л	83093 ± 9224,6	59775 ± 3140,4

*Разница с контролем достоверна, $p \leq 0,05$.

Для того чтобы понять механизм действия ферментного препарата на функцию поджелудочной железы, необходимо проанализировать динамику активности фермента после приема корма (см. рис. 2). Данные указывали на существенное снижение активности протеаз в первые 30–60 мин после кормления. В это время регуляция поджелудочной железы обеспечивается сложнорефлекторно и потребленный птицей корм находится в зобе или желудке, а панкреатический сок усиленно отделяется под влиянием импульсов, приходящих по парасимпатическим волокнам блуждающего нерва (*n. vagus*). Следовательно, при сбалансированном рационе действие экзогенной протеазы снижает выработку собственных протеолитических ферментов в «запальном» соке. В период нейрорхимической фазы регуляции панкреатической секреции (120–180 мин) уровень протеаз в соке поджелудочной железы в опытный период на 150-й минуте превышал активность фермента в контрольный период, тем самым выравнивая среднюю активность фермента до и после добавления экзогенной протеазы.

Результаты физиологических опытов по определению переваримости питательных веществ показали, что экзогенная протеаза оказывает влияние на переваримость протеина (см. табл. 5).

В опытной группе переваримость протеина была выше на 1,2% по сравнению с контролем, что свидетельствует о том, что

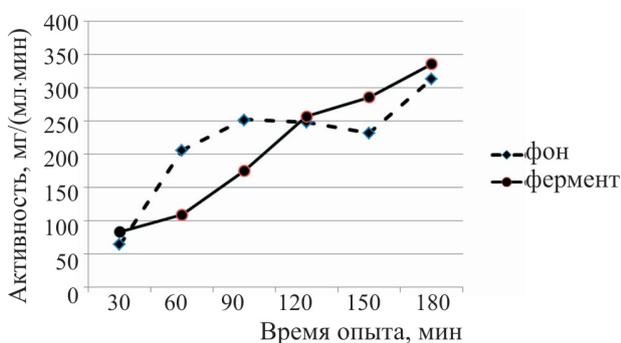


Рис. 2. Динамика активности протеолитических ферментов поджелудочной железы кур-несушек при добавлении в корм протеазы

Fig. 2. Dynamics of proteolytic enzyme activity of laying hens' pancreatic glands when supplementing their diet with protease

Табл. 5. Переваримость питательных веществ у кур-несушек при добавлении в корм препарата Акстра Про ($M \pm m, n = 10$)

Table 5. Diet nutrients digestibility of laying hens when supplementing their diet with preparation Aextra Pro® ($M \pm m, n = 10$)

Переваримость, %	Контроль	Опыт
Протеин	91,0 ± 0,39	92,2 ± 0,27*
Жир	82,6 ± 0,82	83,2 ± 0,46
Клетчатка	33,1 ± 3,5	26,0 ± 1,44

*Разница с контролем достоверна, $p \leq 0,05$.

часть протеина может перевариваться в зобе птицы под влиянием экзогенных ферментов [9–11].

Известно, что активность трипсина в плазме крови птицы коррелирует при изменении состава рациона с протеазами желудочно-кишечного тракта [12]. В связи с этим одной из задач настоящего исследования стало изучение активности пищеварительных ферментов в плазме крови кур при добавлении к корму экзогенной протеазы (см. табл. 6).

Достоверные изменения наблюдали в активности щелочной фосфатазы при использовании в рационе протеазы (100 г/т корма). Активность фермента в данном случае уменьшилась на 47,8% по сравнению с контролем, что, по-видимому, связано с изменением функции печени. Остальные биохимические показатели плазмы крови при использовании в рационе кур ферментного

Табл. 6. Биохимические показатели крови кур породы Хайсекс белый при использовании в их рационе препарата Акстра Про ($M \pm m, n = 15$)

Table 6. Biochemical blood values of laying hens of Hisex White breed when using preparation Aextra Pro® in their diet ($M \pm m, n = 15$)

Показатель	Контроль	Опыт
Трипсин, ед./л	162 ± 22,9	147 ± 16,6
Амилаза, ед./л	209 ± 26,9	214 ± 43,1
Липаза, ед./л	48 ± 5,0	66 ± 13,6
Общий белок, г/л	34,6 ± 2,47	34,0 ± 4,08
Щелочная фосфатаза, ед./л	1129 ± 118,7	589 ± 82,2*
Холестерин, ммоль/л	1,9 ± 0,32	2,3 ± 0,68
Триглицериды, ммоль/л	4,9 ± 0,43	5,6 ± 0,61
Глюкоза, ммоль/л	6,5 ± 0,14	5,9 ± 0,22*

*Разница с контролем достоверна, $p \leq 0,05$.

препарата остались без изменений, что согласуется с результатами исследований секреторной функции поджелудочной железы кур.

Изучение биохимических показателей в динамике после приема корма показало, что наиболее мобильными показателями были изменение активности в плазме крови трипсина и содержание глюкозы (см. табл. 7). Так, активность трипсина в постпрандиальную фазу пищеварения при использовании протеазы увеличивалась в 2,1 раза. Содержание глюкозы в крови кур при использовании протеазы повышалось через один час после кормления на 21,0% ($p \leq 0,05$).

Проведенные исследования на цыплятах-бройлерах показывают, что наиболее целесообразно применять ферментный препарат Акстра Про в рационах с добавкой гороха в количестве 5–10% от массы корма [13]. В этом случае отмечали повышение протеолитической активности дуоденального химуса на 24,3–36,8% по сравнению с контрольным пшенично-соевым рационом. Это объясняется тем, что в механизме действия экзогенной протеазы важным направлением является разрушение антипитательных факторов, нарушающих гидролиз белкового субстрата [14].

Табл. 7. Биохимические показатели крови кур породы Хайсекс белый в пре- и постпрандиальную фазу при введении в корм экзогенной протеазы

Table 7. Biochemical blood values of laying hens of Hisex White breed in pre- and postprandial phase when supplementing their diet with exogenous protease

Показатель	До кормления	После кормления
Трипсин, ед./л	175 ± 23,4	362 ± 56,1*
Амилаза, ед./л	214 ± 43,1	218 ± 32,7
Липаза, ед./л	66 ± 13,6	86 ± 1,5
Общий белок, г/л	39 ± 3,8	39 ± 3,9
Щелочная фосфатаза, ед./л	589 ± 82,2	1304 ± 387,7
Холестерин, ммоль/л	3,3 ± 0,53	2,1 ± 0,64
Триглицериды, ммоль/л	6,8 ± 0,86	5,3 ± 0,48
Глюкоза, ммоль/л	6,2 ± 0,35	7,5 ± 0,2*

*Разница с состоянием натощак достоверна, $p \leq 0,05$.

Исследования, выполненные на курах с хронической фистулой панкреатического протока, указывают на то, что добавка 5% сои от массы корма оказывает стимулирующее влияние на протеолитическую активность: базальная активность ферментов увеличивается в 1,7 раза. При использовании в рационе 5% добавки гороха активность протеаз поджелудочной железы в 1 мл секрета уменьшается: амилазы – на 44,7%, протеаз – на 36,2%. Добавка ферментного препарата протосубтилина на фоне гороха в корме стимулирует панкреатическую секрецию: активность амилазы увеличивается на 14%, протеаз – на 12%, в объеме сока за опыт – соответственно на 19 и 20% [15]. Следовательно, ферментный препарат на фоне гороха оказывает положительное влияние на секреторную функцию поджелудочной железы кур-несушек.

В научной литературе встречаются данные о том, что использование комбикормов с 20% гороха, обогащенных кормовой протеазой, полученной от экспрессии *Bacillus subtilis*, обеспечивает повышение уровня переваримости сухого вещества корма на 1,9%, жира – на 1,0, клетчатки – на 1,7%, доступности практически всех незаменимых аминокислот ($p < 0,05$) на 0,9–7,3% по сравнению с контролем². Следовательно, при добавлении в рацион животных экзогенной протеазы следует учитывать ингредиентный состав кормов, поскольку эффективность применения данного препарата связана с наличием антипитательных факторов.

ВЫВОДЫ

1. При использовании экзогенной протеазы на пшенично-соевых рационах кур-несушек отмечено снижение протеолитической активности сока поджелудочной железы в первые 60 мин после приема корма, а затем повышение на 150-й минуте опыта в период нейрогуморальной фазы регуляции панкреатической секреции. При этом активность протеаз за опыт существенно не изменяется. Это следует учитывать при введении в рацион экзогенной протеазы, эффективность ко-

²Мустафин А.С. Горох в комбикормах для кур-несушек: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Сергиев Посад, 2008. 15 с.

торой связана с наличием антипитательных факторов, снижающих питательную ценность и переваримость субстратов в корме.

2. В опытной группе переваримость протеина была выше на 1,2% по сравнению с контролем, что свидетельствует о том, что часть протеина может перевариваться в зобе птицы под влиянием экзогенных ферментов.

3. При введении в корм препарата Акстра Про (100 г/т корма) активность щелочной фосфатазы в плазме крови кур уменьшалась на 47,8%, содержание глюкозы – на 9,2% по сравнению с контролем, что указывает на положительное влияние препарата на функцию пищеварительных желез.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ленкова Т.Н., Егорова Т.А., Сысоева И.Г. Новый отечественный энзим // Птицеводство. 2016. № 6. С. 17–20.
2. Cowieson A.J., Hruby M., Pierson E.E.M. Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition // Nutrition Research Reviews. 2006. Vol. 19. P. 90–103.
3. Adeola O., Cowieson A.J. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production // Journal of Animal Science. 2011. N 89. P. 3189–3218.
4. Slominski B.A. Recent advances in research on enzymes in poultry diets // Poultry Science. 2011. N 90. P. 2013–2023.
5. Ravindran V. Feed Enzymes: The science, practice, and metabolic realities // Journal of Applied Poultry Research. 2013. Vol. 22. N 3. P. 628–636. DOI: 10.3382/japr.2013-00739
6. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц: монография. Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2001. 214 с.
7. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // Ветеринария. 2018. № 6. С. 51–54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54
8. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Новые подходы к оценке функции пищеварения у кур // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 49–53.
9. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes in pigs and poultry // Nutrition Research Reviews. 1998. N 11. P. 91–114. DOI: 10.1079 / NRR19980007

10. Selle P.H., Ravindran V. Microbial phytase in poultry nutrition // Animal feed science and technology. 2007. N 135. P. 1–41.
11. Bedford M.R., Partridge G.G. Enzymes in Farm Animal Nutrition // CAB International. 2011. Wallingford, UK.
12. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Туттов В.Ю., Грозина А.А. Динамика активности пищеварительных ферментов и содержания депонируемого оксида азота в плазме крови петушков после кормления // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2018. Т. 104. № 8. С. 976–983. DOI: 0/7868/S0869813918070080
13. Вертипрахов В.Г., Борисенко К.В., Грозина А.А. Секреторная функция поджелудочной железы кур при вводе протеазы // Птицеводство. 2018. № 11–12. С. 23–25.
14. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes for pigs and poultry // Nutrition Research Reviews. 1998. N 11. P. 91–114.
15. Вертипрахов В.Г., Тесаревская Т.Б. Влияние добавки гороха на секреторную функцию поджелудочной железы кур // Вестник Красноярского ГАУ. 2011. № 4. С. 111–115.

