

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 50, № 2 (273)



2020

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. Деягин	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, Москва, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	доктор технических наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	доктор биологических наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солощенко	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

Иностранные члены редколлегии:

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

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

Подписано в печать 29.05.2020. Формат 60 × 84^{1/8}. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 15,0.
Уч-изд. л. 12,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий Российской академии наук

© ФГБУ «Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук», 2020

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2020



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ**

**AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION**

- Моторин А.С.** Агрогенная эволюция органического вещества торфяных почв Западной Сибири **5** **Motorin A.S.** Agrogenic evolution of organic matter in peat soils of Western Siberia

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

- Бакшаев Д.Ю., Садохина Т.А., Листков В.Ю.** Создание конкурентных галего-кострецовых ценозов **15** **Bakshaev D.Yu., Sadokhina T. A., Listkov V.Yu.** Creating competitive galega and bromus cenoses
- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** Редька масличная в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами **23** **Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.** Oilseed radish in single- and multi-crop sowings with poaceous crops

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Безмутко С.В., Лелявская В.Н.** Эффективность фунгицида Конкорд при обработке вегетирующих растений риса **32** **Bezmutko S.V., Lelyavskaya V.N.** Effectiveness of the Concord fungicide in the treatment of vegetative rice plants
- Разина А.А., Султанов Ф.С., Дятлова О.Г.** Корневая гниль на новых сортах яровой пшеницы при разных сроках посева **39** **Razina A.A., Sultanov F.S., Dyatlova O.G.** Root rot in new cultivars of spring wheat depending on sowing dates
- Калмыкова Г.В., Чешкова А.Ф., Акулова Н.И.** Повышение бактериоциноподобной активности штамма *Bacillus thuringiensis* путем улучшения состава питательной среды **47** **Kalmykova G.V., Cheshkova A.F., Akulova N.I.** Increase of bacteriocin-like activity of *Bacillus thuringiensis* strain by improving nutriculture medium composition

**ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ**

**ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE**

- Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л.** Влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров **57** **Petrukhina L.L., Belozertseva S.L.** Influence of the age at the first insemination and live weight on milk productivity of cows
- Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З.** Линейное разведение овец при создании нового типа забайкальской породы **64** **Khamiruev T.N., Volkov I.V., Bazaron B.Z.** Line breeding of sheep when creating a new type of Transbaikalian breed
- Мерзлякова О.Г., Рогачёв В.А.** Использование наночастиц серебра в кормлении перепелов **75** **Merzlyakova O.G., Rogachev V.A.** Use of silver nanoparticles in quail feeding
- Шкиль Н.Н., Нefeldова Е.В.** Влияние антибиотиков и наночастиц серебра на изменение чувствительности *E. coli* к антибактериальным препаратам **84** **Shkil N.N., Nefedova E.V.** Influence of antibiotics and silver nanoparticles on the change of sensitivity of *E. coli* to antibacterial drugs

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION, AUTOMATION, MODELLING AND DATAWARE

- Альт В.В., Балущкина Е.А., Исакова С.П.** Математическая модель по выбору технологий возделывания зерновых культур 92
- Alt V.V., Balushkina E.A., Isakova S.P.** Mathematical model for choosing grain crops cultivation technologies 92
- Гребенникова И.Г., Чешкова А.Ф., Стёпочкин П.И., Алейников А.Ф., Чанышев Д.И.** Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур 100
- 100 Grebennikova I.G., Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleynikov A.F., Chanyshhev D.I.** Method of assessment ecological plasticity of cereal crop varieties

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF REPORTS

- Кузьмина Е.Е.** Иммунобиохимические показатели крови маралов в условиях Республики Тыва 109
- 109 Kuzmina E.E.** Immunobiochemical parameters of maral blood in the Republic of Tuva



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-1

УДК: 626.631.445(571.1)

АГРОГЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

^{1,2}Моторин А.С.

¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Тюмень, Россия

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
Тюменская область, пос. Московский, Россия

Для цитирования: Моторин А.С. Агрогенная эволюция органического вещества торфяных почв Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 5–14. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-1.

For citation: Motorin A.S. Agrogennaya evolyutsiya organicheskogo veshchestva torfyanykh pochv Zapadnoi Sibir [Agrogenic evolution of organic matter in peat soils of Western Siberia] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 5–14. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-1.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Определено влияние уровня залегания грунтовых вод (УГВ), культур овощекормового севооборота и минеральных удобрений на изменение состава органического вещества среднетолстой торфяной почвы. Исследования проведены на лизиметрах с регулируемым уровнем (0,5; 1,0; 1,5 и 1,0–2,0 м) залегания грунтовых вод; в овощекормовом севообороте, развернутом во времени и в пространстве; под многолетними травами без предварительного возделывания однолетних культур. Установлено, что в пахотном слое (0,2 м) торфяной почвы содержание битумов при УГВ 0,5 м меньше на 1,65%, чем при глубине 1,0 м, и на 4,34% – 1,5 м. Максимальное количество (5,68%) водорастворимых и гидролизуемых 2%-й HCl (34,25%) веществ установлено при УГВ 0,5 м. Это соответственно на 1,2 и 3,4–3,8% больше, чем при уровне грунтовых вод 1–1,5 м. При УГВ 1,5 м количество гуминовых кислот снижается на 4,5% по сравнению с залеганием их на глубине 0,5 м. Количество фульвокислот в пахотном слое

AGROGENIC EVOLUTION OF ORGANIC MATTER IN PEAT SOILS OF WESTERN SIBERIA

^{1,2}Motorin A.S.

¹State Agrarian University of the Northern Trans-Urals

Tyumen, Russia

²Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – Branch of the Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Moskovsky settlement, Tyumen region, Russia

The influence of the groundwater level (GW), vegetable crop rotation and mineral fertilizers on the change in the composition of organic matter of medium-thick peat soil was determined. The study was conducted on lysimeters with an adjustable level (0.5; 1.0; 1.5 and 1–2.0 m) of groundwater occurrence; in a vegetable-feed crop rotation spread in time and space; under perennial grasses without prior cultivation of annual crops. It was established that in the arable layer (0.2 m) of peat soil, the bitumen content at GW level of 0.5 m was lower by 1.65% than at a depth of 1.0 m, and by 4.34% than at a depth of 1.5 m. The maximum amount of water-soluble substances (5.68%) and substances hydrolyzable by 2% HCl (34.25%) was established at GW level of 0.5 m. It was 1.2 and 3.4–3.8% higher than at groundwater level of 1–1.5 m, respectively. With GW level of 1.5 m, the amount of humic acids decreased by 4.5% compared to their occurrence at

зависит от УГВ ($r = 0,79$). Содержание трудногидролизующих 80%-й H_2SO_4 веществ в пахотном слое снижается от 2,82 до 2,31% при увеличении глубины залегания грунтовых вод от 0,5 до 1,5 м. Просматривается зависимость снижения количества лигнина при увеличении глубины залегания грунтовых вод от 0,5 (6,66%) до 1,5 м (5,30%). Пятилетнее возделывание сельскохозяйственных культур в овощекормовом севообороте не приводит к радикальным изменениям в составе органического вещества торфа. Залужение торфяных почв многолетними травами без посева предварительных культур обеспечивает сохранность органического вещества торфа и предотвращает его существенную трансформацию. Минеральные удобрения снижают скорость накопления трудногидролизующих и негидролизующих форм вследствие создания в почве более жестких окислительно-гидролитических условий и увеличения количества свежего растительного материала за счет пожнивных и корневых остатков.

Ключевые слова: торфяная почва, органическое вещество, агрогенная эволюция

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное использование торфяных почв должно основываться на глубоком знании состава органического вещества [1]. Групповой состав органического вещества торфяных почв определяет их многие агропроизводственные свойства [2, 3]. От этого существенным образом зависят водно-воздушные свойства, буферность, емкость ионного обмена и потенциальные возможности обеспечения подвижными формами питательных веществ, освобождаемых в процессе минерализации органического вещества [4]. От состава органической массы торфа зависит устойчивость к биохимической и химической деградации, что позволяет прогнозировать процессы эрозии и скорость минерализации торфяных почв [5, 6]. Органическая масса торфа имеет сложный и разнородный химический состав [7, 8]. В него входят группы органических соединений, слагающих исходное растительное вещество. Химический состав растений-торфообразователей оказывает решающее влияние на состав торфа [9, 10]. Даже та-

а depth of 0.5 m. The amount of fulvic acids in the arable layer depends on the GW level ($r = 0.79$). The content of substances hardly hydrolyzable by 80% H_2SO_4 in the arable layer decreased from 2.82 to 2.31% with an increase in groundwater depth from 0.5 to 1.5 m. It was observed that the amount of lignin decreased with an increase in groundwater depth from 0.5 (6.66%) to 1.5 m (5.30%). Five-year cultivation of crops in the vegetable-feed crop rotation did not lead to significant changes in the composition of the organic matter of peat. Grassing of peat soils with perennial grasses without sowing pre-crops ensures preservation of peat organic matter and prevents its substantial transformation. Mineral fertilizers reduce the rate of accumulation of hardly-hydrolyzable and non-hydrolyzable forms due to more severe oxidative-hydrolytic conditions in the soil and because of an increase in the amount of fresh plant material as a result of crop and root residues.

Key words: peat soil, organic matter, agrogenic evolution

кие приемы интенсивного антропогенного воздействия, как осушение, возделывание различных сельскохозяйственных культур и механическая обработка торфяных почв, не могут радикально изменить групповой состав органического вещества [11, 12]. В естественных условиях торф формируется при высоком увлажнении, что сдерживает минерализацию и гумификацию и способствует консервации биохимически малоустойчивых веществ [13]. Групповой состав органического вещества мелиорированных торфяных почв определяется главным образом геоботанической природой торфа и практически мало изменяется под воздействием различных приемов сельскохозяйственного использования [14]. В условиях Западной Сибири влияние осушения и сельскохозяйственного использования на состав органического вещества торфяных почв практически не изучали. В связи с этим проведение исследований по данному вопросу не вызывает сомнений.

Цель исследований – установить влияние уровня залегания грунтовых вод, культур

овощекормового севооборота и минеральных удобрений на изменение состава органического вещества торфа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытном дренажном участке Решетниково. Опытномелиоративная система Решетниково расположена в Тюменском районе в центральной части Тарманского болотного массива, занимающего площадь 125,8 тыс. га на второй озерно-аллювиальной террасе р. Туры. В 1981 г. заложено 12 лизиметров, площадь одного равнялась 1,1 м². Грунтовые воды в лизиметрах в течение года поддерживали на уровнях 0,5; 1,0 и 1,5 м. С целью изучения влияния вневегетационного положения грунтовых вод использовали 2-метровые лизиметры, где в осенне-зимний период поддерживали уровень 2 м, летом – 1 м. Повторность уровня грунтовых вод трехкратная. Торф осоково-гростниковый со степенью разложения 20–45%.

Среднемощные торфяные почвы (слой торфа 1,7 м) имеют низкую зольность (4,7–7,2%), слабокислую реакцию среды (рН_{соль} 5,6–6,2), относительно высокую гидролитическую кислотность (21,2–40,8 мг-экв./100 г почвы), низкую степень насыщенности оснований (62–85%).

Первые 2 года в лизиметрах выращивали овес на зеленую массу. На следующий год после овса проведен беспокровный посев многолетних трав: овсяницы луговой и кострца безостого – 12 и 10 кг/га соответственно. Для создания освещенности растений, близкой к условиям поля, вокруг лизиметров высевали аналогичную травосмесь. Удобрения вносили в подкормку весной и после первого укоса из расчета N₃₀P₄₅K₄₅.

Почвенные образцы отбирали в монолитах лизиметров перед закладкой опыта и через 7 лет после начала исследования.

В овощекормовом севообороте с 2001 по 2005 г. нами контролировались изменения состава органической массы торфа под капустой (сорт Слава 1305), картофелем (сорт Невский), одно- (овес + горох + подсолнечник) и многолетними травами (овся-

ница луговая + костреч безостый) на трех фонах питания – без удобрений, N₁₂₀P₉₀K₁₂₀, N₂₄₀P₁₈₀K₂₄₀. Для получения сопоставимых результатов при подборе опытного участка соблюдали обязательное условие – однородность ботанического вида торфа. Почвенные образцы отбирали буром перед закладкой опыта и ежегодно осенью после уборки культур по глубинам 0–0,2 и 0,2–0,4 м. Повторность опыта четырехкратная, общая площадь делянки 94 м², учетная – 50 м². Возделывали районированные сорта всех культур по научно обоснованной технологии.