REFERENCES

1. Lenkova T.N., Egorova T.A., Sysoeva I.G. Novyi otechestvennyi enzym [New domestic enzyme]. *Ptitsevodstvo* [Poultry], 2016, no. 6, pp. 17–20. (In Russian).
2. Cowieson A.J., Hruby M., Pierson E.E.M. *Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition*. *Nutrition Research Reviews*, 2006, vol. 19, pp. 90–103.
3. Adeola O., Cowieson A.J. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 2011, no. 89, pp. 3189–3218.
4. Slominski B.A. Recent advances in research on enzymes in poultry diets. *Poultry Science*, 2011, no. 90, pp. 2013–2023.
5. Ravindran V. Feed Enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, 2013, vol. 22, no. 3, pp. 628–636. DOI: 10.3382/japr.2013-00739
6. Batoev Ts.Zh. *Fiziologiya pishchevareniya ptits* [Physiology of poultry digestion]. Ulan-Ude: *Izdatel'stvo Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Publishing house of Buryat

- State University], 2001, 214 p. (In Russian).
7. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. Otsenka sostoyaniya podzheludochnoi zhelezy metodom opredeleniya aktivnosti tripsina v krovi ptitsy [Assessment of poultry pancreatic gland condition by determination of trypsin activity in poultry blood]. *Veterinariya* [Journal Veterinariya], 2018, no. 6, pp. 51–54. DOI: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54. (In Russian).
 8. Fisinin V.I., Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. Novye podkhody k otsenke funktsii pishchevareniya u kur [New approaches to chicken digestion function assessment]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka Veterinariya* [Russian Agricultural Veterinary Science], 2018, no. 1, pp. 49–53. (In Russian).
 9. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes in pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 1998, no. 11, pp. 91–114. DOI: 10.1079/NRR19980007
 10. Selle P.H., Ravindran V. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal feed science and technology*, 2007, no. 135, pp. 1–41.
 11. Bedford M.R., Partridge G.G. Enzymes in Farm Animal Nutrition. *CAB International*, 2011, Wallingford, UK.
 12. Fisinin V.I., Vertiprakhov V.G., Titov V.Yu., Grozina A.A. Dinamika aktivnosti pishchevaritel'nykh fermentov i sodержaniya deponirovannogo oksida azota v plazme krovi petushkov posle kormleniya [Dynamics of postprandial digestive enzyme activity and content of nitrogen oxide stored in cockerels' blood plasma]. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova* [Russian Journal of Physiology], 2018, vol. 104, no. 8, pp. 976–983. DOI: 0/7868/S0869813918070080. (In Russian).
 13. Vertiprakhov V.G., Borisenko K.V., Grozina A.A. Sekretornaya funktsiya podzheludochnoi zhelezy kur pri vvode proteazy [Secretory pancreatic function of hens followed by introduction of protease]. *Ptitsevodstvo* [Poultry], 2018, no. 11–12, pp. 23–25. (In Russian).
 14. Bedford M.R., Schulze H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 1998, no. 11, pp. 91–114.
 15. Vertiprakhov V.G., Tesarivskaya T.B. Vliyanie dobavki gorokha na sekretornuyu funktsiyu podzheludochnoi zhelezy kur [Effect of pea supplement on secretory pancreatic function of hens]. *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*. [The Bulletin of KrasGAU], 2011, no. 4, pp. 111–115. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Вертипрахов В.Г.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом; **адрес для переписки:** Россия, 141300, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10; e-mail: Vertiprakhov63@mail.ru

Борисенко К.В., аспирант

AUTHOR INFORMATION:

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

Borisenko K.V., post-graduate student

*Дата поступления статьи 11.12.2018
Received by the editors 11.12.2018*



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-11

УДК: 631.354.2(083.131)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ЗЕРНА ПРИ ОБМОЛОТЕ ЗЕРНОВЫХ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТИ В КОМБАЙНАХ И КОМБАЙНЕРАХ

Чепурин Г.Е., Цегельник А.П.

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

Для цитирования: Чепурин Г.Е., Цегельник А.П. Методика определения себестоимости зерна при обмолоте зерновых с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. С. 85–92, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-11

For citation: Chepurin G.E., Tsegelnik A.P. Metodika opredeleniya sebestoimosti zerna pri obmolote zernovykh s uchetom potrebnosti v kombainakh i kombainerakh [Methods of identifying grain production cost when threshing grain crops in view of the need in combine harvesters and combine operators]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 2, pp. 85–92, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-11

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты исследования по обоснованию рационального использования паспортной пропускной способности зерноуборочных комбайнов на обмолоте зерновых культур урожайностью от 8 до 50 ц/га и более. Выявлены основные факторы, определяющие паспортную пропускную способность комбайнов и эксплуатационные показатели их работы. Обоснованы структура и содержание технологического паспорта зерноуборочного комбайна и алгоритм оперативного определения по паспорту основных эксплуатационных показателей их работы в зависимости от технологии уборки, урожайности зерновых культур, долевого состава незерновой части в обмолачиваемой хлебной массе, ширины захвата валковых жаток, хедеров и скорости движения комбайнов. Дано определение термина «технологический паспорт зерноуборочного комбайна». Установлена максимально и минимально допустимая урожайность зерновых культур для рациональной загрузки комбайнов при обмолоте с нормативной скоростью движения 7,5 км/ч, рекомендуемой Министерством сельского хозяйства Российской Федерации. Существующие методики пре-

METHODS OF IDENTIFYING GRAIN PRODUCTION COST WHEN THRESHING GRAIN CROPS IN VIEW OF THE NEED IN COMBINE HARVESTERS AND COMBINE OPERATORS

Chepurin G.E., Tsegelnik A.P.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The paper presents substantiation of the rational use of combine harvesters' nominal throughput when threshing grain crops with the yield ranging from 0.8 to 5.0 t/ha and over. The main factors that determine nominal throughput of combine harvesters and their operational indicators are identified. The structure and contents of the technological passport of combine harvesters are substantiated, and the algorithm of effective determination of their key operational indicators, based on the passport, are developed. These indicators depend on harvesting technology, grain crop yield, the share of non-grain part in the threshed grain bulk, the coverage of swath headers and direct-cut headers, and the operating speed of combine harvesters. The definition of the term “technological passport of the combine harvester” is given. Maximum and minimum allowable grain crop yield is established for the rational load of combine harvesters threshing at the standard operating speed of 7.5 km/h recommended by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. The existing methods make it possible to determine the operational efficiency of high-performance

дусматривают определение эффективности использования высокопроизводительной техники по величине эксплуатационных затрат, которые не учитывают дефицит трудовых ресурсов при определении себестоимости обмолоченного зерна. В результате проведенных исследований разработаны алгоритм и методика определения фактической себестоимости зерна при уборке зерновых культур прямым и раздельным способом с учетом потребности в комбайнах *i*-класса и комбайнерах. Себестоимость зерна на обмолоте зерновых с площади 1000 га, рассчитанная по разработанной методике, позволяет определять для комбайна *i*-класса минимальную расчетную и фактическую себестоимость зерна при уборке прямым или раздельным способом.

Ключевые слова: технология уборки, паспортная пропускная способность комбайна, себестоимость зерна

machinery by operational costs. However, they do not take into account the shortage of human resources when determining production cost of the threshed grain. As a result of the research conducted, the algorithm and techniques of determination of actual grain cost when harvesting grain crops by direct combining and swath harvesting methods are developed taking into account the need in combines of an *i*-class and combine operators. Production cost of grain threshed on the area of 1000 hectares calculated by the techniques developed, allows to define the minimum estimated and actual grain cost for an *i*-class combine harvester by direct combining and swath harvesting methods.

Keywords: technology of harvesting, nominal throughput of the combine harvester, grain production cost

В концепции программы Союзного государства «Развитие сельскохозяйственного машиностроения для реализации инновационных, ресурсосберегающих и экологических чистых технологий производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь и Российской Федерации» определен перечень намечаемых основных мероприятий, рассчитанных на период 2019–2021 гг.

Программой предусматривается обоснование системы инженерно-технологического обеспечения использования новой высокопроизводительной техники, а также разработка, формирование и создание системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь и Российской Федерации. Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) по заданию Министерства сельского хозяйства и продовольствия и Россельхозакадемии разработал аналогичную систему машин и технологий для Западной Сибири в 1994–1997 гг.

При разработке системы машин выявлены существенные недостатки в методологии обоснования применения высокопроизводительной техники. Существующие ГОСТы не позволяют определять эффективность использования новой высокопроизводительной техники по величине эксплуатационных затрат на себестоимость производимой продукции, а также потребность механизаторов при эксплуатации данной техники.

Установлено, что минимум приведенных эксплуатационных затрат не учитывает дефицит трудовых ресурсов¹. В работе² предложено использовать за критерий выбора техники минимум приведенных эксплуатационных затрат с учетом удельных затрат на содержание механизаторов, которые складываются из капитальных затрат на заработную плату, а также на необходимые культурные и бытовые условия. Для условий Западной Сибири в 1976 г. были определены удельные затраты, равные 5,5 р./ч годовой загрузки работы механизатора. В настоящее время эти данные устарели и не могут быть использованы при обосновании современного типажа новой техники.

¹Чепурин Г.Е. Выбор типажа комбайнов и валковых жаток для уборки зерновых культур (на примере Западной Сибири): метод. рекомендации. Новосибирск, 1982.

²Докин Б.Д. Методика исчисления дифференциальных затрат при оптимизации параметров МТА и состава МТП хозяйств с учетом особенностей Сибири: научные труды СибИМЭ. Новосибирск, 1976. Вып. 12, ч.1, 2. С. 180–193.

В источнике [1] представлены результаты сравнительных испытаний серийно выпускаемых отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов, работающих в различных природно-климатических зонах России.

Однако экономическая оценка сравниваемых комбайнов на обмолоте зерновых по величине эксплуатационных затрат (р./га) не учитывает дефицит трудовых ресурсов при определении себестоимости обмолоченного зерна, а также рациональное использование пропускной способности комбайнов различных классов, так как испытания на МИС проводились на обмолоте зерновых культур с урожайностью от 14 до 30 ц/га при постоянной расчетной скорости движения комбайнов 7,2 км/ч.

Цель исследования – выявить факторы и закономерности, обеспечивающие рациональное использование паспортной пропускной способности комбайнов, и обосновать методику определения себестоимости зерна на обмолоте зерновых с учетом дефицита трудовых ресурсов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При расчете себестоимости обмолота зерновых с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах в соответствии с источником [2] допускаются недоиспользование паспортной пропускной способности комбайна не более 10%. Перегрузка молотилки не допускается, поскольку приводит к значительным потерям зерна. За паспортную пропускную способность комбайна принимают фактическую величину количества хлебной массы, поступающую в молотилку, измеряемую в килограммах за секунду, соответствующую потерям зерна за молотилкой 1,5% при обмолоте зерновых культур влажностью 10–20% и отношении зерна к соломе 1 : 1,5³ [3–8].

Нормативная рабочая скорость движения комбайна (V_p) принимается равной 7,5 км/ч [1, 2].

Расчет себестоимости ведется при максимально допустимой загрузке молотилки на обмолоте зерновых влажностью 10–22% и отношения зерна к соломе 1 : 1,5 в долях единицы, фактическая загрузка комбайна (q_ϕ) равна паспортной пропускной способности соответственного класса q_o , кг/с.

Эксплуатационные затраты (И) включают оплату труда (З), стоимость ГСМ (Г), затраты на ремонт и техническое обслуживание (Р), амортизационные отчисления (А), затраты на основные и вспомогательные материалы и определяются в соответствии с источником⁴.

Затраты средств на оплату комбайнера (З) на обмолоте зерновых культур вычисляются по формуле

$$З = \frac{1}{W_{см}} Л \cdot r \cdot K_3, \quad (1)$$

где Л – число обслуживающего персонала, Л = 1; $W_{см}$ – производительность в единицах наработки за 1 ч сменного времени, га/ч; r – оплата труда комбайнера, р./ч или р./т, или р./га; K_3 – коэффициент начислений на зарплату в расчетах прямых эксплуатационных затрат принимаем $K_3 = 1$.

Затраты средств на ГСМ (Г) вычисляются по формуле

$$Г = q_T \cdot Ц_T \cdot K_{см.м}, \quad (2)$$

где q_T – удельный расход топлива, р./га, р./ч; $Ц_T$ – цена 1 кг топлива, р./кг, р./л; $K_{см.м}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов, цену дизтоплива определяют по данным типового хозяйства в период расчетов.

Затраты средств на ремонт и ТО новой техники по нормам отчислений от цены машины вычисляются по формуле

$$Р = \frac{Б \cdot r_p}{W_{см} \cdot T_3}, \quad (3)$$

где Б – цена комбайна без НДС, р.; r_p – коэффициент отчислений на ремонт и ТО,

³Гольцян В.Я. Анализ пропускной способности зерноуборочных комбайнов и основных показателей, определяющих ее величину: аналитическая справка (обзор). М.: Росинформагротех, 2002. 22 с.

⁴ГОСТ Р 530562008 Национальный стандарт РФ. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2009.

$r_p = 10,3\%$, [2]; W_{cm} – производительность комбайна в час эксплуатационного времени (га/ч или т/ч); T_3 – годовая зональная фактическая загрузка комбайна, $T_3 = 280$ ч.

Затраты средств на амортизацию техники вычисляются по формуле

$$A = \frac{B \cdot \alpha}{W_{cm} \cdot T_3}, \quad (4)$$

где α – коэффициент отчислений средств на амортизацию техники для зерноуборочных комбайнов; $\alpha = 10\%$, для валковых жаток – $12,5\%$.

Рабочая скорость движения комбайна (V_p), реализующая паспортную способность комбайна, определяется по формуле

$$V_p = \frac{360 \cdot q_0}{G \cdot B \cdot \eta_b}, \quad (5)$$

где G – урожайность зерновых культур, ц/га; B – конструктивная ширина захвата жатки, м; η_b – коэффициент использования ширины захвата – $0,96$ [4].

Производительность комбайна за 1 ч чистого времени (W) определяется по формуле

$$W = 0,1 \cdot V_p \cdot B_p, \quad (6)$$

где $B_p = B \cdot \eta_b$.

Сменная производительность комбайна (W_{cm}) определяется по формуле

$$W_{cm} = W \cdot T \cdot \eta_{cm}, \quad (7)$$

где T – продолжительность смены в часах. В расчетах принимаем $T = 10$ ч; η_{cm} – нормативный коэффициент использования времени смены, $\eta_{cm} = 0,65-0,68$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современные отечественные и зарубежные зерноуборочные комбайны обеспечивают синхронизацию частоты вращения мотвила при прямом комбайнировании и подборщика при раздельной уборке со скоростью движения комбайна. Это позволяет в хозяйствах с высокой культурой земледелия увеличивать рабочую скорость комбайна при нормальных условиях уборки при влажности зерна $20-22\%$ до $10-12$ км/ч, что обеспечивает загрузку комбайна не только

за счет ширины захвата, но и рабочей скорости движения.

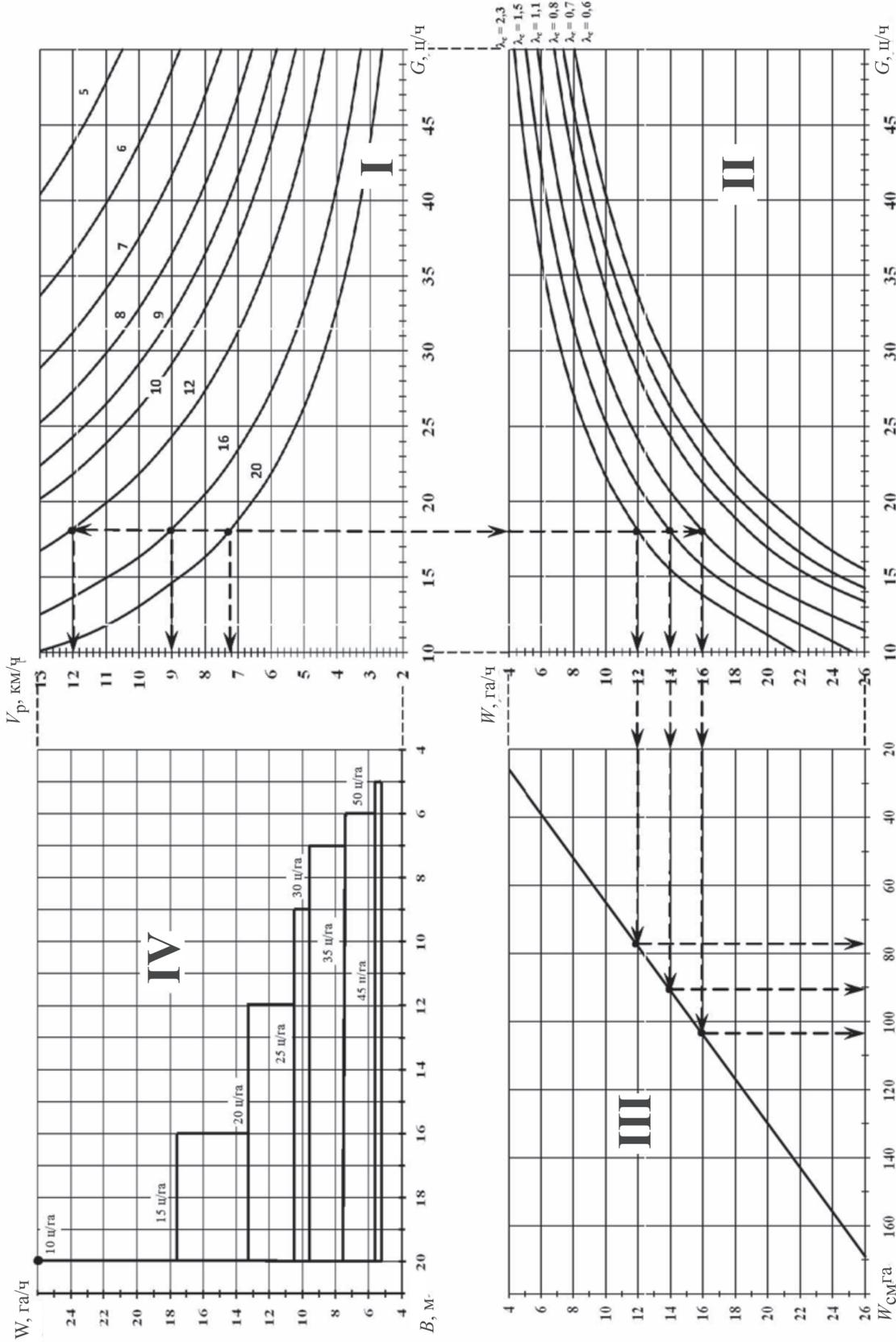
Выявленные закономерности влияния основных факторов на изменения производительности комбайна положены в основу разработки технологического паспорта зерноуборочного комбайна и алгоритма определения основных технологических характеристик комбайна, которые обеспечивают паспортную загрузку молотилки комбайна на обмолоте зерновых культур с разной урожайностью.

Технологический паспорт зерноуборочного комбайна – технологический документ, представленный в виде четырех квадрантов. На них указаны графические изменения рабочей скорости комбайна при обмолоте зерновых культур влажностью $10-22\%$, нормативном отношении зерна к незерновой части $1 : 1,5$ в долях единицы, обеспечивающей его паспортную пропускную способность, в зависимости от урожайности, конструктивной ширины захвата валковых жаток или хедеров. Технологический паспорт дает возможность определять производительность комбайнов за 1 ч чистого времени и за смену не только при нормативной доле незерновой части $1,5$, но и при изменении этой доли в широких пределах от нормативной.

На рисунке представлен технологический паспорт комбайна класса 7 кг/с (GS-07). Порядок определения основных эксплуатационных показателей работы комбайнов по квадрантам паспорта показан штриховыми линиями со стрелками и подробно изложен в источниках [9–11].

Из формулы (5) следует, что при фиксированной нормативной рабочей скорости комбайна $V_p = 7,5$ км/ч фактическая пропускная способность зависит линейно только от урожайности зерновых культур и ширины захвата валковых жаток и хедеров.

Проведенный расчет технико-экономических показателей при обмолоте зерновых при урожайности от 8 до 50 ц/га комбайнами класса от 6 до 10 кг/с показывает, что эксплуатационные затраты (I^1) на обмолоте зерновых культур при полной загрузке комбайнов, т.е. ($q_\phi = q_0$) и постоянной скорости



Технологический паспорт комбайна класса 7 кг/с («GS-07»): V_p – рабочая скорость за один час чисто времени, км/ч; W , W_{cm} – соответственно производительность за один час чисто времени, га/ч и за смену, га; G – урожайность зерновых, ц/га; цифры 5, 6, 7, ..., 20 (квадрант I) и B (квадрант IV) – конструктивная ширина захвата валковой жатки, хедера, м; λ_c – незерновая часть в хлебной массе при обмолоте, доли единицы.
 Technological passport of the 7 kg/s class grain harvester (GS-07): V_p – operating speed per 1 hour of actual working time, km/h; W , W_{cm} – capacity per 1 hour of actual working time ha/h and per shift, ha, respectively; G – yield of grain crops, center per hectare, numbers 5, 6, 7, ..., 20 (quadrant I) and B (quadrant IV) – constructive coverage of swath header, m; λ_c – non-grain part in the grain bulk at threshing, unit fraction

Урожайность зерновых культур для паспортной загрузки комбайнов при скорости движения 7,5 км/ч, расчетная и фактическая себестоимость зерна при обмолоте с площади 1000 га
 Yield of grain crops for nominal load of combine harvesters at operating speed 7.5 km/h, estimated and actual production cost when threshing grain on the area of 1000 ha

Ширина жаток, м	W_{cm} , га/см,	Паспортная пропускная способность комбайна (q_0)																								
		«Нива-Эффект» ($q_0 = 6$ кг/с)						GS-07 ($q_0 = 07$ кг/с)						Вектор-410 ($q_0 = 8$ кг/с)												
		G^{max} , ц/га	I^1 , р./га	I^2 , т.р./т	I^2_{ϕ} , т.р./т	I^2_{ϕ} , т.р./т	G^{max} , ц/га	I^1 , р./га	I^1 , р./га	I^2 , т.р./т	I^2 , т.р./т	I^2_{ϕ} , т.р./т	G^{max} , ц/га	I^1 , р./га	I^1 , р./га	I^2 , т.р./т	I^2_{ϕ} , т.р./т	G^{max} , ц/га	I^1 , р./га	I^1 , р./га	I^2 , т.р./т	I^2_{ϕ} , т.р./т				
6	28,0	50	652	4,7	4,7	4,7	50	650	650	4,7	4,7	50	650	650	4,7	4,7	50	678	678	4,9	4,9	4,9	678	678	4,9	4,9
7	33	43	573	4,0	5,4	3,9	50	650	650	3,9	3,9	50	650	650	3,9	3,9	50	678	678	4,1	4,1	4,1	678	678	4,1	4,1
8	37,0	38	510	3,6	6,2	3,55	44	578	650	4,3	4,3	44	578	650	4,3	4,3	44	678	678	3,7	3,7	3,7	678	678	3,7	3,7
9	42,0	34	450	3,2	6,9	3,1	39	509	650	3,1	3,1	39	509	650	3,1	3,1	44	678	678	3,2	3,2	3,2	678	678	3,2	3,2
10	47	30	401	2,8	7,8	2,7	35	455	650	2,7	2,7	35	455	650	2,7	2,7	40	678	678	2,8	2,8	2,8	678	678	2,8	2,8
11	51,5	26	360	2,4	9,4	2,5	32	422	650	2,5	2,5	32	422	650	2,5	2,5	37	479	479	2,5	2,5	2,5	479	479	2,5	2,5
12*	55	25	343	2,5	2,5	2,4	29	389	389	2,4	2,4	29	389	389	2,4	2,4	33	452	452	2,45	2,45	2,45	452	452	2,45	2,45
16*	74	19	252	1,8	1,8	2,0	22	289	289	2,0	2,0	22	289	289	2,0	2,0	25	335	335	1,8	1,8	1,8	335	335	1,8	1,8
20*	94	15	200	1,5	1,5	1,8	17	277	277	1,8	1,8	17	277	277	1,8	1,8	20	266	266	1,5	1,5	1,5	266	266	1,5	1,5
20*	94	12	200	1,7	1,7	2,0	15	277	277	2,0	2,0	15	277	277	2,0	2,0	15	266	266	1,9	1,9	1,9	266	266	1,9	1,9
20*	94	10	200	2,2	2,2	3,0	10	277	277	3,0	3,0	10	277	277	3,0	3,0	10	266	266	2,9	2,9	2,9	266	266	2,9	2,9
20*	94	8	200	2,8	2,8	3,8	8	277	277	3,8	3,8	8	277	277	3,8	3,8	8	266	266	3,6	3,6	3,6	266	266	3,6	3,6

G^{max} – максимальная допустимая урожайность зерновых при $\lambda = 1 : 1,5$ и фактической подаче хлебной массы, $q_0 = q_0$, ц/га; * – конструкторная суммарная ширина жаток при сдваивании валков; W_{cm} – сменная производительность комбайна на обмолоте зерновых, при $q_0 = q_0$, га/см; I^1 , I^2 , I^2_{ϕ} – соответственно расчетные и фактические затраты обмолота зерновых, р./га; I^2 , I^2_{ϕ} – соответственно расчетная и фактическая себестоимость зерна при обмолоте зерновых культур с площади 1000 га, тыс. р./т.

движения 7,5 км/ч линейно зависят только от ширины захвата валковых жаток, хедеров и класса комбайнов (см. таблицу).

При рекомендуемой нормативной скорости движения комбайнов 7,5 км/ч на обмолоте зерновых культур и максимально допустимой их загрузке $q_{\phi} = q_0$ эксплуатационные затраты комбайнов разных классов существенно не отличаются. Например, при обмолоте зерновых урожайностью 50 ц/га прямым способом комбайн «Нива-Эффект» имеет эксплуатационные затраты $I^1 - 652$ р./га, комбайн GS-07 – 650, «Вектор-410» – 678 р./га. Аналогичные показатели характерны на обмолоте сдвоенных валков при раздельном способе уборки. Следовательно, этот показатель не может характеризовать эффективность применения конкретного комбайна на уборке прямым и раздельным способами, так как эксплуатационные прямые затраты не учитывают потребность в комбайнах и числе механизаторов при обмолоте зерновых культур. Нами предложена формула для определения себестоимости зерна при обмолоте зерновых с конкретной площади S с учетом необходимого количества комбайнов

$$I^2 = \frac{I^1 \cdot S_{\text{см}}}{G^{\text{max}} \cdot W_{\text{см}} \cdot \mu_3}, \quad (8)$$

где I^2 – расчетная себестоимость тонны зерна, т.р./т; I^1 – расчетные прямые эксплуатационные затраты на обмолоте, р./га; $S_{\text{см}}$ – площадь поля, убранная комбайнами i -го класса за смену, га/см (в расчетах условно принята площадь 1000 га); G^{max} – максимально допустимая урожайность зерновых при нормативной скорости 7,5 км/ч и фактической подаче хлебной массы $q_{\phi} = q_0$, т/га; $W_{\text{см}}$ – площадь поля, убираемая комбайном за смену, га/см; μ_3 – коэффициент загрузки молотилки комбайна. При $q_{\phi} = q_0$, $\mu_3 = 1$ или $\mu_3 = \frac{G_{\phi}}{G^{\text{max}}}$, при $G_{\phi} \leq G^{\text{max}}$.