Групповой состав органического вещества торфа исследовали по модифицированной методике «Инсторфа» [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате многолетних (1981–1987) лизиметрических исследований установлено существенное влияние водного режима почвы на групповой состав органического вещества торфа (см. табл. 1). Через 7 лет после закладки опыта минимальное содержание битумов в пахотном слое почвы определено при 0,5-метровом уровне залегания грунтовых вод. В этом слое их меньше на 1,65%, чем при уровне грунтовых вод 1 м, и на 4,34% – на полутораметровых лизиметрах ($r = 0,71$). На лизиметрах с вневегетационным регулированием грунтовых вод содержание битумов аналогично тем, где постоянное положение уровней равно 1 м. Максимальное количество битумов (10,85%) в пахотном слое почвы установлено при глубиной (1,5 м) залегания грунтовых вод. Это становится понятным, если принять во внимание, что битумы – вещества, представляющие собой наиболее устойчивую часть растений. Они могут увеличиваться лишь вследствие потери углеводной части растений, которая происходит при разложении органического вещества. В подпахотных слоях определенной закономерности не выявлено. Среднее содержание битумов по всему изучаемому профилю почвы различается незначительно: при УГВ 0,5 м – 8,2%; 1,0 м – 8,4%; 1,5 м – 8,9; 1–2 м – 8,1% ($r = 0,54$). В целом необходимо отметить повышенное содержа-

Табл. 1. Групповой состав органического вещества торфяной почвы в зависимости от уровня грунтовых вод, % на абсолютно сухой торф**Table 1.** Group composition of the organic matter of peat soil depending on the level of ground water, % on absolutely dry peat

УГВ, м	Глубина, м	Битумы	Гумусовые вещества		Гидролизующие вещества		Лигнин
			ГК	ФК	легкогидролизующие	трудногидролизующие	
0,5	0–0,2	6,51	30,94	15,57	5,62	2,82	6,66
	0,2–0,4	8,68	29,30	18,04	5,29	2,66	6,88
	0,4–0,6	8,20	32,97	17,77	4,55	2,76	8,35
	0,6–0,8	9,30	34,98	17,31	2,69	2,61	4,63
1,0	0–0,2	8,16	27,27	16,35	5,12	2,47	6,82
	0,2–0,4	6,59	31,75	17,60	4,47	2,59	5,53
	0,4–0,6	10,58	35,38	16,90	2,57	2,74	6,15
	0,6–0,8	6,94	31,29	18,55	2,64	2,70	4,78
1,5	0–0,2	10,85	26,40	17,94	4,48	2,31	5,30
	0,2–0,4	6,65	30,63	18,06	5,46	2,62	5,22
	0,4–0,6	8,03	32,66	17,79	5,36	2,89	5,65
	0,6–0,8	10,14	32,12	17,74	2,84	2,61	4,76
1–2,0	0–0,2	8,54	28,07	18,28	5,19	2,34	6,11
	0,2–0,4	6,95	29,87	17,32	6,03	2,51	6,35
	0,4–0,6	7,47	28,33	17,46	4,58	2,89	6,43
	0,6–0,8	9,92	29,65	17,71	3,43	2,64	5,41

ние битумов в исследуемой торфяной почве. В торфе типичных видов центральной части Западной Сибири содержание битумов составляет 3–4% [7].

Водорастворимые и легкогидролизующие при 100 °С вещества составляют небольшую долю при всех уровнях залегания грунтовых вод. В среднем по профилю почвы их количество колеблется в пределах 3,6–4,5%, что аналогично содержанию в торфах Западной Сибири. При этом какой-либо закономерности не отмечено. Прослеживается лишь снижение рассматриваемой группы веществ в пахотном слое почвы. Например, при 0,5-метровом уровне залегания грунтовых вод в пахотном слое их содержится 5,62%, 1,0 – 5,12%, 1,5 м – 4,48%. При круглогодичном регулировании уровня грунтовых вод содержание водорастворимых и легкогидролизующих при 100 °С веществ соответствует их количеству при постоянном залегании.

Содержание в торфяной почве веществ, гидролизующих 2%-й HCl, достаточно высокое (30,4–34,2%) при всех уровнях грунтовых вод. При близком залегании грунтовых вод (0,5 м) зафиксировано их максимальное (34,25%) количество. Это на 3,4–3,8% больше, чем при уровне грунтовых вод 1,0–1,5 м.

Необходимо отметить, что наибольшее различие в содержании легкогидролизующих веществ соответствует верхнему 0,4-метровому слою почвы. Вниз по профилю почвы различий практически не отмечено. При глубоком (2 м) зимнем залегании грунтовых вод количество легкогидролизующих веществ даже несколько выше, чем при их круглогодичном положении 1 м, соответственно 30,4 и 32,5%. Гидролизующие 2%-й HCl вещества на 41,8–52,3% представлены гемицеллюлозой. Минимальное ее количество (14,0–14,3%) содержится при уровнях грунтовых вод 0,5–1,0 м. Снижение грунтовых вод до 1,5 м повышает количество гемицеллюлозы до 15,3%, т.е. на 7,0–9,2% по сравнению с уровнем 0,5–1,0 м. Круглогодичное регулирование УГВ обеспечивает максимальное содержание (17,0%) гемицеллюлозы в торфяной почве. Подвергаясь микробиологической атаке, группа легкогидролизующих соединений относительно быстро разлагается. В связи с этим не следует избыточно повышать микробиологическую активность во избежание активной сработки торфа. Достичь этой цели возможно созданием оптимального водного режима [12].

Гуминовые и фульвокислоты представляют собой наиболее специфическую часть соединений торфа. На их долю приходится почти половина органической части торфа. Нами установлено влияние УГВ на их содержание. Так, при 0,5-метровом уровне количество ГК в среднем по профилю почвы составляет 32,05%, что больше на 1,6%, чем на полутораметровых лизиметрах. Максимальное снижение ГК (4,5%) при этом происходит в пахотном слое. Таким образом, подтверждается повышение микробиологической активности в торфяной почве при глубоком осушении. В условиях Томской области при оптимальном содержании влаги с увеличением степени разложения торфа повышается количество ГК [3]. Количество ФК в пахотном слое зависит от УГВ ($r = 0,63$). Фульвокислоты – более окисленные органические вещества по сравнению с ГК. В связи с этим увеличение их количества возможно за счет частичного окисления органического вещества. При этом соотношение между содержанием гуминовых и фульвокислот колеблется по профилю почвы в пределах 1 : 0,53–0,61 при всех уровнях грунтовых вод.

В среднемощной торфяной почве содержание трудногидролизующих 80%-й H_2SO_4 соединений не превышает 2,8% и не обнаруживает определенной связи с другими компонентами торфа. Исследованиями [3] установлено низкое содержание трудногидролизующих веществ в торфах, обогащенных древесными остатками. При одинаковом ботаническом составе торфа с увеличением глубины залегания грунтовых вод от 0,5 до 1,5 м снижается содержание трудногидролизующих веществ. Самое значительное сокращение (0,5%) происходит в пахотном слое. Со степенью разложения торфа связи нет. Соединения, трудно гидролизующие кислотой, представлены в значительной мере целлюлозой (46–52%), ее количество практически не зависит от уровня грунтовых вод.

Остаток, не подвергающийся гидролизу 80%-й H_2SO_4 , принято считать лигнином. Количество лигнина в торфе оказалось в несколько раз больше, чем содержание

целлюлозы. Чем больше в растениях-торфообразователях лигнина, тем больше ГК образуется в торфе и наоборот [6]. Колебания в содержании лигнина при УГВ 0,5 м находятся в интервале 4,63–8,35% (среднее 6,63%), 1,0 м – 5,53–6,82 (5,82%), 1,5 – 4,76–5,65 (5,23%), 1,0–2,0 м – 5,41–6,11 (6,07%). Просматривается зависимость снижения содержания лигнина при увеличении глубины залегания грунтовых вод. Из этой зависимости выпадает вариант, где осуществляли вневегетационное регулирование грунтовых вод. По сравнению с постоянным уровнем грунтовых вод здесь содержание лигнина повышалось на 0,25% (рост 4,3%). Установлена высокая связь между содержанием лигнина и зольностью ($r = 0,74$).

Проведенный анализ результатов исследований в овощекормовом севообороте показывает, что в первый год наблюдений содержание водорастворимых соединений и гидролизующих НСI (в том числе и гемицеллюлоз) не имело существенных различий по вариантам. Наиболее важным с практической точки зрения является установление трансформации органического вещества торфа, направлений и скорости этого процесса за весь период ротации изучаемого севооборота. Обозначая условно поля севооборота цифрами 1–4, можно в общем виде дать характеристику этим процессам (см. табл. 2).

В поле 1 севооборота, где вначале 2 года возделывали пропашные культуры, отмечено незначительное увеличение содержания золы в пахотном слое к концу третьего года пользования, которое приостановилось после залужения многолетними травами. Этот процесс, связанный с тотальной минерализацией органической массы, не затрагивал подпахотный слой (0,2–0,4 м). Однако на фоне повышенных норм удобрений ($N_{240} P_{180} K_{240}$) такая тенденция отмечена и в горизонте 0,2–0,4 м.

При ускоренном залужении торфяных почв многолетними травами (поле 4), напротив, наблюдали некоторое снижение содержания золы по мере пользования травостоем. После распахки трав и посадки капусты зольность довольно резко возрастала.

Табл. 2. Групповой состав органического вещества торфяной почвы в пахотном слое под культурами овощекормового севооборота

Table 2. Group composition of the organic matter of peat soil in the arable layer under crops of vegetable feed crop rotation

Культура	Удобрения	Битумы	Гумусовые вещества		Гидролизуемые вещества		Лигнин
			ГК	ФК	легкогидро-лизуемые	трудногидро-лизуемые	
%							
<i>Поле 1</i>							
Капуста	Без удобрений	6,42	27,95	20,69	3,0	2,17	7,80
Картофель		5,64	29,12	21,21	3,43	2,56	6,20
Травы:	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	3,18	30,98	20,40	3,43	3,09	8,49
однолетние		7,54	24,22	17,84	4,30	2,41	8,20
многолетние, год жизни:		10,07	24,50	18,04	4,86	2,52	5,58
первый		9,15	25,23	26,19	3,19	2,45	7,70
Капуста	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	6,43	31,68	18,74	3,19	2,82	8,06
Картофель		5,06	29,32	21,56	3,55	2,96	5,00
Травы:	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	7,46	27,91	18,11	4,25	2,60	6,42
однолетние		8,53	27,14	19,42	4,48	2,32	7,40
многолетние, год жизни:		<i>Поле 2</i>					
первый		7,09	29,91	22,40	2,82	2,98	7,94
Капуста	Без удобрений	4,67	29,47	20,92	3,44	3,25	12,32
Картофель		6,50	26,90	22,40	2,90	2,22	8,61
Травы:	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	7,08	28,72	18,34	4,30	2,92	8,06
однолетние		9,19	25,58	18,55	4,84	2,64	5,80
многолетние, год жизни:		7,97	27,13	24,17	3,01	2,77	12,29
первый		4,47	31,13	18,35	3,36	2,74	10,51
Капуста	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	6,29	28,50	21,38	3,09	2,60	7,35
Картофель		10,95	26,73	17,82	3,18	2,63	5,83
Травы:	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	10,74	24,52	19,61	4,11	2,45	5,04
однолетние		<i>Поле 3</i>					
многолетние, год жизни:		6,00	29,10	21,77	2,93	2,65	9,24
первый		9,20	34,27	15,68	3,30	2,58	8,38
Капуста	Без удобрений	4,55	30,22	21,69	3,88	2,74	7,16
Картофель		9,44	26,00	18,90	3,83	2,59	7,30
Травы:	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	8,60	28,72	17,80	4,10	2,68	7,03
однолетние		5,73	30,07	19,46	3,58	2,12	8,54
многолетние, год жизни:		7,77	31,07	18,07	2,97	1,69	8,44
первый		5,61	27,74	24,88	3,46	2,74	5,94
Капуста	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	6,39	25,70	16,70	4,22	2,50	6,11
Картофель		9,38	28,40	18,60	4,82	2,58	6,36
<i>Поле 4</i>							
Многолетние травы, год жизни:	Без удобрений	7,20	32,38	18,90	2,63	2,50	8,60
первый		8,31	27,25	13,39	2,97	2,55	9,66
второй		6,15	29,63	21,22	3,36	3,82	7,01
Капуста	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	5,40	25,40	19,61	4,65	2,49	8,92
Картофель		9,21	25,13	20,43	15,14	2,72	4,40
Многолетние травы, год жизни:	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	6,59	31,02	17,33	3,36	1,45	8,15
первый		7,98	32,83	16,93	3,10	2,77	7,73
второй		5,84	29,29	21,36	3,47	2,63	5,04
Капуста	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₂₄₀	9,53	30,43	18,61	3,45	2,76	5,09
Картофель		8,81	27,25	17,97	4,60	2,52	5,32

Динамика содержания битумов не имела характерных особенностей и различий по всем полям севооборота. Содержание легкогидролизуемых водой и НС1 компонентов органического вещества в торфяной почве увеличивалось к концу ротации на каждом поле севооборота, однако существенных различий между ними не наблюдалось. Эти изменения происходили главным образом за счет накопления гемицеллюлоз.

Содержание специфических соединений торфяной почвы – гумусовых кислот (гуминовых и фульвовых) – имело неодинаковую динамику по полям севооборота, что обусловлено различием в чередовании культур.

В поле 1 севооборота количество гуминовых кислот возросло в первые 3 года окультуривания, на следующий год заметно снижалось на всех фонах питания. По-видимому, накопление пожнивных и корневых остатков, свежего растительного материала создавало эффект «разбавления». Это подтверждает также факт увеличения количества легкогидролизуемых форм органического вещества. Аналогичная тенденция прослеживается и в других полях севооборота, но она более «стерта» ввиду высокой насыщенности этих полей травами. Ранее к аналогичному выводу пришли исследователи на Полесской ОМС. Установлено, что при механической обработке пахотного слоя происходит увеличение количества ГК при возделывании многолетних трав и к несколько большему – пропашных культур [6].