Показатель I^2 , характеризующий себестоимость зерна на обмолоте зерновых с площади 1000 га, рассчитанный по формуле (8), позволяет определять для любого класса комбайна минимальную расчетную себестоимость зерна на обмолоте при уборке прямым или раздельным способом.

Например, комбайн класса 7 кг/с при уборке прямым способом имеет наименьшую расчетную себестоимость зерна 2,5 тыс. р./т на обмолоте зерновых урожайностью 32 ц/га при ширине захвата хедера 11 м, минимальную себестоимость зерна на обмолоте сдвоенных валков при урожайности 17 ц/га с площади шириной 20 м – 1,8 тыс. р./т, т.е. в 1,4 раза меньше.

Однако фактическая себестоимость зерна при обмолоте существенно отличается от расчетной, так как заводы поставляют для каждого класса комбайна жатки-хедеры определенной ширины захвата. Например, комбайн GS-07 поставляется в комплекте с хедерами шириной 6 или 7 м, комбайн «Вектор-410» – 6, 7 и 8 м. В связи с этим представленная в таблице фактическая себестоимость обмолота зерна этими комбайнами существенно отличается от расчетной. Аналогично определяется минимальная расчетная и фактическая себестоимость зерна при обмолоте зерновых комбайнами любого класса.

Комбайн класса 6 кг/с при ширине захвата хедера 6 м из-за снижения фактической загрузки комбайна при обмолоте зерновых урожайностью от 50 до 26 ц/га увеличивает фактическую себестоимость зерна от 4,7 до 9,4 тыс. р./т, т.е. в 2 раза, у комбайна класса 7 кг/с при ширине захвата хедера 7 м увеличивается фактическая себестоимость зерна от 4,7 до 6,1 тыс. р./т при уменьшении урожайности от 50 до 32 ц/га.

У комбайна класса 8 кг/с с шириной захвата хедера 8 м увеличивается фактическая себестоимость зерна от 3,7 до 5,0 тыс. р./т при уменьшении урожайности от 50 до 37 ц/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований на примере рационального использования комбайнов на обмолоте зерновых в условиях Сибири разработана методика определения фактической себестоимости зерна при обмолоте с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах, которая может быть использована при обосновании типажа уборочной техники для производства не только зерновых, но и других сельскохозяйственных культур.

Определены максимально и минимально допустимые урожайности зерновых культур для рациональной загрузки комбайнов при

обмолоте с нормативной скоростью движения 7,5 км/ч, рекомендуемой МСХ РФ.

Разработан алгоритм и методика для определения фактической себестоимости зерна при обмолоте зерновых культур с конкретной площади, позволяющие при расчете себестоимости зерна учитывать потребность в комбайнах и количестве механизаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурак П.И., Пронин В.М., Прокопенко В.А., Медведев А.А. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: монография. М.: Росинформагротех, 2013. 416 с.
2. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники / А.Т. Табашников, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, В.Г. Селиванов, Е.М. Самойленко, Р.А. Марченко, Т.Ф. Цыганкова, В.А. Константинова, В.О. Марченко, Н.В. Барсуков. М.: Росинформагротех, 2010. 188 с.
3. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 6–8.
4. Пенкин С.М. Оценка пропускной способности зерноуборочных комбайнов по известным параметрам // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 1. С. 24–26.
5. Жалнин Э.В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России: монография. М.: Полиграфический сервис, 2012. 367 с.
6. Жалнин Э.В., Баранов А.А., Сулейманов М. Среднестатистическая пропускная способность зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1997. № 8. С. 25–27.
7. Занько Н.Д. Методика оценки пропускной способности молотилки и определения класса зерноуборочного комбайна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 6. С. 26–28.
8. Занько Н.Д., Осипов Н.М. Оценка пропускной способности молотилки с системой интенсивной сепарации зерна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. № 10. С. 13–15.
9. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М. Теоретические основы разработки технологического паспорта

зерноуборочного комбайна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2. С. 96–104.

10. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М. Обоснование разработки технологического паспорта зерноуборочных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 25–31.
11. Чепурин Г.Е. Зерноуборочному комбайну технологический паспорт, полю – операционную карту // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 76–79.

REFERENCES

1. Burak P.I., Pronin V.M., Prokopenko V.A., Medvedev A.A. *Sravnitel'nye ispytaniya sel'skokhozyaistvennoi tekhniki* [Comparative tests of agricultural machinery]. M.: Rosinformagrotekh Publ., 2013. 416 p. (In Russian).
2. *Sistema kriteriev kachestva, nadezhnosti, ekonomicheskoi effektivnosti sel'skokhozyaistvennoi tekhniki* [The system of quality, reliability and economic efficiency criteria of agricultural machinery]. A.T. Tabashnikov, V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, V.G. Selivanov, E.M. Samoilenko, R.A. Marchenko, T.F. Tsygankova, V.A. Konstantinova, V.O. Marchenko, N.V. Barsukov. M.: Rosinformagrotekh Publ., 2010. 188 p. (In Russian).
3. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. *Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernouborochnykh kombainov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram* [Methods of analysis of the technical level of grain harvesters by their functional and constructive parameters]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technologies], 2018, vol. 12, no. 2, pp. 6–8. (In Russian).
4. Penkin S.M. *Otsenka propusknnoi sposobnosti zernouborochnykh kombainov po izvestnym parametram* [Assessment of grain harvesters' throughput by the known parameters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 2003, no. 1, pp. 24–26. (In Russian).
5. Zhalnin E.V. *Metodologicheskie aspekty mekhanizatsii proizvodstva zerna v Rossii* [Methodological aspects of grain production mechanization in Russia]. M.: Poligraficheskii servis Publ., 2012. 367 p. (In Russian).
6. Zhalnin E.V., Baranov A.A., Suleimanov M. *Srednestaticheskaya propusknaya sposobnost' zernouborochnykh kombainov* [Aver-

- age throughput of grain harvesters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1997, no. 8, pp. 25–27. (In Russian).
7. Zan'ko N.D. Metodika otsenki propusknoi sposobnosti molotilki i opredeleniya klassa zernouborochnogo kombaina [Methods of assessing thresher throughput and determination of combine harvester class]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1999, no. 6, pp. 26–28. (In Russian).
 8. Zan'ko N.D., Osipov N.M. Otsenka propusknoi sposobnosti molotilki s sistemoi intensivnoi separatsii zerna [Assessing thresher throughput with the system of intensive grain separation]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1996, no. 10, pp. 13–15. (In Russian).
 9. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Teoreticheskie osnovy razrabotki tekhnologicheskogo pasporta zernouborochnogo kombaina [Theoretical framework for developing a technological passport of grain harvester]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 2, pp. 96–104. (In Russian).
 10. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Obosnovanie razrabotki tekhnologicheskogo pasporta zernouborochnykh kombainov [Substantiation of developing a technological passport for a combine harvester]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technologies], 2016, no. 4, pp. 25–31. (In Russian).
 11. Chepurin G.E. Zernouborochnomu kombainu tekhnologicheskii pasport, polyu – operatsionnyu kartu [Technological passport – for a grain harvester, an operation process chart – for a field]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, vol. 31, no. 6, pp. 76–79. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Чепурин Г.Е.**, профессор, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, научный руководитель направления; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: siime@ngs.ru

Цегельник А.П., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Chepurin G.E.**, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Engineering, Head of Research Division; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: siime@ngs.ru

Tsegelnik A.P., Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

*Дата поступления статьи 11.12.2018
Received by the editors 11.12.2018*

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГРИБА *RAMULARIA TULASNEI* SACC

^{1,2}Алейников А.Ф., ¹Минеев В.В.

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

²Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия

Для цитирования: 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

For citation: Aleynikov A.F., Mineev V.V. Izmnenie fluorestsentsii khlorofilla zemlyaniki sadovoi pri vozdeistvii griba *Ramularia tulasnei* Sacc [Effect of the fungus of *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, DOI: 10.26898/0370-8799-2019-2-12

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Обоснована актуальность ранней неинвазивной диагностики грибных болезней земляники садовой. Проведен сравнительный анализ основных используемых методов ранней диагностики культурных растений. Для исследований использовали живые листья растений земляники садовой сортов Симфония и Элиани, выращенных в естественных условиях на биополигоне в горшочках. Состав почвы – выщелоченный чернозём, с добавлением торфа и комплекса удобрений (суперфосфат и калийная соль). Изучены информативные параметры флуоресценции хлорофилла растительных тканей листьев земляники, связанных с воздействием биострессора (гриба *Ramularia tulasnei* Sacc – возбудителя белой пятнистости). Измерения параметров флуоресценции хлорофилла листьев земляники садовой проводили флуориметром Dual-PAM-100 по разработанной методике исследований. Управление режимами флуориметра осуществлялось при помощи компьютера с операционной системой Windows по специальной программе. В результате экспериментальных исследований выявлено, что для двух сортов земляники Симфония и Элиани гриб *Ramularia tulasnei* Sacc вызывает наиболее различимые и стабильные изменения параметров флуоресценции хлорофилла растительных тканей листьев: квантовый выход фотохимического превращения световой энергии, минимальная флуоресценция хлорофилла *a* в адаптированных к свету объектах и квантовый выход нерегулиру-

EFFECT OF THE FUNGUS OF *RAMULARIA TULASNEI* SACC ON CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN GARDEN STRAWBERRY

^{1,2}Aleynikov A.F., ¹Mineev V.V.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Novosibirsk State Technical University
Novosibirsk, Russia

The relevance of early undamaging diagnosis of fungal diseases of garden strawberry has been proved. Comparative analysis of the main methods of early diagnostics of cultivated plants has been carried out. Fresh leaves of common garden strawberry of Symphony and Eliani cultivars grown in natural conditions in pots on bio-testing ground were used for research. Soil composition was leached chernozem with the addition of peat and fertilizer complex (superphosphate and potassium salt). Informative parameters of chlorophyll fluorescence of plant tissues of strawberry leaves obtained as a result of the impact of a bio-stressor (fungus of *Ramularia tulasnei* Sacc.) have been studied. Parameters of chlorophyll fluorescence in garden strawberry leaves were measured by the Dual-PAM-100 fluorimeter device in accordance with the technique developed. Fluorimeter mode control was exercised by means of the computer with the Windows operating system according to the special program. As a result of pilot studies, it was revealed that for two cultivars of garden strawberry Symphony and Eliani, fungus of *Ramularia tulasnei* Sacc caused the most significant and stable changes of chlorophyll fluorescence parameters of plant tissues of leaves: quantum yield of photochemical transformation of light energy, the minimum chlorophyll fluorescence *a* in the objects adapted to light and quantum yield of non-regulated energy dissipation. When strawberry cultivars Symphony

емой диссипации энергии. При поражении этим биострессором двух сортов земляники – Симфония и Элиани у параметра – квантовый выход нерегулируемой диссипации энергии – проявляются наиболее идентичные свойства по характеру его зависимости и текущим значениям. Возможно достоверное раннее неинвазивное обнаружение грибных болезней земляники садовой по уровню квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии.

Ключевые слова: земляника садовая, гриб *Ramularia tulasnei* Sacc, хлорофилл, флуоресценция, квантовый выход нерегулируемой диссипации энергии

ВВЕДЕНИЕ

В борьбе с угрозами биологической безопасности в сельском хозяйстве важную роль отводят эффективным средствам наблюдения и контроля, способным проводить раннее неинвазивное обнаружение микробиологических, вирусных и грибных болезней культурных растений [1].

При возделывании садовых культур болезни растений являются серьезным негативным фактором, снижающим экономическую эффективность их производства. Земляника садовая широко распространена в мире из-за очевидных преимуществ по сравнению с другими ягодными культурами. Земляника обладает ценными лечебными свойствами и ярким привлекательным видом. Она питательна, имеет обильный биохимический состав и обладает высокими вкусовыми качествами. Ее доля в общемировом производстве ягод составляет более 70% [2]. Однако почки, листья, корни, ягоды земляники повреждают более 20 видов возбудителей болезней и более 10 видов вредителей. Землянику садовую поражают свыше 30 грибных, вирусных и бактериальных болезней [3]. Большинство болезней (около 80%) вызывают грибы. При развитии грибных болезней резко снижается урожайность ягод до 60–70% [4]. Кроме того, при поражении болезнями растение сильно ослабляется, вплоть до его полной гибели.

За рубежом уже давно активно создают национальные системы защиты растений от болезней. Эти системы включают комплекс

and Eliani were affected by this bio-stressor, the parameter of quantum yield of non-regulated energy dissipation showed the most identical properties on the nature of its dependence and current values. Credible early undamaging diagnosis of fungal diseases of garden strawberry was proved possible by the level of quantum yield of non-regulated energy dissipation.

Keywords: garden strawberry, fungus *Ramularia tulasnei* Sacc, chlorophyll, fluorescence, quantum yield of non-regulated energy dissipation

мер, в том числе и мониторинг фитосанитарного состояния с применением новейших методов диагностики [5–7].

Ранняя диагностика болезней растений достаточно сложна. Большинство методов диагностики болезней плодовых культур основано на обнаружении специфических антигенов (иммунохимические методы) или нуклеиновой кислоты (молекулярные методы). В лабораторной диагностике болезней плодовых культур доминируют метод иммуноферментного анализа (ИФА), различные варианты полимеразной цепной реакции (ПЦР) и молекулярно-гибридизационный анализ (МГА), отличающиеся от других высокой чувствительностью и специфичностью. Для одновременного выявления нескольких патогенов в одном образце предлагаются различные технические решения, наиболее перспективные среди них связаны с развитием чиповой технологии. Ведущую роль среди методов внелабораторной диагностики играет иммунохроматография (ИХА) в пористых мембранах (тест-полосках) [8]. Однако известные методы требуют использования сложного и дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного технического обслуживания. Распространенные прецизионные методы имеют определенную специфику, приводящую к неблагоприятным ситуациям на практике.

Высокая чувствительность ПЦР-метода позволяет выявить в образце присутствие даже одной споры или нескольких копий ДНК фитопатогенного гриба. Но для полу-

чения ложноположительного результата достаточно даже минимального загрязнения изначально «чистого» образца. Проведение опыта требует высокую степень стерильности на всех стадиях анализа и использование отрицательных контролей.

Иммуноферментный анализ в основном применяют для обнаружения вирусов и значительно реже – для идентификации грибов и бактерий. Причина – трудность получения антител с необходимой специфичностью. Строение клеточных стенок грибов и бактерий в ходе их жизненного цикла может изменяться, и оно гораздо сложнее, чем у вирусного капсида (внешняя оболочка вируса, состоящая из белков) [8, 9].

В настоящее время в исследованиях растений интенсивно развиваются методы исследования флуоресценции хлорофилла [10–13].

Существует тесная связь между фотосинтезом сельскохозяйственных культур и улучшением продуктивности сельского хозяйства. Понимание фотосинтетического статуса растения является важным приоритетом для оценки продуктивности культур, подвергающихся различным воздействиям окружающей среды. Измерения флуоресценции хлорофилла дают полезную информацию о фотосинтетических характеристиках листьев растений, находящихся под стрессом [14]. Измерения флуоресценции хлорофилла используются в качестве диагностических инструментов, которые облегчают простую, быструю, неразрушающую, надежную количественную оценку поражения растений, вызванного низкими температурами, высокой засоленностью, высокой фотосинтетической радиацией [15–17]. Исследователи проводят работы по обнаружению различных болезней у культурных растений [18–20].

Цель исследования – экспериментально выявить информативные параметры флуоресценции хлорофилла растительных тканей листьев земляники садовой, связанные с воздействием биострессора (гриба *Ramularia tulasnei* Sacc), для оценки возможности создания метода неинвазивной ранней диагностики грибных болезней.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для исследований использовали живые листья растений земляники садовой сортов Симфония и Элиани, выращенных в 10 горшочках на биополигоне Сибирского физико-технического института аграрных проблем Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибФТИ СФНЦА РАН). Состав почвы – выщелоченный чернозем, с добавлением торфа и комплекса удобрений (суперфосфат и калийная соль). Грунт в горшок вносили поверх слоя дренажа. Процесс выращивания земляники проходил в естественных условиях.

Симфония – сорт земляники садовой среднепозднего срока созревания, десертного назначения использования. Был выведен в Шотландии в 1979 г. путем скрещивания разновидностей Рапсодия и Холидей. Растение мощное, многорожковое, обильно облиственное. Усообразование среднее. Листья жесткие, темно-зеленого окраса.

Элиани – среднеранний сорт земляники садовой короткого светового дня. Выведен специалистами голландской фирмы Vissers Aardbeiplanten B. V. в 1998 г., авторами являются Albert Konnings и Gebr. Vissers. Растение мощное, высокорослое. Усообразование на среднем уровне. Листья большие, светло-зеленого окраса с глянцевым блеском. Сорта перспективные, устойчивые к болезням, нерайонированные.

Макроскопическим методом трое экспертов отбирали необходимое количество здоровых и больных грибной болезнью листьев растений этих двух сортов. Степень поражения поверхности всех исследуемых листьев от воздействия гриба *Ramularia tulasnei* Sacc составляла 3–5%.

Исследования проводили с 19.09.2018 по 11.10.2018 при использовании флуориметра Dual-PAM-100 (см. рис. 1).

В контрольно-измерительный модуль флуориметра интегрированы все источники измерительного и актиничного света, а также фотодиодный детектор сигнала. Для проведения света к образцу и обратно применяется специальный гибкий оптоволоконный световод.



Рис. 1. Флуориметр Dual-PAM-100 для измерения параметров флуоресценции хлорофилла листьев земляники садовой

Fig. 1. The Dual-PAM-100 fluorimeter for measurement of chlorophyll fluorescence of garden strawberry leaves

Основные технические характеристики флуориметра:

- актиничный «красный» свет: светодиодная лампа «дальнего красного» света 720 нм;
- актиничный «синий» свет: «синяя» светодиодная лампа 460 нм;
- интерфейс для связи с компьютером: USB 1.1 и USB 2.0;
- длина оптоволоконного световода 1 м;
- активный диаметр световода 6 мм.

Управление флуориметром осуществлялось при помощи компьютера с операционной системой Windows по его специальной программе.

Флуоресценция испускается в основном молекулами хлорофилла *a* антенных комплексов фотосистемы 2 (ФС II) и связана не только с процессами в пигментной матрице и реакционном центре ФС II, но и с окислительно-восстановительными реакциями на донорной и акцепторной сторонах, и даже во всей цепи переноса электронов. Параметры флуоресценции являются наиболее информативными. Они определяются в режиме записи медленной кинетики темновых индукционных кривых с импульсным анализом насыщения [13].

Время задержки записи индукционных кривых после определения минимальной и

максимальной флуоресценции хлорофилла *a* (путем подачи импульса насыщения в адаптированные к темноте листья) составляло 40 с, что достаточно для полного повторного окисления акцепторов (открытия реакционных центров) ФС II перед записью индукционных кривых. Интервал между двумя последовательными импульсами насыщения при записи индукционных кривых был равен 20 с, время регистрации данных – около 4 мин.

Возбуждение молекул хлорофилла *a* осуществлялось «синим» светодиодом с длиной волны 460 нм, детектирование флуоресценции – «красным» фотодиодом с длиной волны 680 нм.

Исследования проводили в следующей последовательности.

1. Перед помещением листа земляники в держатель листа горшочки с растениями выдерживали в светонепроницаемой коробке не менее 5 мин.

2. Лист земляники закрепляли в держателе. В раскрывающемся меню в окне «Slow Kinetics» флуориметра выбирали режим записи «Ind Curve» и по истечении времени не менее 1 мин запускали программу измерений. В результате получали данные констант (F_o , F_m – минимальная и максимальная флуоресценция хлорофилла *a* в адаптированных к темноте объектах) и параметров (F'_o , F'_m – минимальная и максимальная флуоресценция хлорофилла *a* в адаптированных к свету объектах; F – выход флуоресценции; $Y(II)$ – эффективный квантовый выход фотосинтеза ФС II; $Y(NO)$ – квантовый выход нерегулируемой диссипации энергии (тепло); $Y(NPQ)$ – квантовый выход регулируемой диссипации энергии (флуоресценция); NPQ – мера доли световой энергии, потребляемой флуоресценцией; qP – мера доли световой энергии, потребляемой открытыми РЦ в реакциях фотосинтеза; qN – коэффициент нефотохимического тушения (тепло); qL – коэффициент фотохимического тушения (фотосинтез); $ETR(II)$ – скорость транспорта электронов).

3. Далее сравнивали измеренные параметры флуоресценции хлорофилла здоро-

вых и больных растительных тканей листьев земляники и делали вывод о наличии или отсутствии их связи с заболеванием белой пятнистостью.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возбудители грибных болезней приводят к понижению интенсивности фотосинтеза. При этом происходит нарушение структуры фотосинтетического аппарата клеток (снижение числа хлоропластов на единицу площади листа, объема хлоропластов, концентрации хлорофилла) [21]. Снижение интенсивности фотосинтеза подтверждают и проведенные исследования здоровых и пораженных белой пятнистостью листьев двух сортов земляники садовой (см. рис. 2).

У растений энергия поглощенных квантов света используется в фотосинтезе, рассеивается в тепло и испускается в виде флуоресценции. Более низкий выход начальной флуоресценции F'_0 у здоровых растений свидетельствует о том, что на фотосинтез, то есть на развитие растения, затрачивается большая доля поглощенной световой энергии (см. рис. 3).

При закрытых реакционных центрах ФС II энергия не используется в фотосинте-

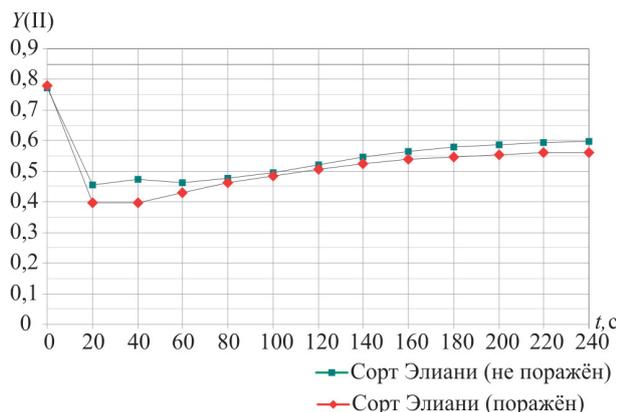


Рис. 2. Усредненные значения квантового выхода фотохимического превращения световой энергии – $Y(II)$ здоровых и пораженных листьев земляники садовой сорта Элиани (фотосинтез)

Fig. 2. Average values of quantum yield of light energy photochemical transformation – $Y(II)$ of healthy and diseased leaves of garden strawberry, cultivar Eliani (photosynthesis)

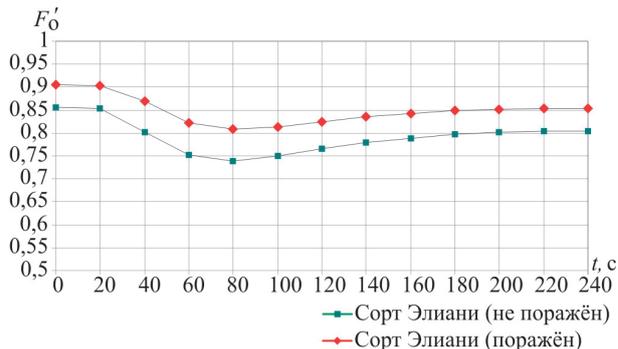


Рис. 3. Усредненные значения начальной флуоресценции F'_0 , здоровых и пораженных листьев земляники садовой сорта Элиани

Fig. 3. Average values of initial fluorescence F'_0 of healthy and diseased leaves of garden strawberry, cultivar Eliani

зе, а расходуется на нефотохимическое тушение (тепло, флуоресценцию).

Приведенные усредненные значения квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии, затрачиваемой на тепло, для двух сортов земляники (см. рис. 4, 5) свидетельствуют о том, что у больных растений эта доля больше.