Изменения в содержании фульвокислот в пахотном слое всех полей севооборота характеризуются или уменьшением их количества к концу четвертого года сельскохозяйственного использования торфяной почвы, или сохранением исходного уровня. Можно полагать, что фульвокислоты подвергаются деструкции или входят в состав макромолекул гуминовых кислот как субъединицы, так как являются менее устойчивыми при окислительно-гидролитическом воздействии и биохимической атаке.

Динамика накопления трудногидролизуемых форм органического вещества более сложна и неоднозначна, поскольку имеет

место многофакторное воздействие на почву, определяемое глубоким различием в обработке почвы под пропашные культуры и травы, с одной стороны, и неоднородностью количества и состава пожнивных и корневых остатков после этих культур – с другой. Однако следует отметить, что прослеживается общая направленность процессов трансформации органического вещества в сторону накопления «отбора» более термодинамически устойчивых форм: трудногидролизуемых соединений (включая целлюлозу) и лигнина. Это наиболее выражено под пропашными культурами в поле 1 севооборота. Главным процессом, сдерживающим изменение группового состава органического вещества, является систематическое добавление к пахотным слоям новых порций торфа в результате припахивания его из нижележащих слоев [13].

Минеральные удобрения снижают скорость накопления трудногидролизуемых и негидролизуемых форм, очевидно, вследствие создания в почве более жестких окислительно-гидролитических условий. Кроме того, на их фоне в почве накапливается больше свежего растительного материала за счет пожнивных и корневых остатков.

Важные результаты по составу органического вещества торфа получены нами под многолетними травами, длительно выращиваемыми без посева предварительных культур. Отбор образцов торфа для анализа проведен перед залужением торфяной почвы злаковыми многолетними травами (кострец безостый + овсяница луговая) и в конце седьмого года их жизни. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать общий вывод: под многолетними травами в течение семилетнего периода их произрастания не происходит значительных изменений состава органического вещества торфа (см. табл. 3).

Например, количество битумов в слое почвы 0,4 м сократилось от 8,2 до 7,9% (3,7%). В пахотном слое оно вообще осталось на исходном уровне. Одной из главных причин, очевидно, является низкая биологическая активность почвы. В качестве подтвержде-

Табл. 3. Групповой состав органического вещества среднемощной торфяной почвы под многолетними травами, % на абсолютно сухой торф**Table 3.** Group composition of the organic matter of medium-thick peat soil under perennial grasses, % on absolutely dry peat

Глубина, м	Битумы	Водорастворимые и легкогидролизующие при 100 °С	Гидролизующие 2%-й HCl	Гумусовые вещества		Трудногидролизующие 80%-й H ₂ SO ₄	Лигнин
				ГК	ФК		
<i>Перед закладкой опыта</i>							
0–0,2	7,28	3,85	31,87	30,07	17,19	2,62	5,34
0,2–0,4	9,18	3,45	27,94	33,05	17,56	2,63	5,28
<i>Через 7 лет</i>							
0–0,2	7,20	2,63	29,41	32,38	18,90	2,50	8,60
0,2–0,4	8,64	3,36	30,09	30,20	20,76	2,81	7,31

ния можно привести данные по содержанию общего азота. Его количество в пахотном слое сохранилось на исходном уровне 3,7%.

Следует отметить снижение от 3,85 до 2,63% (46,4%) в пахотном слое количества водорастворимых и легкогидролизующих при 100 °С веществ. Общее содержание гидролизующих 2%-й HCl веществ не изменилось, а количество гемицеллюлозы сократилось в слое 0,4 м на 39,0% (от 16,9 до 12,1%).

Содержание гуминовых кислот в слое почвы 0,4 м сохранилось – соответственно 31,6 и 31,3%, фульвокислот – увеличилось от 17,5 до 19,8%. Осталось на исходном уровне количество трудногидролизующих 80%-й H₂SO₄ веществ. В качестве исключения можно привести наличие лигнина. Его количество через 7 лет возросло от 5,3 до 7,9%.

ВЫВОДЫ

1. Торфяные почвы, сформированные на основе осоково-тростникового торфа, более устойчивы к агрогенной эволюции органического вещества при круглогодичном регулировании уровня залегания грунтовых вод: летом – 1,0 м, в осенне-зимний период – 2,0 м.

2. Возделывание сельскохозяйственных культур в овощекормовом севообороте обеспечивает минимальные изменения в составе органического вещества торфа. При этом в большей мере изменения проявляются под

пропашными культурами. Залужение торфяных почв многолетними травами без посева предварительных культур обеспечивает сохранность органического вещества торфа и предотвращает его существенную трансформацию.

3. Минеральные удобрения снижают скорость накопления трудногидролизующих и негидролизующих форм органического вещества вследствие создания в почве более жестких окислительно-гидролитических условий и накопления больше свежего растительного материала за счет пожнивных и корневых остатков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минаева Т.Ю. Торфяные болота России: актуальные проблемы сохранения и рационального использования // Торф и бизнес. 2011. № 2 (20). С. 31–32.
2. Моторин А.С. Торф – важный ресурс для развития сельского хозяйства Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 8. С. 17–20.
3. Иншиева Л.И. Агрономическая природа торфа // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 17–22.
4. Грехова И.В. Групповой состав органического вещества торфов низинных месторождений // Аграрный вестник Урала. 2012. № 6. С. 14–16.
5. Зайдельман Ф.Р. Минеральные и торфяные почвы полесских ландшафтов: монография. М.: КРАСАНД, 2013. 440 с.

6. Бамбалов Н.Н., Ракович В.А. Роль болот в биосфере. Минск: Белнаука, 2005. 285 с.
7. Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 9–16.
8. Моторин А.С., Игловикова А.В. Оценка состава органического вещества осушаемых торфяных почв Северного Зуралья // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 6. С. 12–15.
9. Инишева Л.И., Деметьева Т.В. Скорость минерализации органического вещества торфов // Почвоведение. 2000. № 2. С. 196–203.
10. Бамбалов Н.Н. Краткий исторический очерк становления и развития химии и торфа Белоруссии // Природопользование. Минск. 2012. Вып. 22. С. 24–46.
11. Семененко Н.Н. Влияние осушения и сельскохозяйственного использования на трансформацию химического состава торфяных почв // Мелиорация. 2009. № 2 (62). С. 147–152.
12. Лученок Л.Н., Шкутов Э.Н., Баран С.Г. Изменение качественного состава органического вещества торфяных почв Белорусского полесья в результате длительного сельскохозяйственного использования // Мелиорация. 2010. № 1 (63). С. 112–119.
13. Лихацевич А.П., Авраменко Н.М., Ткач В.В. Изменение свойств маломощной торфяной почвы в процессе многолетнего сельскохозяйственного использования // Вести Академии наук Беларуси. 2011. № 2. С. 60–65.
14. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири: монография. Новосибирск: ГРПО СО РАСХН, 1999. 284 с.
15. Бамбалов Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения // Минск: Наука и техника, 1984. 175 с.
1. Minaeva T.Yu. Torfyanye bolota Rossii: aktual'nye problemy sokhraneniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya [Peat bogs in Russia: actual problems of conservation and rational use]. *Torf i biznes* [Peat and Business], 2011, no. 2 (20), pp. 31–32. (In Russian).
2. Motorin A.S. Torf – vazhnyi resurs dlya razvitiya sel'skogo khozyaistva Tyumenskoi oblasti [Peat is an important resource for the development of agriculture in Tyumen region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no. 8, pp. 17–20. (In Russian).
3. Inisheva L.I. Agronomicheskaya priroda torfa [The agronomic nature of peat]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 1998, no. 4, pp. 17–22. (In Russian).
4. Grekhova I.V. Gruppovoi sostav organicheskogo veshchestva torfov nizinnikh mestorozhdenii [Group structure of organic substance of peat low-lying fields]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2012, no. 6, pp. 14–16. (In Russian).
5. Zaidel'man F.R. *Mineral'nye i torfyanye pochvy polesskikh landshaftov* [Mineral and peat soils of Polesye landscapes]. M.: KRASAND Publ., 2013. 440 p. (In Russian).
6. Bambalov N.N., Rakovich V.A. *Rol' bolot v biosfere* [The role of swamps in the biosphere]. Minsk: Belnauka Publ., 2005. 285 p. (In Belarusian).
7. Arkhipov V.S., Maslov S.G. Sostav i svoistva tipichnykh vidov torfa tsentral'noi chasti Zapadnoi Sibiri [Composition and properties of typical peat species in the central part of Western Siberia]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 1998, no. 4, pp. 9–16. (In Russian).
8. Motorin A.S., Igl'ovikov A.V. Otsenka sostava organicheskogo veshchestva osushaemykh torfyanykh pochv Severnogo Zaural'ya [Assessment of organic substances composition in the drained peat soils of Northern Zauralye]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2018, no. 6, pp. 12–15. (In Russian).
9. Inisheva L.I., Dement'eva T.V. Skorost' mineralizatsii organicheskogo veshchestva torfov [Peat organic matter mineralization rate]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2000, no. 2, pp. 196–203. (In Russian).
10. Bambalov N.N. Kratkii istoricheskii ocherk stanovleniya i razvitiya khimii i torfa Belorussii [A brief historical outline of the formation and development of chemistry and peat of Belarus]. *Prirodopol'zovanie* [Nature Management], Minsk, 2012, vol. 22, pp. 24–46. (In Belarusian).
11. Semenenko N.N. Vliyanie osusheniya i sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya na transformatsiyu khimicheskogo sostava torfyanykh pochv [Effect of drainage and agricul-

REFERENCES

- tural application on transformation of chemical composition of peat]. *Melioratsiya* [Reclamation], 2009, no. 2 (62), pp. 147–152. (In Russian).
12. Luchenok L.N., Shkutov E.N., Baran S.G. *Izmenenie kachestvennogo sostava organicheskogo veshchestva torfyanykh pochv Belorusskogo poles'ya v rezul'tate dlitel'nogo sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya* [Change in the qualitative composition of the organic matter of peat soils of the Belarusian Polesye as a result of long-term agricultural use]. *Melioratsiya* [Reclamation], 2010, no. 1 (63), pp. 112–119. (In Russian).
 13. Likhatshevich A.P., Avramenko N.M., Tkach V.V. *Izmenenie svoistv malomoshchnoi torfyanoi pochvy v protsesse mnogoletnego sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya* [Changes in the properties of thin peat soils in the process of long-term agricultural use]. *Vesti Akademii nauk Belarusi* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus], 2011, no. 2, pp. 60–65. (In Belarusian).
 14. Motorin A.S. *Plodorodie torfyanykh pochv Zapadnoi Sibiri*. [Fertility of peat soils in Western Siberia]. Novosibirsk: GRPO SO RASKhN Publ., 1999, 284 p. (In Russian).
 15. Bambalov N.N. *Balans organicheskogo veshchestva torfyanykh pochv i metody ego izucheniya* [Peat soil organic matter balance and methods for its study]. Minsk: *Nauka i tekhnika* [Science and Technique], 1984, 175 p. (In Belarusian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Моторин А.С.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 625501, Тюменская область, пос. Московский, ул. Бурлаки 2; e-mail: a.s.motorin@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Motorin A.S.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher, Professor; **address:** 2, Burlaki Str., Moskovsky settlement, Tyumen region, 625501, Russia e-mail: a.s.motorin@mail.ru

*Дата поступления статьи 20.01.2020
Received by the editors 20.01.2020*



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-2

УДК: 633.262/37+631.53.048:631.584.5

СОЗДАНИЕ КОНКУРЕНТНЫХ ГАЛЕГО-КОСТРЕЦОВЫХ ЦЕНОЗОВ

¹Бакшаев Д.Ю., ¹Садохина Т.А., ²Листков В.Ю.

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

²Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
Центросоюза РФ Сибирский университет потребительской кооперации
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Бакшаев Д.Ю., Садохина Т.А., Листков В.Ю. Создание конкурентных галего-кострецовых ценозов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 15–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-2.