Зависимости на представленных рисунках практически полностью идентичны, причем

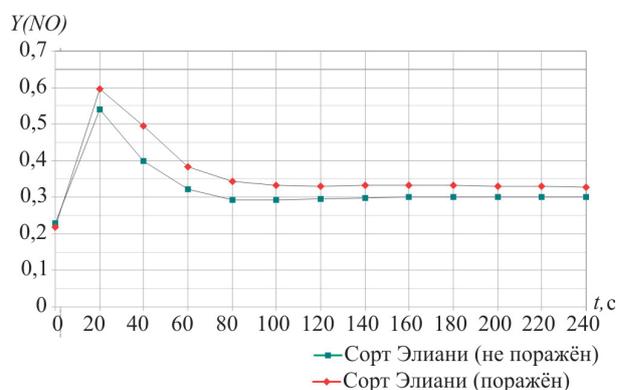


Рис. 4. Усредненные значения квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии (тепло) – $Y(NO) = \frac{1}{NPQ + 1 + \left(\frac{F_m}{F_0 - 1}\right)}$

здоровых и пораженных листьев земляники садовой сорта Элиани

Fig. 4. Average values of quantum yield of non-regulated energy dissipation (heat) – $Y(NO) = \frac{1}{NPQ + 1 + \left(\frac{F_m}{F_0 - 1}\right)}$ of healthy and diseased leaves of garden strawberry, cultivar Eliani

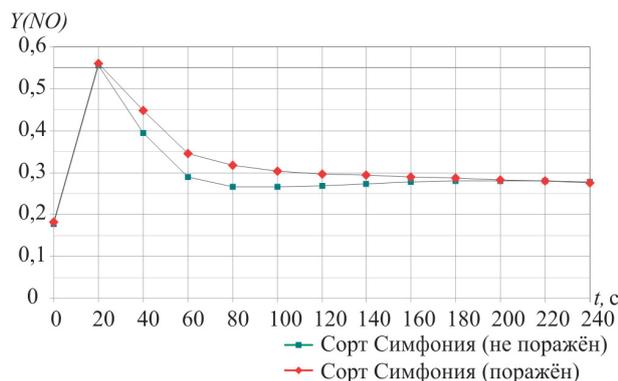


Рис. 5. Усредненные значения квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии (тепло) – $Y(NO) = 1/(NPQ + 1 + qL(Fm/Fo - 1))$ здоровых и пораженных листьев земляники садовой сорта Симфония

Fig. 5. Average values of quantum yield of non-regulated energy dissipation (heat) – $Y(NO) = 1/(NPQ + 1 + qL(Fm/Fo - 1))$ of healthy and diseased leaves of garden strawberry, cultivar Symphony

значения квантового уровня $Y(NO)$ у слабо пораженных листьев значительно отличаются от значений $Y(NO)$ здоровых листьев земляники садовой исследуемых сортов.

Таким образом, отличие значений квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии $Y(NO)$ у исследуемого растения и здорового растения может быть использовано для неинвазивной ранней диагностики белой пятнистости земляники.

Любой эффективный метод диагностики патологий растений, кроме обнаружения болезни, должен идентифицировать и количественно определять степень поражения растения грибом – возбудителем болезни. Надежная идентификация микроорганизмов, ответственных за заболевание растений, является важной предпосылкой для реализации стратегий борьбы с болезнями. Многие грибные болезни вызывают сходные симптомы и поэтому процесс выявления конкретного возбудителя и степени поражения им растения весьма затруднителен. В данных исследованиях такая задача не ставилась, и указанная проблема может быть решена при дальнейших исследованиях.

Положительному решению задачи идентификации грибных болезней земляники садовой способствует научная гипотеза, вы-

сказываемая многими учеными [20, 22–24]. Возбудители болезней и продуцируемые ими элиситоры связываются с рецептором организма-хозяина и запускают его защитную реакцию [20]. Предполагают, что растения синтезируют полифенолы в качестве защитного механизма в ответ на действие возбудителей грибной болезни, поскольку полифенолы действуют как антибиотик против микроорганизмов и грибов [20, 22–24]. Полифенолы, находящиеся в основном в эпидермисе, поглощают ультрафиолетовое излучение [24]. Часть ультрафиолетового излучения, которая проходит через эпидермис, поглощается хлорофиллом с определенным коэффициентом поглощения. Это поглощение вызывает дополнительную флуоресценцию. При исследовании спектра флуоресценции возможна идентификация грибных болезней земляники садовой [10–13, 25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено, что у двух сортов земляники – Симфония и Элиани – гриб *Ramularia tulasnei* Sacc (возбудитель белой пятнистости) вызывает наиболее различимые и стабильные изменения следующих параметров флуоресценции хлорофилла растительных тканей листьев: квантовый выход фотохимического превращения световой энергии, минимальная флуоресценция хлорофилла n в адаптированных к свету объектах и квантовый выход нерегулируемой диссипации энергии.

При поражении этим биострессором двух сортов земляники – Симфония и Элиани – у параметра квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии проявляются наиболее идентичные свойства по характеру его зависимости и текущим значениям.

По уровню квантового выхода нерегулируемой диссипации энергии возможно достоверное раннее неинвазивное обнаружение грибных болезней земляники садовой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Anand M.* A Systems Approach to Agricultural Biosecurity // Health Security. Vol. 16. N 1. 2018. P. 1-11. DOI: 10.1089/hs.2017.0035.
2. *Алейников А.Ф.* Метод неинвазивного определения грибных болезней садовой земляники садовой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Том 48. № 3. С. 71–83. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-10.
3. *Трейвас Л.Ю., Каутанова О.Ф.* Болезни и вредители плодовых растений: Атлас-определитель. изд. 3-е, исп. и доп.: монография. М.: ООО «Фитон XXI», 2016. 352 с.
4. *Na Y.W., Ho J., Lee S.Y., Choi H.G., Kim S.H., Rho I.R.* Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool for a biotic stress tolerance in wild and cultivated strawberry species // Horticulture Environment Biotechnology. 2014. Issue 55(4). P. 280–286. DOI: 10.1007/s13580-014-0006-9.
5. *Hammond-Kosack K.E.* Biotechnology: Plant Protection // Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. 2014. Vol. 2. P. 134-152. DOI: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00248-5.
6. *Lacasta J., Lopez-Pellicer F.J., Espejo-Garcia B., Nogueras-Iso J., Zarazaga-Soria F.J.* Agricultural recommendation system for crop protection // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 152. P. 82–89. DOI: 10.1016/j.compag.2018.06.049
7. *Ray M., Ray A., Dash S., Mishra A., Achary K.G., Nayak S., Singh S.* Fungal disease detection in plants: Traditional assays, novel diagnostic techniques and biosensors // Biosensors and Bioelectronics. 2017. Vol. 87. P. 708–723. DOI: 10.1016/j.bios.2016.09.032
8. *Шорников Д., Горелов П.* Современные молекулярные методы диагностики болезней плодовых культур // Аналитика. 2015. № 4. С. 64–71.
9. *Федоренко В.Ф., Мишуков Н.П., Неменуцкая Л.А.* Перспективные технологии диагностики патогенов сельскохозяйственных растений: науч. анализ. обзор: монография. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 68 с.
10. *Chen Ch., Gong N., Qu F., Gao Y., Fang W., Sun Ch., Men Z.* Effects of carotenoids on the absorption and fluorescence spectral properties and fluorescence quenching of Chlorophyll *a* // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 2018. Vol. 204. P. 440–445. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.06.061>.
11. *Zhou Ch., Le J., Hua D., He T., Mao J.* Imaging analysis of chlorophyll fluorescence induction for monitoring plant water and nitrogen treatments // Measurement. 2019. Vol. 136. P. 478-486. DOI: 10.1016/j.measurement.2018.12.088.
12. *Banks J.M.* Chlorophyll fluorescence as a tool to identify drought stress in Acer genotypes // Environmental and Experimental Botany. 2018. Vol. 155. P. 118–127. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.06.022.
13. *Zhang Yu., Li G.* Effects of cesium accumulation on chlorophyll content and fluorescence of Brassica juncea L. // Journal of Environmental Radioactivity. 2018. Vol. 195. P. 26–32. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.09.017.
14. *Baker N.R., Rosenqvist E.* Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities // Journal of Experimental Botany. 2004. Issue 55. P. 1607–1621. DOI: 10.1093/jxb/erh196.
15. *Dong Z., Men Yu., Li Z., Zou Qiu, Ji J.* Chlorophyll fluorescence imaging as a tool for analyzing the effects of chilling injury on tomato seedlings // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 246. P. 490–497. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.019.
16. *Li Y., Song H., Zhou L., Xu Z., Zhou G.* Tracking chlorophyll fluorescence as an indicator of drought and rewatering across the entire leaf lifespan in a maize field // Agricultural Water Management. 2019. Vol. 211. P. 190–201. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.02.056
17. *Sayed O.H.* Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research // Photosynthetica. 2003. Issue 41. P. 321–330. DOI: 10.1023/b:phot.0000015454.36367.e2
18. *Xiong-Bo L., Dan-Ying L., Qian-Qian W., Wei Y., Teng L., Zhi-Gang Y., Jun-Le Q.* Recent progress of fluorescence lifetime imaging microscopy technology and its application // Acta Physica Sinica. 2018. Vol. 67 (17), P. 178701. DOI: 10.7498/aps.67.20180320.
19. *Atta B.M., Saleem M., Ali H., Arshad H.M.I., Ahmed M.* Chlorophyll as a biomarker for early disease diagnosis // Laser Physics. 2018. Vol. 28 (6), P. 065607. DOI: 10.1088/1555-6611/aab94f.
20. *Tischler Y.K., Thiessen E., Hartung E.* Early optical detection of infection with brown rust in winter wheat by chlorophyll fluorescence excitation spectra // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 146. P. 77–85. DOI: 10.1016/j.compag.2018.01.026.

21. Гольцев В.Н., Каладжи Х.М., Паунов М., Баба В., Хорачек Т., Мойски Я., Коцел Х., Аллахвердиев С.И. Использование переменной флуоресценции хлорофилла для оценки физиологического состояния фотосинтетического аппарата растений // Физиология растений. 2016. Том 63. № 6. С. 881–907.
22. Dixon R.A. The phytoalexin response - elicitation, signaling and control of hostgene-expression // Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society. 1986. Vol. 61 (3). P. 239–291.
23. Cerovic Z.G., Ounis A., Cartelat A., Latouche G., Goulas Y., Meyer S. The use of chlorophyll fluorescence excitation spectra for the non-destructive in situ assessment of UV-absorbing compounds in leaves // Plant, Cell Environ. 2002. Vol. 25 (12). P. 1663–1676. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2002.00942.x
24. Anguelova V.S., van der Westhuizen A.J., Pretorius Z.A. Intercellular proteins and beta-1,3-glucanase activity associated with leaf rust resistance in wheat // Physiol. Plant. 1999. Vol. 106 (4). P. 393–401. DOI: 10.1034/j.1399-3054.1999.106406.x
25. Dhingra G., Kumar V., Joshi H.D. Study of digital image processing techniques for leaf disease detection and classification // Multimedia Tools and Applications. 2018. Vol. 77 (15). P. 19951–20000. DOI: 10.1007/s11042-017-5445-8
5. Hammond-Kosack K.E. Biotechnology: Plant Protection. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 2014, vol. 2, pp. 134–152. DOI: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00248-5.
6. Lacasta J., Lopez-Pellicer F.J., Espejo-Garcia B., Nogueras-Iso J., Zarazaga-Soria F.J. Agricultural recommendation system for crop protection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, vol. 152, pp. 82–89. DOI: 10.1016/j.compag.2018.06.049
7. Ray M., Ray A., Dash S., Mishr A., Achary K.G., Nayak S., Singh S. Fungal disease detection in plants: Traditional assays, novel diagnostic techniques and biosensors, *Biosensors and Bioelectronics*, 2017, vol. 87, pp. 708–723. DOI: 10.1016/j.bios.2016.09.032
8. Shornikov D., Gorelov P. Sovremennye molekulyarnye metody diagnostiki boleznei plodovykh kul'tur [Horticultural crops disease advanced molecular diagnostics methods]. *Analitika* [Analytics], 2015, no. 4, pp. 64–71. (In Russian).
9. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Nemenushchaya L.A. *Perspektivnye tekhnologii diagnostiki patogenov sel'skokhozyaistvennykh rastenii* [Perspective diagnostics technologies of agricultural plants' pathogens]. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2018, 68 p. (In Russian).
10. Chen Ch., Gong N., Qu F., Gao Y., Fang W., Sun Ch., Men Z. Effects of carotenoids on the absorption and fluorescence spectral properties and fluorescence quenching of Chlorophyll *a*. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2018, vol. 204, pp. 440–445. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.06.061>
11. Zhou Ch., Le J., Hua D., He T., Mao J. Imaging analysis of chlorophyll fluorescence induction for monitoring plant water and nitrogen treatments. *Measurement*, 2019, vol. 136, pp. 478–486. DOI: 10.1016/j.measurement.2018.12.088
12. Banks J.M. Chlorophyll fluorescence as a tool to identify drought stress in Acer genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 2018, vol. 155, pp. 118–127. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.06.022.
13. Zhang Yu., Li G. Effects of cesium accumulation on chlorophyll content and fluorescence of Brassica juncea L. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2018, vol. 195, pp. 26–32. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.09.017.
14. Baker N.R., Rosenqvist E. Applications of chlorophyllfluorescence can improve crop pro-

REFERENCES

1. Anand M. A Systems Approach to Agricultural Biosecurity. *Health Security*. 2018. Vol. 16. N 1. P. 1–11. DOI: 10.1089/hs.2017.0035
2. Aleinikov A.F. Metod neinvazivnogo opredeleniya gribnykh boleznei sadovoi zemlyaniki sadovoi [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. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-3-10. (In Russian).
3. Treivas L.Yu., Kashtanova O.F. *Bolezni i vrediteli plodovykh rastenii: Atlas-opredelitel'. izd. 3-e*. [Diseases and pests of fruit plants: Atlas – determinant. 3d edition], Moscow, «Fiton XXI» Publ., 2016, 352 c. (In Russian).
4. Na Y.W., Ho J., Lee S.Y., Choi H.G., Kim S.H., Rho I.R. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool for a biotic stress tolerance in wild and cultivated strawberry species. *Horticulture Environment Biotechnolog.*, 2014, Issue 55(4), pp. 280–286. DOI: 10.1007/s13580-014-0006-9.