For citation: Bakshaev D.Yu., Sadokhina T.A., Listkov V.Yu. Sozдание konkurentnykh galego-kostretsovykh tsenozov [Creating competitive galega and bromus cenoses]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 15–22. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-2.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены полевые опыты (2001–2005 гг.) по созданию оптимальных схем посевов смесей многолетних трав в условиях лесостепи Западной Сибири. Объекты исследования – овес Краснообский, галега восточная Горноалтайская 87, кострец безостый Антей. Почва участков – чернозем выщелоченный среднемогучий среднесуглинистый. В ходе эксперимента осуществлены две закладки во времени и в пространстве. Травы высевали под покров овса Краснообский. Подсев костреца безостого проводили в I декаде мая поперек посева галеги. Норма высева костреца 3,0; 4,5 и 6,0 млн всхожих семян на гектар. Учет урожайности проводили по стандартным методикам. Наибольшая урожайность сухой массы галеги достигнута в вариантах рядового посева и с подсевом костреца с междурядьями 15 см (выше, чем с междурядьями 30 см на 1,16 т/га и на 0,63 т/га соответственно). В варианте «три рядка галеги + рядок костреца» (3 : 1) урожайность сухой массы смеси в двух укосах выше по-

CREATING COMPETITIVE GALEGA AND BROMUS CENOSES

¹Bakshaev D.Yu., ¹Sadokhina T. A., ²Listkov V.Yu.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Siberian University of Consumer Cooperation, Novosibirsk, Russia

Field experiments (2001–2005) were carried out to create optimal schemes for sowing mixtures of perennial grasses in the forest-steppe of Western Siberia. Objects of research were Krasnoobsky oats, Eastern galega Gorno-Altayskaya 87, awnless brome Antey. The soil of the plots was medium thick, medium loamy leached chernozem. The experiment was carried out in two layouts spread in time and in space. Grasses were sown under the cover of Krasnoobsky oats. Awnless brome was sown across galega in the first ten days of May. Seeding rate of awnless brome was 3.0; 4.5 and 6.0 million germinating seeds per hectare. Recordings of yield were made according to standard methods. The highest yield of galega dry mass was achieved when it was sown in rows with awnless brome planted with inter-row spacing of 15 cm (it was higher than with 30 cm inter-row spacing by 1.16 t/ha and 0.63 t/ha, respectively). In the variant “three rows of galega + a row of awnless brome” (3 : 1), the yield of dry mass of the mixture in two cuttings was higher by 5.7 and 2.1% than when they were sown with every other row skipped. The

сеянной черезрядно на 5,7 и 2,1%. Урожайность в сумме за два укоса превосходила одновидовые посева галеги на 0,48–2,03, костреца на 2,15–2,54 т/га. Отмечена тенденция уменьшения урожайности сухой массы в одновидовых посевах галеги с увеличением междурядья. В смесях, посеянных одновременно по схеме 3 : 1, урожайность сухой массы составила 5,14 т/га в первом укосе и 4,05 т/га во втором. Это выше, чем в смеси, посеянной по схеме «рядок галеги + рядок костреца» (1 : 1) на 2,2–7,6, или 2,2–13,1%. Кострец безостый в смесях конкурентоспособнее галеги. Увеличение нормы высева костреца от 3,0 до 6,0 млн всхожих семян/га в травостой галеги повысило урожайность на 0,9–1,37 т/га. Урожайность сухой массы смесей с одновременным посевом компонентов выше смесей с подсевом костреца в междурядье галеги 15 см на 2%, при междурядье галеги – 30 см на 10%.

Ключевые слова: кострец, галега, травосмеси, подсев, норма высева, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Для создания прочной кормовой базы необходимо возделывание экономичных культур, обеспечивающих потребность животных в полноценном питании. В настоящее время решение этой задачи возможно с использованием многолетних трав. Смеси более питательны и технологичны при уборке, в большинстве случаев их посева урожайнее, чем одновидовые^{1,2} [1–5]. В Западной Сибири по продуктивному долголетию и урожайности выделяются галега восточная и кострец безостый – многолетние травы кормового использования. Возделывание их смесей перспективно, однако главный недостаток таких смесей – сильное угнетение бобового компонента³ [6–8]. Есть мнение, что со временем галега вытесняет злаковый компонент из травостоя [9]. Из-за не-

total yield for two cuttings exceeded single-species crops of galega by 0.48–2.03, and awnless brome by 2.15–2.54 t/ha. A tendency towards a decrease in the yield of dry mass in single-species crops of galega with an increase in row spacing was noted. In mixtures sown at the same time according to the 3 : 1 scheme, the yield of dry mass was 5.14 t/ha in the first mowing and 4.05 t/ha in the second. This is higher than in the mixture sown according to the scheme “a row of galega + a row of awnless brome” (1 : 1) by 2.2–7.6, or 2.2–13.1%. Awnless brome in mixtures is more competitive than galega. An increase in the seeding rate of awnless brome from 3.0 to 6.0 million germinating seeds/ha in the herbage of galega increased the yield by 0.9–1.37 t/ha. The yield of dry mass of mixtures sown at the same time was higher than mixtures with awnless brome planted between rows of galega with spacing of 15 cm by 2%, and with row spacing of 30 cm by 10%.

Keywords: awnless brome, galega, grass mixtures, sowing, seeding rate, yield

достаточного изучения галего-кострецовых ценозов актуальным становится создание устойчивых агроценозов галеги и ее смесей с кострецом безостым.

Цель исследований – выявить оптимальные схемы и способы создания галего-кострецовых смесей и обосновать рациональную норму высева костреца безостого при создании ценозов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2001–2005 гг. на экспериментальной базе Сибирского научно-исследовательского института кормов Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук. Объекты исследования – следующие сорта кормовых культур: овес Краснообский, галега восточная Горноалтайская 87,

¹Зенич С.А. Влияние различных доз минеральных удобрений на продуктивность козлятничково-кострецовой травосмеси // Материалы XXIII научно-технической студенческой конференции, 2017. С. 17–22.

²Вагунин Д.А., Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н. Долголетние кормовые агрофитоценозы сенокосного использования на основе козлятника восточного // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЗ, 2017. С. 44–48.

³Кривоногова Д.В. Оценка среднесрочного использования многолетних злаково-бобовых трав и их смесей в системе сенокосооборота // В сборнике: Инновационные тенденции развития Российской науки материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Ответственный за выпуск В.Л. Бопп, 2016. С. 115–120.

кострец безостый Антей. Повторность опытов четырехкратная. Расположение вариантов систематическое. Посевная и учетная площадь делянок 60 м².

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см составляет 6%, обеспеченность почвы подвижными формами фосфора и обменного калия (по Чирикову) хорошая. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной. По климатическим условиям – это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район. Среднегодовое количество осадков 350–450 мм, из них 254–280 мм выпадает за апрель – сентябрь, 113–130 мм – за июнь – август. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) 1,0–1,2. Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С равняется 1880°, с отклонениями по годам от 1500 до 2250°. Весенние заморозки в воздухе возможны до 20 мая, на почве – до 17 июня. Начало осенних заморозков приходится на конец августа.

Вегетационный период 2001 г. отличался обильным выпадением осадков и благоприятным температурным режимом. За вегетационный период 2002 г. осадков выпало на 3,6% меньше нормы, но в целом год отмечен благоприятным для развития растений. Экстремальным можно охарактеризовать 2003 г. из-за высоких температур воздуха и малого количества осадков. Погодные условия 2004 г. отмечены неравномерным температурным и водным режимом. Умеренно теплым и увлажненным началом и концом лета, жарким и сухим июлем отличался 2005 г.

Учет урожайности зеленой массы осуществляли в фазе начала колошения костреца и бутонизации – начала цветения галеги. Математическая обработка экспериментальных данных проведена по методике Snedecor⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе эксперимента осуществлены две закладки во времени и в пространстве. Травы высевали под покров овса Краснообский с уменьшенной на 50% нормой посева. Покров убран в фазе молочной спелости. Урожайность покровной культуры в 2001 г. 8,5 т/га, в 2002 г. – 10,5 т сухой массы/га. Подсев костреца безостого проводили в I декаде мая сеялкой СЗТ-3,6 поперек посева галеги. Норма посева костреца 3,0; 4,5 и 6,0 млн всхожих семян на гектар. При его посеве галега находилась в фазе весеннего отрастания.

Подсеянный кострец развивался слабо и сильно угнетался галегой. К моменту уборки он находился в фазе всходов и влияния на формирование урожайности травостоя не оказывал (см. табл. 1).

Табл. 1. Урожайность сухой массы галеги, костреца и их смесей, т/га

Table 1. Yield of dry mass of galega, awnless brome and their mixtures, t / ha

Вариант	Год пользования травостоя			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Междурядье, см:				
кострец (15)	6,67	4,74	3,18	4,63
галега (15)	8,34	9,32	9,31	8,52
галега (30)	7,18	8,75	8,89	8,30
Соотношение рядков в посевах галега + кострец:				
1 : 1	8,82	8,65	9,07	8,00
3 : 1	9,21	8,86	9,27	8,91
Норма посева, млн всхожих семян:				
галега (междурядье 15 см) + кострец:				
3,0	7,89	7,75	9,03	8,41
4,5	7,89	8,28	9,86	8,58
6,0	7,89	8,98	10,35	9,47
галега (междурядье 30 см) + кострец:				
3,0	7,26	7,00	7,78	7,41
4,5	7,26	7,78	8,71	8,10
6,0	7,26	8,63	10,24	8,77
НСР ₀₅	0,47	0,59	0,68	0,48

⁴Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

Урожайность сухой массы галеги, посеянной в чистом виде с междурядьями 15 см, зарегистрирована выше, чем в варианте с междурядьями 30 см, на 1,16 т/га, или 13,9%. Та же тенденция отмечена в вариантах с подсевом. Галега с междурядьями 15 см урожайнее на 0,63 т/га, или 8,0%. Прибавка обусловлена большим количеством побегов на 1 м². При междурядье 15 см она больше, чем при междурядье 30 см, на 18,2–37,1% в первом укосе и на 29,1–35,7% во втором.

На варианте со схемой «три рядка галеги + рядок костреца» урожайность сухой массы отмечена выше, чем смеси, посеянной черезрядно на 5,7% в первом укосе и на 2,1% во втором. При этом урожайность сухой массы смесей в сумме за два укоса

превосходила одновидовые посева галеги на 0,48–2,03, костреца на 2,15–2,54 т/га (см. табл. 2).

Данные наблюдений за посевами в последующие годы показали, что независимо от года пользования наблюдалась следующая тенденция: в одновидовых посевах галеги урожайность сухой массы уменьшалась с увеличением междурядья и по годам пользования существенно не изменялась.

В смесях, посеянных одновременно по схеме «три рядка галеги + рядок костреца», урожайность сухой массы составила в среднем за четыре года исследований 5,14 т/га в первом укосе и 4,05 т/га во втором. Она отмечена выше, чем в смеси, посеянной по схеме «рядок галеги + рядок костреца» на 2,2–7,6 и 2,2–13,1%.

Табл. 2. Доля культур в смесях по годам использования травостоя, %

Table 2. Share of crops in mixtures by years of herbage use, %

Вариант	1-й год пользования		2-й год пользования		3-й год пользования		4-й год пользования	
	1-й укос	2-й укос						
Соотношение рядков в посевах галеги + костреца:								
1 : 1								
галега	62,9	66,0	57,3	74,0	69,7	65,8	66,6	78,7
кострец	37,1	34,0	42,7	26,0	30,3	34,2	33,4	21,3
3 : 1								
галега	74,0	72,9	78,4	83,8	82,8	80,9	74,6	78,8
кострец	26,0	27,1	21,6	16,2	17,2	19,1	25,4	21,2
Норма высева, млн всхожих семян:								
галега (междурядье 15 см) + кострец:								
3,0								
галега	100,0	99,9	86,3	88,4	82,8	80,6	82,0	85,8
кострец	0,0	0,1	13,7	11,6	17,2	19,4	18,0	14,2
4,5								
галега	100,0	99,9	86,0	83,6	80,6	77,2	81,0	78,6
кострец	0,0	0,1	14,0	16,4	19,4	22,8	19,0	21,4
6,0								
галега	100,0	99,9	85,4	83,1	74,6	73,5	80,9	63,2
кострец	0,0	0,1	14,6	16,9	25,4	26,5	19,1	36,8
галега (междурядье 30 см) + кострец:								
3,0								
галега	100,0	99,9	86,6	82,3	80,4	84,0	77,0	72,5
кострец	0,0	0,1	13,4	17,7	19,6	16,0	23,0	27,5
4,5								
галега	100,0	99,9	84,5	79,0	80,0	79,6	69,7	67,3
кострец	0,0	0,1	15,5	21,0	20,0	20,4	30,3	32,7
6,0								
галега	100,0	99,9	80,4	76,2	73,0	77,6	65,6	59,8
кострец	0,0	0,1	19,6	29,4	27,0	22,4	34,4	40,2

В процессе исследований выявлена тенденция увеличения урожайности с увеличением нормы высева костреца в смесях с подсевом, причем смеси с подсевом костреца к галеге при междурядье 15 см были урожайнее смесей с подсевом к галеге с междурядьем 30 см (за исключением варианта с нормой костреца 6,0 млн шт./га).

Начиная со второго года пользования в вариантах с подсевом в первом укосе присутствовало 19,1–25,2% растений костреца, во втором – 20,0–33,3%, что соответствует соотношению компонентов 1 : 3–1 : 4. При этом доля костреца увеличивается, а галеги – снижается с увеличением нормы высева костреца (см. табл. 2).

Смеси с единовременным посевом компонентов близки по урожайности смесям с подсевом. Исключение составили смеси с подсевом костреца с нормой 3,0–4,5 млн шт./га к галеге с междурядьем 30 см. Анализ полевых экспериментов в наших исследованиях показывает, что биологическая эффективность смесей определяется конкурентоспособностью культур (LER) и соотношением компонентов в посевах [10]. За четыре года исследований показатель LER у всех смешанных посевов зафиксирован больше одного, что говорит об эффективности возделывания смесей (см. табл. 3).

Значение LER 1,20 и 1,24, полученное в смеси галеги с кострецом в соотношениях 1 : 1 и 1 : 3, показывает, что для получения такой урожайности в чистых посевах потребовалось бы в 1,20–1,24 раза больше земельной площади. Относительная продуктивность смешанных посевов на это же значение выше. Полученное значение «отношений земельных эквивалентов» показывает повышение биологической эффективности смешанных посевов.

При междурядьях галеги 15 и 30 см и норме высева костреца 6,0 млн шт./га показатель LER равен соответственно 1,18 и 1,21, т.е. данные варианты имеют преимущество перед другими.

Смысл коэффициента агрессивности (CA) заключается в том, что конкуренцию в смешанном посевах определяют, соотнося

Табл. 3. Урожайность сухой массы галеги, костреца и их смесей (в среднем за 2001–2005 гг.), т/га

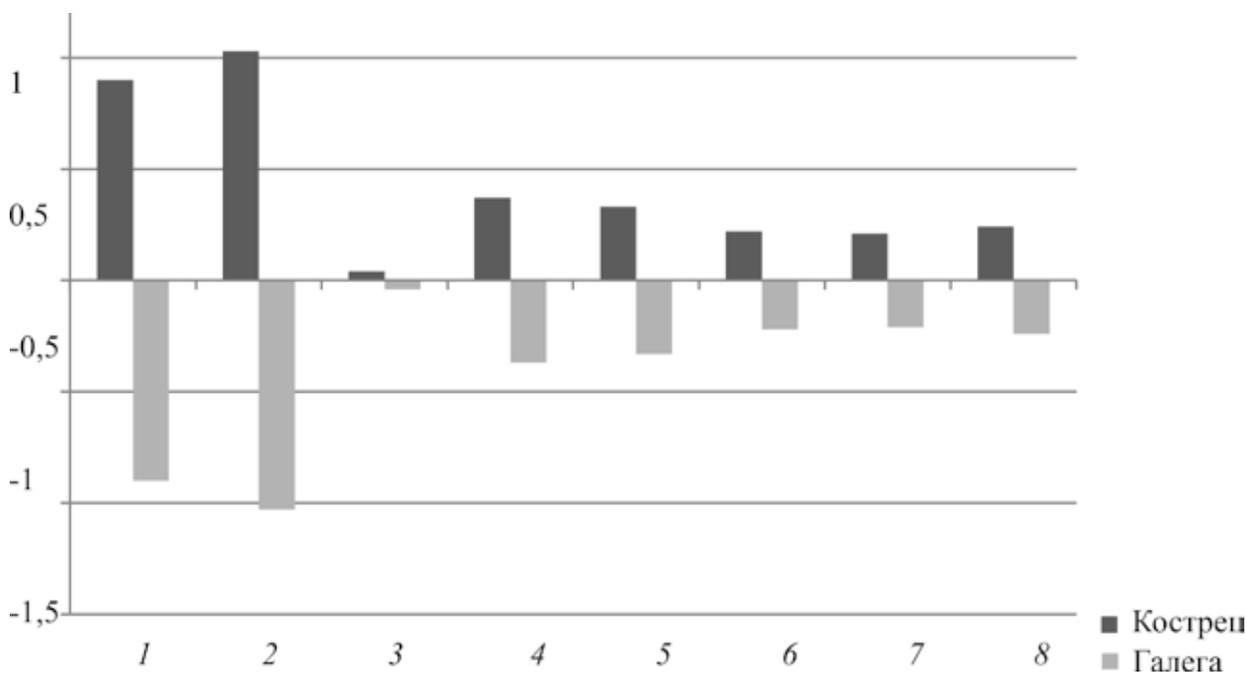
Table 3. Yield of dry mass of galega, awnless brome and their mixtures (on average for 2001–2005), t/ha

Вариант	Урожайность, т/га			LER		
	костреца	галеги	смеси	костреца	галеги	смеси
Междурядье, см:						
кострец (15)			4,81			
галега (15)			8,87			
галега (30)			8,28			
соотношение рядков в посевах галега + кострец:						
1 : 1	2,79	5,85	8,64	0,58	0,66	1,24
3 : 1	1,96	7,10	9,06	0,40	0,80	1,20
Норма высева, млн всхожих семян:						
галега (междурядье 15 см) + кострец:						
3,0	0,97	7,30	8,27	0,20	0,82	1,02
4,5	1,21	7,44	8,65	0,25	0,83	1,08
6,0	1,59	7,58	9,17	0,33	0,85	1,18
галега (междурядье 30 см) + кострец:						
3,0	1,07	6,29	7,36	0,22	0,75	0,97
4,5	1,38	6,58	7,96	0,28	0,79	1,07
6,0	1,88	6,85	8,73	0,39	0,82	1,21
НСР ₀₅	1,45	0,86	1,07			

изменение урожаев обоих компонентов смеси к их ожидаемому урожаю [11]. Этот показатель рассчитывается по формуле

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

где коэффициент агрессивности культуры *A* в смешанном посевах с культурой *B*; Y_{AB} – урожайность на единицу площади культуры *A* в смешанном посевах с культурой *B*; Y_{AA} – урожайность на единицу площади культуры *A* в чистом посевах; Z_{AB} и Z_{BA} – часть смешанного посева, определенная первоначально, под культуры *A* и *B* (в %). Для культуры *B* знак коэффициента будет противоположным.



Коэффициент агрессивности культур в смесях

The coefficient of aggressiveness of crops in mixtures

1 – галега + костре́ц (соотношение 1 : 1); 2 – галега + костре́ц (соотношение 3 : 1); 3 – галега (междурядье 15 см) + костре́ц (3,0 млн всхожих семян); 4 – галега (междурядье 15 см) + костре́ц (4,5 млн всхожих семян); 5 – галега (междурядье 15 см) + костре́ц (6,0 млн всхожих семян); 6 – галега (междурядье 30 см) + костре́ц (3,0 млн всхожих семян); 7 – галега (междурядье 30 см) + костре́ц (4,5 млн всхожих семян); 8 – галега (междурядье 30 см) + костре́ц (6,0 млн всхожих семян)

1 – galega + awnless brome (1 : 1 ratio); 2 – galega + awnless brome (3 : 1 ratio); 3 – galega (inter-row spacing 15 cm) + awnless brome (3.0 million germinating seeds); 4 – galega (inter-row spacing 15 cm) + awnless brome (4.5 million germinating seeds); 5 – galega (inter-row spacing 15 cm) + awnless brome (6.0 million germinating seeds); 6 – galega (inter-row spacing 30 cm) + awnless brome (3.0 million germinating seeds); 7 – galega (inter-row spacing 30 cm) + awnless brome (4.5 million germinating seeds); 8 – galega (inter-row spacing 30 cm) + awnless brome (6.0 million germinating seeds)

Нулевое значение коэффициента означает, что оба компонента смеси имеют одинаковую конкурентную способность. В любом другом случае оба вида будут иметь одинаковое числовое значение *СА*, но знак у более агрессивного компонента смеси будет положительным, а у менее конкурентоспособного – отрицательным.

Расчет коэффициента агрессивности показал, что в среднем за четыре года пользования его значение изменялось от 1,03 до –1,03 (см. рисунок).

Наиболее конкурентоспособный компонент смеси – костре́ц. При чередовании с галегой в соотношении 1 : 1 и 1 : 3 коэффициент этой культуры максимален – 0,9 и 1,3 соответственно. При врезании костре́ца в

дернину галеги на следующие год его агрессивность и конкурентоспособность значительно уменьшились (на 59–97%), однако он по-прежнему конкурентоспособнее галеги.

Максимальное значение *СА* у костре́ца отмечено на третий год пользования травостоя 1,89–1,92 при одновременном посеве и 1,70–2,25 при врезании его в галегу. По времени это совпадает с развитием галеги и повышения ее конкурентоспособности. В дальнейшем уже она будет вытеснять костре́ц из травостоя.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение нормы высева костре́ца от 3,0 до 6,0 млн всхожих семян на 1 га при врезании в травостой галеги увеличива-

ет общий сбор сухой массы смеси на 0,9–1,37 т/га, или 10,8–18,6%.

2. Смеси с единовременным посевом компонентов урожайнее по сухой массе смесей с подсевом костреца в междурядье галеги 15 см на 2%, в варианте с междурядьем галеги 30 см на 10% (в среднем за 2001–2005 гг.).

3. Значение конкурентоспособности костреца в смесях зарегистрировано выше, чем у галеги. Преимущество имеют варианты одновременного посева компонентов и подсева с максимальной нормой высева костреца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мишууров А.В., Дуборезов В.М., Бойко И.И., Сулова И.В. Сено из бобовых культур как источник повышения полноценности рационов для высокопродуктивных коров // Проблемы биологии продуктивности животных. 2015. № 1. С. 96–107.
2. Байкалова Л.П., Кривоногова Д.В., Машанов А.И. Влияние видового состава многолетних трав на отавность сенокосных травосмесей // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 11. С. 22–25.
3. Зенькова Н. Заготавливаем объемистые корма // Животноводство России. 2019. № 10. С. 55–59.
4. Сафроновская Г. Корма для молочного скотоводства. Найти свой путь к успеху // Наше сельское хозяйство. 2019. № 14 (214). С. 42–48.
5. Имантаев М.М., Савенкова И.В. Освоение галеги восточной как кормовой культуры и перспективы ее производства на севере Казахстана // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. 2018. Т. 1. № 1. С. 89–93.
6. Листков В.Ю. Создание смесей галеги восточной с кострецом безостым // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 4 (172). С. 46–51.
7. Байкалова Л.П., Кожухова Е.В. Возделывание злаково-бобовых травосмесей как оптимизация урожайности среднесрочных сенокосов // Вестник КрасГАУ. 2013. № 5 (80). С. 68–74.

8. Дмитриев В.И., Костомаров В.Н., Храмов С.Ю. Актуальные вопросы развития кормопроизводства в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (34). С. 24–29.
9. Вагунин Д.А., Кансамун А.Д., Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н. Многолетние травостой на основе новых сортов козлятника восточного и интенсивных видов злаковых трав // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 10. С. 185–191.
10. Willey R.W., Rao M.A. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops // Experimental Agriculture. 1980. Vol.16, N 2, P. 117–125.
11. Vandermeer J. The ecology of intercropping. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237 p.

REFERENCES

1. Mishurov A.V., Duborezov V.M., Bojko I.I., Suslova I.V. Seno iz bobovykh kul'tur kak istochnik povysheniya polnotsennosti ratsionov dlya vysokoproduktivnykh korov [Legume hay as a source of the increase in nutritive value of diets for high-producing dairy cows]. *Problemy biologii produktivnosti zhivotnykh* [Problems of Biology of Productive Animals], 2015, vol. 1, pp. 96–107. (In Russian).
2. Baikalova L.P., Krivonogova D.V., Mashanov A.I. Vliyanie vidovogo sostava mnogoletnikh trav na otavnost' senokosnykh travosmesei [Influence of species composition of perennial grasses on regrow capacity of mowing mixtures]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, vol. 31, no. 11, pp. 22–25. (In Russian).
3. Zen'kova N. Zagotavlivaem ob'emistyie korma [Preparing bulk feed]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia], 2019, vol. 10, pp. 55–59. (In Russian).
4. Safronovskaya G. Korma dlya molochnogo skotovodstva. Naiti svoi put' k uspekhu [Feed for dairy cattle. Find your way to success]. *Nashe sel'skoe khozyaistvo* [Our agriculture], 2019, vol. 14 (214), pp. 42–48. (In Russian).
5. Imantaev M.M., Savenkova I.V. Osvoenie galegi vostochnoi kak kormovoi kul'tury i perspektivy ee proizvodstva na severe Kazakhstan [Development of Eastern galega as a feed crop and the prospects for its production in

- the north of Kazakhstan]. *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v oblasti estestvennykh i sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Actual problems of science and education in the field of natural and agricultural sciences], 2018, vol. 1, no. 1, pp. 89–93. (In Russian).
6. Listkov V.Yu. Sozdanie smesei galegi vostochnoi s kostretsom bezostym [Creation of crop mixtures of Eastern galega and smooth brome-grass]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2007, vol. 4 (172), pp. 46–51. (In Russian).
 7. Baikalova L.P., Kozhukhova E.V. Vozdelyvanie zlakovo-bobovykh travosmesei kak optimizatsiya urozhainosti srednesrochnykh senokosov [The cultivation of cereal-legume grass mixtures as yield optimization of medium-term hayfields]. *Vestnik KrasGAU* [The Bulletin of KrasGAU], 2013, vol. 5 (80), pp. 68–74. (In Russian).
 8. Dmitriev V.I., Kostomarov V.N., Khramov S. Yu. Aktual'nye voprosy razvitiya kormoproizvodstva v Zapadnoi Sibiri [Current issues in the development of fodder production in Western Siberia]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Omsk State Agricultural University], 2019, vol. 2 (34), pp. 24–29. (In Russian).
 9. Vagunin D.A., Kapsamun A.D., Ivanova N.N., Ambrosimova N.N. Mnogoletnie travostoi na osnove novykh sortov kozlyatnika vostochnogo i intensivnykh vidov zlakovykh [Many years of herbage on the basis of new varieties of Galega and intensive types of grasses]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice], 2018, vol. 4, no. 10, pp. 185–191. (In Russian).
 10. Willey R.W., Rao M.A. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 1980, vol. 16, no. 2, pp. 117–125.
 11. Vandermeer J. *The ecology of intercropping*. Cambridge, Cambridge University Press, 1989, 237 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Садохина Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией

Листков В.Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

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

Sadokhina T.A., Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head

Listkov V.Yu., Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor

*Дата поступления статьи 19.02.2020
Received by the editors 19.02.2020*

РЕДЬКА МАСЛИЧНАЯ 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 агробιοтехнологий Российской академии наук
Забайкальский край, г. Чита, Россия

Для цитирования: Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Редька масличная в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 23–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-3.