- duction strategies: An examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 2004, Issue 55, pp. 1607–1621. DOI: 10.1093/jxb/erh196.
15. Dong Z., Men Yu., Li Z., Zou Qiu, Ji J. Chlorophyll fluorescence imaging as a tool for analyzing the effects of chilling injury on tomato seedlings. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 246, pp. 490–497. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.019
16. Li Y., Song H., Zhou L., Xu Z., Zhou G. Tracking chlorophyll fluorescence as an indicator of drought and rewatering across the entire leaf lifespan in a maize field. *Agricultural Water Management*, 2019, vol. 211, pp. 190–201. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.02.056.
17. Sayed O.H. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. *Photosynthetica*, 2003, Issue 41, pp. 321–330. DOI: 10.1023/b:phot.0000015454.36367.e2
18. Xiong-Bo L., Dan-Ying L., Qian-Qian W., Wei Y., Teng L., Zhi-Gang Y., Jun-Le Q. Recent progress of fluorescence lifetime imaging microscopy technology and its application. *Acta Physica Sinica*, 2018, vol. 67 (17), pp. 178701. DOI: 10.7498/aps.67.20180320.
19. Atta B.M., Saleem M., Ali H., Arshad H.M.I., Ahmed M. Chlorophyll as a biomarker for early disease diagnosis. *Laser Physics*, 2018, vol. 28 (6), pp. 065607. DOI: 10.1088/1555-6611/aab94f.
20. Tischler Y.K., Thiessen E., Hartung E. Early optical detection of infection with brown rust in winter wheat by chlorophyll fluorescence excitation spectra. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, vol. 146, pp. 77–85. DOI: 10.1016/j.compag.2018.01.026.
21. Gol'tsev V.N., Kaladzhi Kh.M., Paunov M., Baba V., Khorachek T., Moiski Ya., Kotsel Kh., Allakhverdiev S.I. Ispol'zovanie peremennoi fluorestsentsii khlorofilla dlya otsenki fiziologicheskogo sostoyaniya fotosinteticheskogo apparata rastenii [Variable chlorophyll fluorescence and its use for assessing physiological condition of plant photosynthetic apparatus]. *Fiziologiya rastenii* [Russian Journal of Plant Physiology], 2016, vol. 63, no. 6, pp. 881–907. (In Russian).
22. Dixon R.A. The phytoalexin response - elicitation, signaling and control of host gene-expression. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 1986, vol. 61 (3), pp. 239–291.
23. Cerovic Z.G., Ounis A., Cartelat A., Latouche G., Goulas Y., Meyer S. The use of chlorophyll fluorescence excitation spectra for the non-destructive in situ assessment of UV-absorbing compounds in leaves. *Plant, Cell Environ*, 2002, vol. 25 (12), pp. 1663–1676. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2002.00942.x
24. Anguelova V.S., van der Westhuizen A.J., Pretorius Z.A. Intercellular proteins and beta-1,3-glucanase activity associated with leaf rust resistance in wheat. *Physiol. Plant*, 1999, vol. 106 (4), pp. 393–401. DOI: 10.1034/j.1399-3054.1999.106406.x
25. Dhingra G., Kumar V., Joshi H.D. Study of digital image processing techniques for leaf disease detection and classification. *Multimedia Tools and Applications*, 2018, vol. 77 (15), pp. 19951–20000. DOI: 10.1007/s11042-017-5445-8.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Минеев В.В., старший научный сотрудник

Финансовая поддержка

Работа поддержана бюджетным проектом СФНЦА РАН № 0778-2019-0001.

Авторы выражают благодарность коллективу лаборатории экспериментальных исследований СФНЦА РАН (биополигон) за тщательную подготовку образцов, экспертизу по определению болезни растений и степени поражения её листовой поверхности земляники садовой.

AUTHOR INFORMATION

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

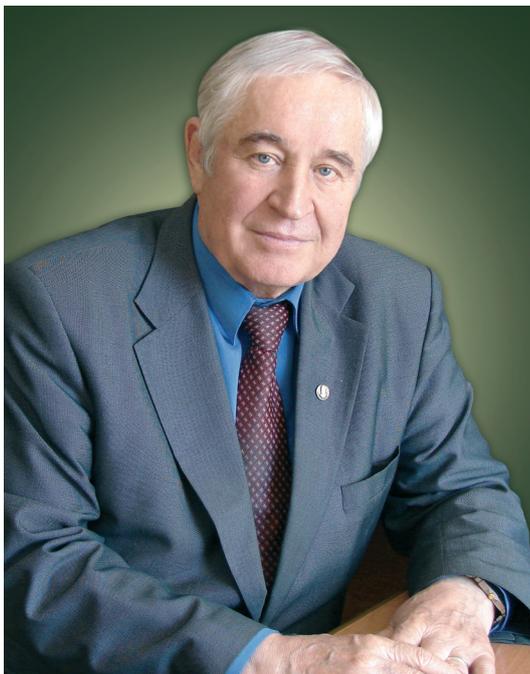
Mineev V.V., Senior Researcher

Дата поступления статьи 26.02.2019

Received by the editors 26.02.2019



АКАДЕМИКУ АЛЕКСАНДРУ СЕМЕНОВИЧУ ДОНЧЕНКО – 80 ЛЕТ



Академику РАН, члену президиума СО РАН, научному руководителю СФНЦА РАН, доктору ветеринарных наук, профессору, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, почетному работнику высшего профессионального образования РФ Александру Семеновичу Донченко в июне исполняется 80 лет. Из них 57 лет посвящены научно-образовательной и производственной деятельности.

Александр Семенович родился 25 июня 1939 г. в Чите в семье военнослужащего. Первый класс средней школы окончил в г. Пружаны, со 2-го по 9-й класс учился в средних школах (№ 10 и № 1) г. Слуцка Белорусской ССР, 9-й класс окончил в селе Николаевка, 10-й – в селе Пресновка Северо-Казахстанской области Казахской ССР. Трудовая деятельность началась в 1956 г. в совхозе «Пришимский» Северо-Казахстанской области, где работал разнорабочим, трактористом. В 1960 г. окончил ускоренное зооветеринарное отделение Ленинского сельскохозяйственного техникума Северо-Казахстанской области Казахской ССР. После окончания (с отличием) в 1965 г. Алма-Атинского зооветеринарного института работал преподавателем ветеринарных дисциплин в Актюбинском сельскохозяйственном техникуме (г. Темир), затем 2 года служил в Министерстве охраны общественного порядка Казахской ССР в качестве офицера-инспектора ветеринарно-охранной карантинной службы.

Окончив в 1971 г. аспирантуру в КазНИВИ (Алма-Ата), защитив кандидатскую диссертацию «Экономическая эффективность комплексных ветеринарных мероприятий, некоторые вопросы диагностики при искоренении туберкулеза крупного рогатого скота», в течение 6 лет работал директором Гурьевской НИВС ВО ВАСХНИЛ (г. Гурьев Казахской ССР), затем – старшим научным сотрудником Казахского научно-исследовательского института Восточного отделения ВАСХНИЛ (Алма-Ата).

В мае 1979 г. А.С. Донченко переводится в Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского отделения ВАСХНИЛ (Новосибирск) на должность заведующего лабораторией туберкулеза, с 1988 г. – заместитель директора по научной работе, с февраля 1996 г. по март 2012 г. – директор этого института. В 1990 г. защитил докторскую диссертацию «Туберкулез крупного рогатого скота, верблюдов и овец». В этом же году ВАК присвоила ему звание профессора.

В марте 1997 г. на общем собрании СО РАСХН А.С. Донченко избран заместителем, с 2001 г. первым заместителем председателя президиума, с 2004 по 2016 г. – председателем Сибирского отделения Россельхозакадемии. В 2014 г. в связи с реорганизацией государственных академий наук стал академиком Российской академии наук, на общем собрании РАН избран членом президиума РАН и введен в состав бюро Совета РАН по координации деятельности региональных отделений и региональных научных центров РАН. На общем собрании Сибирского отделения РАН избран заместителем председателя СО РАН по науке. С 2016 г. – научный руководитель СФНЦА РАН, является членом президиума Сибирского отделения РАН.

Научные исследования А.С. Донченко посвящены созданию высокоэффективных научно обоснованных ресурсосберегающих технологий в животноводстве и ветеринарной медицине, ветеринарных диагностикумов, химпрепаратов и ветеринарных аппаратов.

Александром Семеновичем в соавторстве разработаны на основе биотехнологических методов эффективные тест-системы для диагностики туберкулеза, лейкоза, классической чумы свиней, инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи крупного рогатого скота и болезней маралов. Для ветеринарной практики предложен высокоэффективный противотуберкулезный препарат ниазон. Под его научным руководством и непосредственном участии оздоровлены от туберкулеза неблагополучные пункты в сельхозпредприятиях Сибири.

Совместно с учеными ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» разработаны способы повышения естественной резистентности организма животных с помощью иммуномодуляторов (полирибонат, ридостин). Эти препараты используются и как адъюванты для повышения протективных свойств слабоиммуногенных вакцин против туберкулеза, мыта лошадей. Препараты внедряются в ветеринарной практике. Научные разработки А.С. Донченко успешно осваиваются в сельскохозяйственном производстве Сибирского региона (Новосибирской, Кемеровской, Томской, Омской, Тюменской областях, Алтайском, Красноярском, Забайкальском, Горно-Алтайском краях, республиках Бурятия, Саха (Якутия), Тыва).

Результаты исследований А.С. Донченко опубликованы в соавторстве в 812 научных работах (107 – лично), в их числе 70 монографий, учебников, учебных пособий, 28 справочников, концепций, программ, проектов, 73 научно-методических рекомендаций, прогнозов, листовок, 36 авторских свидетельств, патентов, диагностических тест-систем, пород (овцы, маралы), инструкций и ветеринарных правил, 16 зарубежных монографий, справочников и статей (Норвегия, Турция, ФРГ, Монголия, Казахстан, Украина). Под редакцией и ответственностью А.С. Донченко опубликовано 99 работ. Описание жизни и деятельности Александра Семеновича опубликовано в 36 статьях. Он является соавтором зугалайской породы овец, алтае-саянской породы маралов. Под его научным руководством защищена 51 диссертация: 22 докторских и 29 кандидатских.

Ученики А.С. Донченко успешно трудятся в Новосибирской, Омской, Челябинской, Амурской областях, Приморском и Алтайском краях, республиках Алтай, Саха (Якутия), а также Таджикистане, Казахстане и Канаде.

А.С. Донченко в качестве заведующего кафедрой эпизоотологии и микробиологии Новосибирского аграрного университета (1997–2019 гг.) уделял большое внимание подготовке практических ветеринарных специалистов для Новосибирской области и других субъектов Российской Федерации.

Александр Семенович на протяжении многих лет курировал научные исследования в Сибирском регионе по вопросам сельскохозяйственного производства, в том числе по ветеринарной медицине, был председателем сибирской подсекции инфекционных и инвазионных болезней сельскохозяйственных животных отделения ветеринарии Россельхозакадемии. Он на протяжении более 20 лет являлся председателем специализированного совета по защите докторских диссертационных работ при ИЭВСиДВ. Является главным редактором журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», членом редколлегии четырех научных журналов (одного зарубежного).

Александр Семенович дважды был избран депутатом Новосибирского областного совета (1999–2002 гг., 2002–2005 гг.). Как депутат занимался проблемами сельского хозяйства, природными ресурсами и охраной окружающей среды Новосибирской области.

За личный вклад в развитие сельскохозяйственной науки, образования и производства А.С. Донченко удостоен государственных наград: Ордена Почета, ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени. Награжден орденом Петра Великого I степени, Высшим национальным орденом общественного признания заслуг и достижений Великая Россия «Персона эпохи», орденом «За заслуги перед Отечеством и казачеством» III степени. Награжден 26 медалями: «Ветеран труда», «За освоение целинных и залежных земель», «За заслуги перед Новосибирской областью», «40 лет Советской милиции», Золотой медалью академика С.Н. Вышелесского, несколькими медалями ВДНХ и ВВЦ, медалями «За служение Кузбассу» и «Сибирский казачий крест» III степени, медалью Т.С. Мальцева, памятной медалью энциклопедии «Лучшие люди России», медалью Министерства обороны РФ «200 лет Министерству обороны», медалью «Совет Федерации. 15 лет», медалями «90 лет Монгольской народной революции», «140 лет со дня рождения В.И. Ленина», медалью Законодательного Собрания Новосибирской области «Общественное признание», нагрудным знаком «300 лет Российской армии», нагрудным знаком ФНПР «За содружество», знаком «Почетный фермер».