For citation: Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Red'ka maslichnaya v odnovidovykh i polividovykh posevakh s myatlikovymi kul'turami [Oilseed radish in single- and multi-crop sowings with poaceous crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 23–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-3.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены и проанализированы результаты полевых и лабораторных исследований за 2015–2017 гг. по возделыванию традиционных и малораспространенных мятликовых культур. Изучены районированные сорта ячменя, овса, проса кормового в одновидовых и поливидовых посевах – с высокобелковой капустной культурой – редькой масличной. Исследования выполнены на лугово-черноземной мучнисто-карбонатной почве в условиях лесостепной зоны Забайкалья. Агротехника возделывания кормовых культур общепринятая в зоне. Объекты исследований – ячмень Анна, овес Метис, просо кормовое Быстрое, редька масличная Тамбовчанка. Экспериментальная работа проведена в соответствии с общепринятыми методическими указаниями по полевым опытам. Мятликовые культуры и редька масличная оценены по адаптивности к условиям выращивания и комплексу хозяйственно ценных признаков, обеспечивающих устойчивое производство высокоэнергетических кормов. В поливидовых агроценозах мятликовых культур с редькой масличной увеличивается урожайность и улучшается качество кормов. Наилучшие результаты в поливидовых посевах обеспечили овес и просо кормовое с редькой масличной. Урожайность зеленой массы составила 38,8–39,7 т/га, количество сухого вещества 4,88–4,90 т/га, переваримого протеина – 810–820 кг/га, валовой энер-

OILSEED RADISH IN SINGLE- AND MULTI-CROP SOWINGS WITH POACEOUS CROPS

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

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

The results of field and laboratory research for 2015–2017 are presented and analyzed on the cultivation of traditional and uncommon poaceous crops. Recognized varieties of barley, oats, and millet were studied in single-crop sowings and intercropped with a high-protein cabbage crop – oilseed radish. The research was conducted 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 varieties: barley Anna, oats Metis, millet Bystroe, oilseed radish Tambovchanka. The experimental work was carried out in accordance with the generally accepted guidelines for field experiments. Poaceous crops and oilseed radish were assessed in terms of their adaptability to growing conditions and their economically valuable characteristics that ensure sustainable production of high-energy feed. In multi-crop agroecosystems of poaceous crops and oilseed radish, the yield increased and the quality of feed raw material improved. The best results of multi-crop sowings were achieved by oats and millet intercropped with oilseed radish. The yield of green mass was 38.8–39.7 t/ha, dry matter content – 4.88–4.90 t/ha, digestible protein – 810–820 kg/ha, and gross energy – 46.3–52.2 GJ/ha with availability of digestible protein – 180–186 g per one feed unit. Multi-crop sowings of oats and

гии – 46,3–52,2 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 180–186 г. Поливидовые посева овса и проса кормового с редькой масличной продуктивнее одновидовых мятликовых агроценозов по сбору кормовых единиц в 1,5–1,7 раза, переваримому протеину в 2,9–3,3, валовой энергии в 1,2–1,6 раза при содержании в 1 кг сухого вещества 10,5–10,7 МДж обменной энергии.

Ключевые слова: редька масличная, мятликовые культуры, одновидовые и поливидовые посева, продуктивность, питательность корма

ВВЕДЕНИЕ

В Забайкалье животноводство и связанное с ним кормопроизводство – традиционные отрасли сельскохозяйственного производства, обеспечивающие продовольственную безопасность населения в регионе. На современном этапе развития и преобразования агропромышленного комплекса Забайкальского края одна из актуальных задач – увеличение поголовья животных и повышение их продуктивности на основе роста объема заготовок и качества всех видов кормов для обеспечения животных энергией и питательными веществами. Доля полноценного кормления в продуктивности животных в настоящее время составляет 55–60%. Недостаток в рационах обменной энергии, белка, сахара и жира ведет к недоиспользованию генетического потенциала животных на 30–50%, увеличению неэффективных затрат кормовых ресурсов на 25–30% и удорожанию стоимости продукции на 30–40% [1, 2]. Развитие высокопродуктивного животноводства сдерживает низкое качество и хронический дефицит кормов. На одну условную голову в крае заготавливают не более 15 ц кормовых единиц при зоотехнической норме 30–35 ц, что связано с низкими продуктивностью и качеством кормовых культур. Это ведет к отставанию отрасли, нестабильности производства животноводческой продукции и завозу продуктов питания из других регионов страны и государств. Для повышения эффективности производства продукции животноводства и более полного использования потенциала животных

millet with radish oilseed are more productive than single-crop poaceous agrocenoses in feed units by 1.5-1.7 times, digestible protein by 2.9-3.3 times, gross energy by 1.2-1.6 times, with 10.5-10.7 MJ of exchangeable energy in one kilogram of dry matter.

Keywords: oilseed radish, poaceous crops, single-crop, multi-crop sowings, productivity, nutritional value of fodder

необходимо создавать качественную кормовую базу в условиях сельскохозяйственных организаций для обеспечения животных кормами с учетом их продуктивности и возраста [3, 4]. Основой кормовой базы Забайкальского края является организация адаптивного кормопроизводства на основе продуктивных агроценозов с использованием кормовых культур в одно- и поливидовых посевах, обеспечивающих экономически выгодный и устойчивый по годам стабильный урожай. Расширение видового состава адаптированных к биоклиматическим ресурсам зоны сортов, в том числе внедрение в кормовые севообороты овса, проса кормового, ячменя, редьки масличной и других, – резерв для получения высокопитательных энергонасыщенных кормов [5].

Большое значение в кормопроизводстве Забайкальского края имеет ячмень – традиционная мятликовая культура, малотребовательная к теплу. Сумма активных температур для среднеспелых сортов 1400°. Ячмень отличается устойчивостью к летней засухе и повышенным температурам, экономно использует влагу. Это довольно засухоустойчивое растение (транспирационный коэффициент 380–450). У ячменя высокая усвояющая способность корневой системы, его можно возделывать на всех типах почв края, однако необходимо отметить, что он чувствителен к повышенной кислотности почв, тяжелых, плотных, плохо аэрируемых почвах. Ячмень в Забайкальском крае в основном используется как зернофуражная культура, занимающая площадь 4266 га.

Зерно ячменя богато белком и крахмалом. В 1 кг содержится 1,11–1,20 к. ед. и 74–91 г переваримого протеина, а также все незаменимые аминокислоты. После размола и дробления зерно ячменя охотно поедается животными [2, 6].

Овес как ценная кормовая культура получил широкое распространение в качестве однолетней травы, используемой в производстве разнообразных кормов. Овес – традиционная культура разнообразного использования, имеет большое значение в кормопроизводстве Забайкальского края. Его используют на зеленый корм, сено, сенажную массу, зерносенаж, травяную муку, зернофураж. В 100 кг зеленой массы овса в чистом виде содержится 16,8 к. ед. и 2,5 кг переваримого протеина, она отличается сравнительно высоким содержанием калия (0,123%) и фосфора (0,065%). В 1 кг зерна овса содержится 1 к. ед. и 85 г переваримого протеина. Эта культура характеризуется большой пластичностью и возделывается во всех почвенно-климатических зонах края на площади 17 160 га [2].

В увеличении кормовой базы животноводства Забайкалья большой интерес представляет малораспространенная культура – просо кормовое, занимающая в настоящее время незначительные площади (200 га). По засухоустойчивости просо кормовое занимает одно из первых мест среди полевых растений, что выдвигает его в разряд незаменимых культур для сухостепной зоны Забайкалья. В периоды засухи растения как бы впадают в состояние анабиоза, а после выпадения осадков они формируют надземную фитомассу. Максимальный прирост кормовой массы приходится на благоприятный период (июль – август). Значение проса в кормопроизводстве не ограничивается кормовыми достоинствами зерна и вегетативной массы. Благодаря медленному росту в начале вегетации оно является лучшей покровной культурой многолетних трав. Просо может также использоваться как поукосная культура после озимой ржи, овса и злаково-бобовых смесей, убранных во второй половине июня на зеленый корм.

Просьяная солома хорошо поедается скотом и по кормовым достоинствам превосходит солому всех хлебных злаков, приближаясь к луговому селу. В 100 кг соломы содержится 57 к. ед. и 6,5 кг переваримого протеина. Зеленая масса проса отличается повышенным содержанием сухого вещества и каротина, в 1 кг содержится в среднем 0,18 к. ед. и 20 г переваримого протеина [1, 7].

Проблема дефицита белка для кормления сельскохозяйственных животных существует во всей стране. В Забайкалье недостаток протеина в кормах составляет не менее 20–25%. Увеличение посевов редьки масличной – высокобелковой культуры – может в значительной мере решить эту проблему. В зеленой массе редьки масличной в среднем содержится до 240 г переваримого протеина. Поэтому для решения проблемы недостатка белков в кормах многие исследователи рекомендуют увеличивать посевы традиционных и малораспространенных мятликовых культур с высокобелковыми капустными культурами, одной из которых является редька масличная, занимающая около 6049 га [8–16].

Для Забайкалья редька масличная имеет большое значение как перспективное, высокобелковое, холодостойкое, скороспелое растение для широкого использования в кормопроизводстве. Культура способна формировать за вегетацию 2–3 урожая (25,0–40,0 т/га) зеленой массы, используя осадки второй половины летнего периода. Редька масличная отличается интенсивным темпом нарастания биомассы. Зеленая масса ее обладает хорошими кормовыми качествами, богата протеином, сахарами, каротином и микроэлементами. В 1 кг зеленой массы содержится 0,12–0,15 к. ед., 25–30 мг каротина, на одну кормовую единицу приходится 150–240 г переваримого протеина. Наибольшее количество сырого протеина содержится в ранние фазы развития (до 30–32% в сухом веществе). Эту культуру можно использовать в зеленых и сырьевых конвейерах, в промежуточных и поукосных посевах, для создания зимних пастбищ в одно- и поливидовых посевах. Редьку масличную

можно использовать в свежем и замороженном виде в сырьевых конвейерах для обогащения кормовым белком [1, 2, 17, 18].

Цель исследований – изучить продуктивность и питательную ценность мятликовых культур в одно- и поливидовых посевах с редькой масличной.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2015–2017 гг. на полях Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий 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 °C 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 [19].

В годы исследований погодные условия в период вегетации различались. Вегетационные периоды (апрель – сентябрь) 2015, 2016 гг. были характерными для лесостепной зоны Забайкалья, выпало 270,2; 194,7 мм осадков при средней многолетней норме 276 мм. Среднемесячная температура воздуха за эти периоды 11,2 и 11,4 °C при средней многолетней норме 11,2 °C. Гидротермические коэффициенты (ГТК) вегетационных периодов составили 0,9; 0,7 соответственно. Распределение осадков по месяцам вегетационных периодов неравномерное, в отдельные периоды зарегистрирована высокая температура воздуха и почвы. Вегетационный период 2017 г. характеризовался повышенной влагообеспеченностью. За апрель – сентябрь выпало 317,6 мм осадков. Отклонение от среднемноголетнего показателя (276,0 мм) составило 41,6 мм, или 15,1%. Среднесуточная температура воздуха в среднем за вегетационный период не превышала 15,4 °C.

В целом климатические условия в годы исследований позволили растениям изучаемых культур реализовать максимальный продуктивный потенциал и сформировать достаточно высокий урожай кормовой массы, что указывает на их адаптивность к экстремальным условиям Забайкальского края.

Почва опытного участка лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, гранулометрический состав – легкий суглинок. Реакция почвенного раствора пахотного горизонта слабокислая, подпахотного – нейтральная. Количество органического вещества в слое 0–20 см на уровне 3,67%, общего азота – 0,3%. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием средняя.

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 редьку масличную 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 со следующими нормами высева: ячмень, овес – 5,0 млн всхожих семян, просо кормовое – 3,0, редька масличная – 3,0 млн всхожих семян на 1 га, норма высева культур в двухкомпонентных смесях – мятликовые – 70%, редька масличная – 50%, глубина заделка семян: ячмень, овес – 5–6 см, просо кормовое – 4–6, редька масличная – 3–4 см.

Объекты исследований – районированные сорта изучаемых культур: ячмень Анна, овес Метис, просо кормовое Быстрое, редька масличная Тамбовчанка.

Экспериментальная работа проведена в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами и сопровождалась лабораторно-полевыми наблюдениями и

анализами. В исследованиях использовали апробированные методики¹⁻⁵.

Данные учетов урожая статистически обработаны методом дисперсионного анализа по Р.А. Фишеру в изложении Б.А. Доспехова (1985 г.). 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 зависели от агрометеорологических условий. Так, изучаемые культуры неодинаково реагировали на почвенные и климатические условия при прохождении основных фаз развития растений на протяжении всей вегетации. Периоды от посева до всходов по культурам и их смесям были различными: более дружные всходы с самым коротким периодом (10 дней) отмечены у редьки масличной как в одновидовых, так и в поливидовых посевах, затем по нарастающей у ячменя, проса кормового и овса (12–14 дней) (см. табл. 1).

Период от всходов до бутонизации у редьки масличной составил 26 дней, всходы – цветение – 37 дней, у мятликовых: всходы – ку-

щение – 14–27 дней, всходы – выметывание (колошение) – 41–52 дня.

В период вегетации в создавшихся погодных условиях изучаемые культуры хорошо использовали выпавшие осадки и обеспечили дружные всходы и хорошее развитие растений. В течение вегетации определяли отношение растений к засухе, вредителям, болезням, устойчивости к полеганию. Отмечена средняя реакция у культур на засуху, поражение вредителями, отсутствие у растений заболеваний (5 баллов). К ценным особенностям ячменя и овса следует отнести устойчивость к полеганию (5 баллов), что указывает на широкие возможности для успешного совместного выращивания с другими более полегающими культурами.

Наблюдениями за линейным ростом изучаемых культур установлено, что наиболее интенсивно в период вегетации развивались растения в одновидовых посевах (см. табл. 2). Так, высота растений ячменя, овса, проса кормового и редьки масличной к укосной спелости составила соответственно 98, 96, 118 и 116 см. В поливидовых посевах наблюдали незначительное снижение высоты растений по сравнению с одновидовыми посевами, к уборке в среднем она превышала на 2–3 см.

Табл. 1. Продолжительность межфазных периодов (среднее за 2015–2017 гг.)

Table 1. Duration of interphase periods (average for 2015–2017)

Вариант	Период, дни				
	посев – всходы	всходы – бутонизация	всходы – кущение	всходы – выметывание (колошение)	всходы – цветение
Ячмень	12	–	15	41	–
Овес	14	–	14	45	–
Просо кормовое	13	–	27	52	–
Редька масличная	10	26	–	–	37
Ячмень + редька масличная	12/10	–/26	15/–	41/–	–/37
Овес + редька масличная	14/10	–/26	14/–	45/–	–/37
Просо кормовое + редька масличная	13/10	–/26	27/–	52/–	–/37

¹Методика по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1983. 197 с.

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

³Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) /Б.А. Доспехов. – Изд. 6-е, перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2011. 287 с.

⁴Опытное дело в полеводстве. – М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.

⁵Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 287 с.

Табл. 2. Высота и облиственность растений в агроценозах (среднее за 2015–2017 гг.)**Table 2.** Height and leaf formation of crops in agrocenoses (average for 2015–2017)

Культура	Высота стебля, см	Облиственность, %
Ячмень	98	48
Овес	96	48
Просо кормовое	118	58
Редька масличная	116	46
Ячмень + редька масличная	96/114	48/46
Овес + редька масличная	93/113	48/46
Просо кормовое + редька масличная	115/114	58/46

Определение облиственности растений перед уборкой урожая показали следующие результаты: у ячменя и овса – 48%, проса кормового – 58, редьки масличной – 46% как в одновидовых, так и поливидовых посевах.

Особенности в развитии растений изучаемых культур в одно- и поливидовых посевах сказались на количестве и качестве урожая (см. табл. 3).

Результаты исследований показали, что одновидовые посева мятликовых культур сформировали урожай зеленой массы 20,1–28,3 т/га, сухого вещества 3,30–3,78, кормовых единиц 2,64–2,86 т/га, переваримого протеина 246–275 кг/га, валовой энергии

32,7–35,8 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 93–102 г.

Среди одновидовых мятликовых культур наибольшую урожайность зеленой массы (28,3 т/га) обеспечили агроценозы проса кормового, превышающие посева ячменя и овса в 1,3–1,4 раза.

Редька масличная в одновидовых посевах превосходила мятликовые по сбору переваримого протеина в 2,5–2,8 раза, обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином в 2,4–2,6 раза (1 г на одну кормовую единицу). Наибольшей продуктивностью и питательной ценностью обладали следующие агроценозы поливидовых посевов: овес + редька масличная, просо кормовое + редька масличная. Они сформировали максимальный урожай зеленой массы 38,8–39,7 т/га, сухого вещества 4,88–4,90, кормовых единиц 4,41–4,50 т/га, переваримого протеина 810–820 кг/га, валовой энергии 46,3–52,2 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы 180–186 г. По продуктивности и питательной ценности поливидовые посева овса и проса кормового с редькой масличной превосходили одновидовые мятликовые ценозы по зеленой массе в 1,4–2,0 раза, сухому веществу в 1,3–1,5, кормовым единицам в 1,5–1,7, переваримо-

Табл. 3. Продуктивность и питательная ценность мятликовых культур в одно- и поливидовых посевах с редькой масличной (среднее за 2015–2017 гг.)**Table 3.** Productivity and nutritional value of poaceous crops in single- and multi-crop sowings with oilseed radish (average for 2015–2017)

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
Ячмень	20,1	3,62	2,86	275	96	35,8
Овес	21,0	3,78	2,64	246	93	35,1
Просо кормовое	28,3	3,30	2,67	272	102	32,7
Редька масличная	30,2	3,62	2,82	680	241	35,5
Ячмень + редька масличная	35,5	4,30	3,83	655	171	45,2
Овес + редька масличная	38,8	4,88	4,50	810	180	52,2
Просо кормовое + редька масличная	39,7	4,90	4,41	820	186	46,3
НСР ₀₅	2,80	0,50	0,42			

Примечание. Соотношение компонентов в урожае смесей: ячмень 30%, редька масличная 70%; овес 35%, редька масличная 65; просо кормовое 32%, редька масличная 68%.

му протеину в 2,9–3,3, валовой энергии в 1,2–1,6 раза.

Выявлена положительная корреляционная зависимость $r = 0,79$ между урожайностью зеленой массы и суммой осадков за вегетационные периоды. В более засушливый 2016 г. (сумма осадков 194,7 мм) урожайность зеленой массы составила 15,4–24,1 т/га, во влагообеспеченные 2015, 2017 гг. (сумма осадков 270,2 и 317,6 мм соответственно) сформирована более высокая урожайность, соответственно 18,5–37,0 и 26,4–58,0 т/га.

ВЫВОДЫ

1. В Забайкалье в целях повышения продуктивности и качества кормов наиболее целесообразно создавать поливидовые агроценозы традиционных и малораспространенных мятликовых культур с высокобелковыми сортами (в частности с редькой масличной).

2. Наиболее высокую продуктивность и питательную ценность в агроценозах сформировали поливидовые посевы овса с редькой масличной и проса кормового с редькой масличной. Урожайность их зеленой массы составила 38,8–39,7 т/га, сухого вещества 4,88–4,90, кормовых единиц 4,41–4,50 т/га, переваримого протеина 810–820 кг/га, валовой энергии 46,3–52,2 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы 180–186 г.

3. Продуктивность поливидовых посевов овса и проса кормового с редькой масличной превосходила одновидовые мятликовые ценозы по зеленой массе в 1,4–2,0 раза, сухому веществу в 1,3–1,5, кормовым единицам в 1,5–1,7, переваримому протеину в 2,9–3,3, валовой энергии в 1,2–1,6 раза при содержании в 1 кг сухого вещества 10,5–10,7 МДж обменной энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шашкова Г.Г., Цыганова Г.П., Андреева О.Т.* Возделывание сельскохозяйственных культур в Забайкальском крае: монография. Чита. Экспресс-издательство, 2012, 284 с.
2. *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.

3. *Гуляева М.Е., Смирнова Л.В.* Кормовые дрожжи в питании лактирующих коров // Молочнохозяйственный вестник. 2011. № 2. С. 10–12.
4. *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.
5. *Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.* Перспективы использования мятликовых культур в одновидовых и смешанных посевах в условиях Забайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 56–62.
6. *Климова Э.В.* Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.
7. *Бенц В.А., Кашеваров Г.А., Демарчук Г.А.* Полевое кормопроизводство в Сибири: монография. Новосибирск: издательство СО РАСХН, 2011. 240 с.
8. *Косолапов В.М., Трофимов И.А.* Кормопроизводство – важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. 2011. № 1. С. 22–27.
9. *Кашеваров Н.И., Данилов В.П., Полюдина Р.И., Андреева О.Т., Мустафин А.М.* Агротехнологии производства кормов в Сибири: монография. Новосибирск: издательство СО РАСХН, 2013. 248 с.
10. *Щукис Е.Р.* Кормовые культуры на Алтае: монография. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. 182 с.
11. *Мустафин А.М.* Редька масличная – важнейшая кормовая культура для Сибири // Земля сибирская, дальневосточная. 2007. № 12. С. 29–31.
12. *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.
13. *Насиев Б.Н.* Подбор одновидовых и смешанных посевов кормовых культур для адаптивного земледелия Западного Казахстана // Кормопроизводство. 2014. № 3. С. 35–38.
14. *Садыхина Т.А., Бакишев Д.Ю., Ломова Т.Ю.* Продуктивность зернофуражных культур в смешанных посевах и качество сенажа из них в условиях степной зоны Северной Ку-

- лунды // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 2 (47). С. 35–40.
15. Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Повышение продуктивности мятликовых агроценозов в Забайкальском крае // Кормопроизводство. 2017. № 6. С. 16–22.
 16. Нечаева Н.И. Итоги и перспективы развития кормопроизводства // Кормопроизводство. 2009. № 8. С. 2–7.
 17. Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Мятликовые культуры в одновидовых и поливидовых посевах с редькой масличной в кормопроизводстве Забайкалья // Кормопроизводство. 2019. № 6. С. 34–37.
 18. Пономарев А.Б., Зезин Н.Н. Сырьевой конвейер из крестоцветных культур для Среднего Урала // Кормопроизводство, 2016, № 3. С. 12–15.
 19. Андреева О.Т., Цыганова Г.П., Климова Э.В. Зональные системы земледелия Читинской области: монография. Чита: Областное книжное издательство, 1988. 182 с.
- ## REFERENCES
1. Shashkova G.G., Tsyganova G.P., Andreeva O.T. *Vozdelyvanie sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Zabaikal'skom krae* [Crop cultivation in the Trans-Baikal Territory], Chita, Express Publishing, 2012, 284 p. (In Russian).
 2. Shashkova G.G., Andreeva O.T., Tsyganova G.P. *Agrotekhnologii proizvodstva i kachestvo kormov v Zabaikal'skom krae* [Agricultural production technologies and feed quality in the Trans-Baikal Territory], Chita, Chita City Printing House, 2015, 390 p. (In Russian).
 3. Gulyayeva M.Ye., Smirnova L.V. Kormovyye drozhzhi v pitanii laktiruyushchikh korov [Fodder yeast in the nutrition of lactating cows]. *Molochno-khozyaystvennyy vestnik* [Molochno-khozyaystvennyy vestnik], 2011, no. 2, pp. 10–12. (In Russian).
 4. 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 [Qualitative feeds is a way to obtain high productivity of animals and poultry and ecologically safe foodstuffs]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2016, no. 5, pp. 6–7. (In Russian).
 5. Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.YU. *Perspektivy ispol'zovaniya myatlikovykh kul'tur v odnovidovykh i smeshannykh posevakh v usloviyakh Zabajkal'ya* [Prospects of the use of poaceous crops in single-crop and mixed sowings in the conditions of Trans Baikal Territory]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, no. 4, pp. 56–62. (In Russian).
 6. Klimova E.V. *Polevyye kul'tury Zabajkal'ya* [Field crops of Transbaikal]. Poisk Publ, Chita, 2001, 392 p. (In Russian).
 7. Benz V.A., Kashevarov G.A., Demarchuk G.A. *Polevoye kormoproizvodstvo v Sibiri* [Field fodder production in Siberia]. Novosibirsk, SO RASKHN Publ., 2001. 240 p. (In Russian).
 8. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Kormoproizvodstvo vazhneysheye napravleniye v ekonomike sel'skogo khozyaystva Rossii [Fodder production is the most important direction in the agricultural economy of Russia]. *APK: Ekonomika, upravleniye* [AIC: Economy, Management], 2011, no. 1, pp. 22–27. (In Russian).
 9. Kashevarov N.I., Danilov V.P., Polyudina R.I., Andreyeva O.T., Mustafin A.M. *Agrotekhnologii proizvodstva kormov v Sibiri* [Agrotechnology of feed production in Siberia]. Novosibirsk, SO RASKHN Publ., 2013, 248 p. (In Russian).
 10. Shchukis Ye.R. *Kormovyye kul'tury na Altaye* [Fodder crops in Altai]. Altai Research Institute of Agriculture of the Russian Agricultural Academy, Barnaul Publ., 2013. 182 p. (In Russian).
 11. Mustafin A.M. Red'ka maslichnaya – vazhneyshaya kormovaya kul'tura dlya Sibiri [Oilseed radish is the most important forage crop for Siberia]. *Zemlya sibirskaya, dal'nevostochnaya* [The Land of Siberia and Far East], 2007, no. 12, pp. 29–31. (In Russian).
 12. Kashevarov N.I., Vyazovskiy V.A. Problema belka v kormoproizvodstve Zapadnoy Sibiri, puti yeye resheniya [Protein problem in forage production of Western Siberia, and ways to solve it]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2010, no. 11, pp. 42–45. (In Russian).
 13. Nasiev B.N. Podbor odnovidovykh i smeshannykh posevov kormovykh kul'tur dlya adaptivnogo zemledeliya Zapadnogo Kazakhstana [Selecting single and mixed forage crops for adaptive farming in West Kazakhstan]. *Kormo-*

- proizvodstvo* [Fodder Production], 2014, no. 3, pp. 35–38. (In Russian).
14. Sadokhina T.A., Bakshaev D.Yu., Lomova T.Yu. Produktivnost' zernofurazhnykh kul'tur v smeshannykh posevakh i kachestvo senazha iz nih v usloviyakh stepnoj zony Severnoj Kulundy [Productivity of fodder-grain crops in mixed sowings and quality of haylage from them under conditions of North Kulunda steppe]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, no. 2 (47), pp. 35–40. (In Russian).
 15. Andreeva O.T., Sidorova L.P., Harchenko N.Yu. Povyshenie produktivnosti myatlikovykh agrocenozov v Zabajkal'skom krae [Increasing productivity of gramineous agrocenoses on the Trans-Baikal Territory]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder Production], 2017, no. 6, pp. 16–22. (In Russian).
 16. Nechaeva N.I. Itogi i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva [Results and prospects for the development of feed production]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder Production], 2009, no. 8, pp. 2–7. (In Russian).
 17. Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Harchenko N.Yu. Myatlikovye kul'tury v odnovidovykh i polividovykh posevakh s red'koj maslichnoj v kormoproizvodstve Zabajkal'ya [Poaceae as monocultures and mixtures with oil radish in forage production of Trans Baikal]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder Production], 2019, no 6, pp. 34–37. (In Russian).
 18. Ponomarev A.B. Syr'evoj konvejer iz kre-stocvetnykh kul'tur dlya Srednego Urala [Forming the raw-material conveyor of cruciferous oil-bearing crops in the Middle Urals]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder Production], 2016, no. 3, pp. 12–15. (In Russian).
 19. Andreeva O.T., Cyganova G.P., Klimova E.V. Zonal'nye sistemy zemledeliya Chitinskoj oblasti [Zonal farming systems of the Chita region]. Chita, Oblastnoe knizhnoe izdatel'stvo [Regional book publishing house], 1988, 182 p. (In Russian).

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 agricultural sciences, senior 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 agricultural sciences, senior researcher worker

Sidorova L.P., senior researcher

Kharchenko N.Yu., researcher

*Дата поступления статьи 12.02.2020
Received by the editors 12.02.2020*



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-4

УДК: 633.18; 632.488.42; 632.952; 631.559

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДА КОНКОРД ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЕГЕТИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ РИСА

Безмутко С.В., Лелявская В.Н.

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

Для цитирования: Безмутко С.В., Лелявская В.Н. Эффективность фунгицида Конкорд при обработке вегетирующих растений риса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 32–38. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-4.

For citation: Bezmutko S.V., Lelyavskaya V.N. Efektivnost' fungitsida Konkord pri obrabotke vegetiruyushchikh rastenii risa [Effectiveness of the Concord fungicide in the treatment of vegetative rice plants]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 32–38. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-4.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты исследований (2017–2018 гг.) посевов риса на зерно. Изучена эффективность фунгицида Конкорд (действующие вещества тебуконазол, 125 г/л; триадимефон, 100 г/л) в борьбе с пирикулярриозом риса. Эксперимент проведен в условиях вегетационного опыта в Приморском крае. Искусственная инокуляция растений проведена в фазу 4–5 листьев суспензией конидий гриба *Pyricularia oryzae* Broomeet Cavara (концентрация 100 тыс. в 1 мл). Результаты испытаний сравнивали с действием препарата Фаворит (д.в. тебуконазол, 125 г/л; триадимефон, 100 г/л). Фунгицид Конкорд применяли на следующие сутки после инокуляции в норме расхода 0,75; 1,0 и 1,25 л/га однократно. Под воздействием препарата пораженность растений риса снизилась на 57,5% (0,75 л/га), 70,0 (1,0) и 69,5% (1,25 л/га) относительно контроля. Применение фунгицида способствовало увеличению роста растений на 7,6–13,3 см, длины метелки на 1,4–2,9 см, оказало влияние на число зерен и массу зерен в колосе. Под воздействием Конкорда масса 1000 зерен увеличилась на 1,38 (0,75 л/га), 2,14 (1,0) и 3,03 г (1,25 л/га) относительно контроля. Положительное влияние фунгицидных обработок посевов

EFFECTIVENESS OF THE CONCORD FUNGICIDE IN THE TREATMENT OF VEGETATIVE RICE PLANTS

Bezmutko S.V., Lelyavskaya V.N.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

The results of research into rice sown for grain (2017–2018) are presented. The effectiveness of Concord fungicide (active ingredients tebuconazole, 125 g/l; triadimefon, 100 g/l) against rice *Pyricularia* was studied. The experiment was conducted in the conditions of the greenhouse experiment in the Primorsky Territory. Artificial inoculation of plants was carried out in the phase of 4–5 leaves with a suspension of conidia of the fungus *Pyricularia oryzae* Broomeet Cavara (concentration of 100 thousand in 1 ml). The test results were compared with the action of the preparation Favorit (active ingredients tebuconazole, 125 g/l; triadimefon, 100 g/l). Concord fungicide was used once on the next day after inoculation at a normal rate of 0.75; 1.0 and 1.25 l/ha. Under the influence of the preparation, the damage to rice plants decreased by 57.5% (0.75 l/ha); 70.0 (1.0) and 69.5% (1.25 l/ha) compared to the control. The use of fungicide contributed to an increase in plant growth by 7.6–13.3 cm, and panicle length by 1.4–2.9 cm, and had a positive effect on the number of grains and the weight of grains in an ear. With the action of Concord, the mass of 1000 grains increased by 1.38 (0.75 l/ha); 2.14 (1.0) and 3.03 g (1.25 l/ha) compared to the control. The positive effect of fungicidal treatments of rice crops led to obtaining

риса выразилось в получении дополнительного урожая зерна. Препарат Конкорд не проявляет фитотоксического действия и не обладает ретардантным эффектом по отношению к растениям риса. Максимальные показатели биологической эффективности получены при применении препарата в нормах расхода 1,0 и 1,25 л/га. В агро-климатических условиях юга Дальнего Востока для защиты вегетирующих растений риса от пирикулярриоза эффективно применение фунгицида Конкорд.

Ключевые слова: рис, *Pyricularia oryzae*, фунгицид, Конкорд, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Рис наряду с пшеницей и кукурузой – одна из важнейших продовольственных культур в мире [1]. Это основной продукт питания для миллиона жителей Азии и основной источник питания для многих густонаселенных стран мира, таких как Китай и Бангладеш. На рис приходится примерно четверть мирового потребления калорий. В частности, в Китае, Индии и Южной Корее он составляет 30% от дневного потребления калорий, в Индонезии – 50, Бангладеше – 70, Вьетнаме – 60, Филиппинах – 50%. В России на потребление риса приходится 29% от потребления всех круп. Причем норма потребления риса практически в 2 раза превышает норму потребления и составляет 4–5 кг на душу населения в год [2]. Основные регионы по производству риса в Российской Федерации следующие: Южный – Республика Адыгея и Калмыкия, Краснодарский край, Астраханская и Ростовская области; Северо-Кавказский – Республики Дагестан и Чеченская; Дальневосточный – Приморский край и Еврейская автономная область. В России рис выращивают на 200 тыс. га, что покрывает большую часть внутренней потребности, но импорт риса по-прежнему превышает его экспорт. Увеличение объемов производства риса ограничено необходимостью значительных инвестиций, которые могут не окупиться даже за десятилетие [3]. Исключительно широкое распространение многочисленных вредоносных заболеваний риса – одна из основных причин снижения урожайности.

an additional grain yield. Concord does not show a phytotoxic effect and does not have a retardant effect on rice plants. The maximum indicators of biological efficiency were obtained with the use of the preparation at a flow rate of 1.0 and 1.25 l/ha. In agro-climatic conditions of the south of the Far East, Concord fungicide proved to be effective for protecting rice vegetating plants from *Pyricularia*.

Keywords: rice, *Pyricularia oryzae*, fungicide, Concord, yield

Наибольший вред культуре наносит пирикулярриоз – одно из самых разрушительных грибковых заболеваний, поражающих рис. Муссонный климат Приморского края благоприятен для развития возбудителя этого заболевания – несовершенного гриба *Pyricularia oryzae* Broomeet Cava (Magnaporthe grisea (Herbert) Barr) [1, 4, 5]. Несовершенный гриб, у которого мощный ферментативный аппарат воздействует на клетку, приводит к нарушению целостности растения [6]. Болезнь развивается в течение всего периода вегетации риса и поражает все надземные органы: листья, влагалища листьев, стебли, стеблевые узлы, элементы метелки [7]. Потери потенциального урожая риса от пирикулярриоза в обычные годы по разным оценкам составляют от 5 до 25%, а в годы эпифитотий – до 60% и более. При этом снижается и качество зерна [8–11]. Высокая степень заражения семенного материала и почв приводит и к уничтожению сортов.

Массовое развитие пирикулярриоза определяется прежде всего метеорологическими условиями – теплой и влажной погодой. В холодную погоду даже при выпадении дождей болезнь развивается слабо. Характер проявления пирикулярриоза зависит от устойчивости сорта. В теплую и влажную погоду на восприимчивых сортах могут обнаруживаться все формы поражения. Если сорт устойчивый, то обычно поражается какой-то один орган и проявляет слабое спороношение патогена [12].

Для защиты растений от патогена во многих странах используют фунгициды [13]. Их

применение в период вегетации – эффективный способ прерывания и торможения эпифитотического процесса листостебельных инфекций. Биологическая эффективность традиционных фунгицидов против наиболее вредоносных форм пирикулярриоза (метельчатая и листовая) составляет всего 25–30% [14, 15]. Поэтому для совершенствования химического метода необходим своевременный подбор фунгицидов, эффективных против вредных организмов, но малоопасных для полезных компонентов агробиоценозов.

Цель работы – изучить эффективность фунгицида Конкорд для обработки вегетирующих растений риса против пирикулярриоза, определить влияние препарата на структуру урожая риса и урожайность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2017–2018 гг. в Дальневосточном научно-исследовательском институте защиты растений в условиях вегетационного опыта изучена эффективность применения препарата Конкорд против пирикулярриоза риса, в состав которого входят следующие два действующих вещества (д.в.): тебуконазол (125 г/л) и триадимефон (100 г/л). Препарат применяли в нормах расхода 0,75; 1,0 и 1,25 л/га (однократно). В качестве стандарта использовали Фаворит, КЭ (д.в. тебуконазол, 125 г/л и триадимефон, 100 г/л) в норме 1,25 л/га. Повторность опыта четырехкратная. Расход рабочей жидкости 300 л/га.

Для проведения вегетационного опыта смесь почвы и перепревшего компоста (2 : 1), просеянную через сито, помещали в сосуды вместимостью 254 см³ и с помощью маркера высевали проросшие семена риса (сорт Дальневосточный). Сосуды устанавливали в поддоны с водой. Подкормку растений проводили еженедельно 1%-м раствором мочевины, начиная с фазы второго листа. Растения риса в фазу 4–5 листьев

инокулировали суспензией конидий гриба, концентрация которых составляла 100 тыс. в 1 мл¹. Для создания инфекционного фона использовали смесь изолятов потенциально опасных рас приморской популяции возбудителя пирикулярриоза, хранящихся в коллекции ДВНИИЗР. После инокуляции сосуды с растениями выдерживали во влажной камере. Через сутки после инокуляции растения обрабатывали фунгицидами.

Первый учет зараженности растений риса пирикулярриозом проводили на 10-й день после инокуляции. Последующие учеты развития болезни вели еженедельно по девятибалльной шкале Международного института риса². Уборку растений опыта (9 октября в 2017 г. и 9 октября в 2018 г.) проводили из сосудов полностью с последующим разбором снопового образца. Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные двухлетние испытания препарата Конкорд показали его высокую эффективность против пирикулярриоза риса в условиях юга Дальнего Востока. Все изученные нормы применения фунгицида гарантировали практически полное подавление патогена на искусственном инфекционном фоне.

В отношении пирикулярриоза эффективность препарата варьировалась по вариантам опыта, но была весьма результативной, обеспечивая существенное снижение развития болезни. Под воздействием Конкорда развитие болезни на растениях риса в фазу цветения существенно, относительно контроля, снижалось на 35,8% (0,75 л/га), 43,9 (1,0) и 44,3% (1,25 л/га). В стандартном варианте (Фаворит 1,25 л/га однократно) зафиксировано максимальное снижение развития пирикулярриоза (46,6%) по отношению к контролю (см. табл. 1).

¹Коваленко Е.Д., Горбунова Ю.В., Ковалёва А.А. Методические указания по оценке устойчивости сортов риса к возбудителю пирикулярриоза. М., 1988. 30 с.

²Yamada M., Kiyosawa S. Proposal of new method for differentiating races of *Pyricularia oryzae* Cavara in Japan // Ann. Phytopathol. Soc. Japan 42. 1976. P. 216–219.

³Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Табл. 1. Биологическая эффективность препаратов Конкорд и Фаворит против пирикулярриоза риса (среднее за 2017–2018 гг.)

Table 1. Biological effectiveness of Concord and Favorit preparations against *Pyricularia oryzae*, (average for 2017–2018)

Вариант опыта	Фаза развития						ПП***	БЭ
	цветение		молочная		восковая			
	R*	БЭ**	R	БЭ	R	БЭ		
Конкорд 0,75 л/га	23,4	60,5	16,0	66,7	12,4	66,8	1487,4	57,8
Конкорд 1,0 л/га	15,3	74,2	11,2	76,7	7,6	79,8	1037,9	70,5
Конкорд 1,25 л/га	14,9	74,8	13,1	72,