А.С. Донченко избран действительным членом (академиком) РАН, РАСХН, сельскохозяйственных академий республик Монголии и Казахстана, почетным доктором Болгарской сельскохозяйственной академии. Ему присвоены звания «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», «Заслуженный деятель науки», «Заслуженный работник сельского хозяйства Монголии», «Почетный работник науки Монголии», «Заслуженный деятель науки Республики Саха (Якутия)», «Заслуженный работник сельского хозяйства Республики Алтай», кавалер Золотого Почетного знака «Достояние Сибири». Руководителем ФАНО России М.М. Котюковым награжден знаком «За заслуги в развитии науки».

Коллектив Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий РАН, ученые научных учреждений, работники организации научного обслуживания, коллектив редакции «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» поздравляют Александра Семеновича и желают крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов, а также счастья и благополучия ему и близким ему людям.

**Основные публикации (монографии, учебники)
академика РАН А.С. Донченко**

- Индукторы интерферона и перспективы их применения в медицине и ветеринарии, 1990 г.
- Туберкулез мелкого рогатого скота, 1990 г.
- Туберкулез крупного рогатого скота, верблюдов, овец и пантовых оленей, 1994 г.
- Туберкулез пантовых оленей, 1994 г.
- Проблемы бесплодия и маститов животных, 1999 г.
- Справочник сибирского животновода, 2000 г.
- Анатомия северного оленя, 2003 г.
- Диагностика туберкулеза крупного рогатого скота, 2004 г.
- Основы общей и прикладной ветеринарной паразитологии, 2004 г.
- Инфекционный эпидидимит баранов, 2005 г.
- Очерки истории ветеринарии в Сибири: 1917–1927 гг., 2006 г.
- Экономика и организация туберкулезных мероприятий в животноводстве, 2006 г.
- Пантовое оленеводство и болезни оленей, 2007 г.
- Технология пчеловодства в Сибири, 2007 г.
- Алтайе-саянская порода маралов, 2007 г.
- Животноводство на подворье и личном крестьянском (фермерском) хозяйстве, 2007 г.
- Основы общей эпизоотологии, 2008 г.
- Артемия в хозяйственной деятельности человека, 2008 г.
- Основы ветеринарной паразитологии, 2008 г.
- Ядовитые и вредные растения Сибири, 2009 г.
- Популяция собак в условиях природно-экономического комплекса Алтайского края (1956–2007), 2009 г.
- Аграрная наука Сибири, 2010 г.
- Основы экологической паразитологии, 2010 г.
- Морфогематологический атлас гемобластозов, 2011 г.
- Диагностика туберкулеза животных, 2011 г.
- История ветеринарной медицины: Древний мир – начало XX века, 2012 г.
- Планирование социально-экономического развития ФГУП ОПХ Россельхозакадемии, 2012 г.
- Основы ветеринарной паразитологии, 2013 г.
- Общая паразитология, 2013 г.
- Аграрная наука Сибири, 2014 г.
- Международная схема размещения и специализации сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации Сибирского федерального округа, 2016 г.
- Очерки истории советской ветеринарии: 1928–1941 гг., 2017 г.
- Стратегия социально-экономического развития АПК СФО в условиях глобализации и интеграции, 2018 г.
- Стратегия социально-экономического развития АПК СФО до 2035 года: региональный аспект, 2018 г.

К 85-ЛЕТИЮ АРКАДИЯ МАКСИМОВИЧА КРИКОВА



Доктору технических наук, профессору, главному научному сотруднику лаборатории технического сервиса машинно-тракторного парка Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН, заслуженному ветерану СО РАСХН, РАН Аркадию Максимовичу Крикову 15 апреля 2019 г. исполнилось 85 лет.

По окончании в 1954 г. сельскохозяйственного техникума Аркадий Максимович служил в рядах Советской Армии. В 1964 г. окончил заочно с отличием Новосибирский сельскохозяйственный институт по специальности «инженер-механик». Работал механиком МТС, колхоза и совхоза, старшим мастером, конструктором, старшим технологом на Купинском механическом заводе (1961–1967 гг.). В 1967 г. поступил в аспирантуру СибВИМ, по окончании которой с 1969 г. продолжил трудовую деятельность в СибИМЭ старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией, заведующим отделом. Общий трудовой стаж Аркадия Максимовича более 60 лет, в том числе в СибИМЭ – 51 год.

В 1969 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследование параметров диагностического сигнала радиальных подшипников качения тракторов и сельскохозяйственных машин», в 1990 г. – докторскую диссертацию «Проектирование транспортно-технологических систем для механизированных процессов в растениеводстве с использованием имитационного моделирования (на примере уборочно-транспортно-заготовительного процесса)».

В 1994 г. ему присвоено ученое звание профессора.

Аркадий Максимович – ведущий ученый в области проектирования транспортно-технологических систем в растениеводстве и создании системы информационного обеспечения специалистов АПК инженерной сферы. Разработанные под его руководством и при непосредственном участии научно-методические основы имитационного моделирования сельскохозяйственных механизированных систем, а также рекомендации по организации работы уборочно-транспортных комплексов (УТК) широко применяются в Коченевском, Черепановском районах Новосибирской области, в других областях Сибирского региона, а также в Самарской и в других областях Российской Федерации. А.М. Криковым разработан электронный глоссарий по технической эксплуатации сельскохозяйственной техники.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Под научным руководством Аркадия Максимовича защищено семь кандидатских диссертаций и одна готовится к защите.

По результатам научных исследований им опубликовано более 280 научных работ, включая монографии, книги и рекомендации.

Аркадий Максимович активно участвует в общественной жизни: возглавлял профсоюзный комитет института, в настоящее время он член ученого совета, член объединенного докторского диссертационного совета и руководитель методического докторского семинара СибИМЭ СФНЦА РАН. Ранее был председателем ГАК нескольких вузов Сибири, научным экспертом инновационных проектов.

За большой личный вклад в разработку транспортно-технологических систем в растениеводстве и системы информационного обеспечения специалистов инженерно-технической сферы АПК Аркадий Максимович награжден медалью «Ветеран труда», серебряной и двумя бронзовыми медалями ВДНХ, памятной медалью им. И.И. Синягина, многими почетными грамотами института, Сибирского отделения и президиума Россельхозакадемии.

Поздравляем Аркадия Максимовича с юбилеем и желаем ему крепкого здоровья, бодрости духа, семейного благополучия, новых творческих достижений.

*Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий Российской академии наук*



**К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ИГОРЯ АНДРЕЕВИЧА КОСИЛОВА**



В июне 2019 г. доктору ветеринарных наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ Игорю Андреевичу Косилу исполнилось бы 90 лет.

Игорь Андреевич родился 29 июня 1929 г. в г. Новоузенске Саратовской области. Трудовую деятельность начал по окончании Кустанайского сельскохозяйственного техникума (Казахская ССР) в 1948 г. в качестве ветеринарного техника. По окончании Омского государственного ветеринарного института с отличием с 1954 по 1957 г. Игорь Андреевич – практический ветеринарный врач; с 1957 по 1974 г. – младший, затем старший научный сотрудник, заведующий лабораторией зоонозов Сибирского научно-исследовательского ветеринарного института (Омск); с 1975 по 1987 г. – заведующий лабораторией, затем отделом по изучению бруцеллеза сельскохозяйственных животных, заместитель директора по научной работе Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского отделения ВАСХНИЛ (Новосибирск), с 1987 по 1998 г. – директор Всесоюзного, впоследствии Всероссийского научно-исследовательского института бруцеллеза и туберкулеза животных, заведующий лабораторией по изучению бруцеллеза мелкого рогатого скота (Омск). С 1998 по 2005 г. И.А. Косилов работал ведущим научным сотрудником лаборатории оптимизации противозпизоотических систем Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СО РАСХН (Новосибирск). Умер Игорь Андреевич в 2005 г.

Областью научной деятельности И.А. Косилова являлось изучение проблемы бруцеллеза сельскохозяйственных животных, а также разработка оптимальных профилактических и

противоэпизоотических мероприятий против данного заболевания. В их числе разработка эффективных методов, способов и средств специфической профилактики, диагностики и дифференциальной диагностики этого зооноза крупного и мелкого рогатого скота и инфекционного эпидидимита баранов.

И.А. Косиловым опубликовано более 200 научных работ, четыре монографии, в том числе дважды издаваемая фундаментальная монография «Бруцеллез сельскохозяйственных животных», имеющая неоценимое практическое значение, а также аналогичная по научной и практической значимости монография «Инфекционный эпидидимит баранов», десятки брошюр, рекомендаций, методических указаний и др. Игорь Андреевич – автор более 40 научных разработок союзного и российского уровня.

Внедрение системы мероприятий по борьбе с бруцеллезом крупного рогатого скота на основе научных разработок мирового уровня, одним из авторов которых был И.А. Косилов, при его научно-методическом руководстве позволило сократить число неблагополучных пунктов в целом по России к 2005 г. по сравнению с 1974 г. от 5570 до 70, по Западной Сибири – от 1958 до 4. Аналогичные результаты были получены и при осуществлении противобруцеллезных и противоэпидидимитных мероприятий в овцеводстве.

За разработку высокоэффективной системы противобруцеллезных мероприятий Игорь Андреевич стал лауреатом премии Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, за многие научные достижения был удостоен звания «Заслуженный деятель науки РФ», ряда правительственных наград, медалей ВДНХ, почетных грамот различного уровня.

Игорь Андреевич был настоящим научным лидером в стране по борьбе с проблемой бруцеллеза. Под его руководством защищено более 40 кандидатских и докторских диссертаций. Ряд его учеников и последователей до сих пор работают в науке, продолжая претворять в жизнь его творческие планы и замыслы по оптимизации противобруцеллезных мероприятий у разных видов животных в современных социально-экономических условиях.

Светлая память об Игоре Андреевиче сохраняется в наших сердцах.

*Коллектив Сибирского федерального научного центра
агробиотехнологий 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

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

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуется руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

Порядок оформления статьи

УДК

Заголовок статьи (не более 70 знаков)

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

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

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

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

Введение (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

Материалы и методы (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

Результаты и обсуждение

Заключение или Выводы

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

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

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

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

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

транслитерация авторов транслитерация статьи название статьи на английском
Zaglavie jurnala [Title of Journal], 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

транслитерация источника название источника на английском языке

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

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

Периодическое издание

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

REFERENCES

Монография

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

Часть книги

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

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Tekhnologicheskie kachestva zerna myagkoi yarvoi pshenitsy v zavisimosti ot sistemy obrabotki pochvy [Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в сноску в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст.¹

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // Remote Sensing. 2017. Vol. 9, P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. Выравнивается по центру: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после подрисуночной подписи не ставится. Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название. Выравнивается по центру: «Табл. 2. Описание

жизненно важных процессов». Точка после заголовка таблицы не ставится. Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисовочную 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 фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отозванная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

*Подписка на журнал
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
принимается в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»
и в других организациях, осуществляющих прием подписки*

*В каталоге «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
подписной индекс 46808*

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>*

THE SCIENTIFIC JOURNAL

SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ESTABLISHED IN 1971

Volume 49, No 2 (267)



2019
March-April

Editor-in-Chief A.S. DONCHENKO, RAS Member
Deputy Editor-in-Chief O.N. ZHITELEVA

EDITORIAL BOARD:

V.V. Alt	RAS Member, Novosibirsk, Russia
O.S. Afanassenko	RAS Member, Saint-Petersburg, Russia
A.N. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.G. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.P. Goncharov	RAS Member Novosibirsk, Russia
I.M. Gorobey	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Gulyukin	RAS Member, Moscow, Russia
V.N. Delyagin	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
I.M. Donnik	RAS Member, Moscow, Russia
N.A. Donchenko	Doctor of Science in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
N.M. Ivanov	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
A. Yu. Izmailov	RAS Member, Moscow, Russia
V.K. Kalichkin	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
N.I. Kashevarov	RAS Member, Novosibirsk, Russia
S.N. Mager	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
S.P. Ozornin	Doctor of Science in Engineering, Chita, Russia,
V.L. Petukhov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
R.I. Polyudina	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Selionova	Doctor of Science in Biology, Stavropol, Russia
V.A. Soloshenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.A. Surin	RAS Member, Krasnoyarsk, Russia
I.F. Khrantsov	RAS Member, Omsk, Russia
I.N. Sharkov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

V.V. Azarenko	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Science in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Academy of Agricultural Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia
A.M. Nametov	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
V. Nikolov	Professor Doctor, Chairman of the Agricultural Academy of

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" has been 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 should be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and put in the catalogue Ulrich's Periodicals Directory, Bowker, USA.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) based on Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*
Corrector *V.E. Selianina*, Desktop Publisher *N.U. Borisko*
Translator *E.A. Pomanova*

Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media, Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62
e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru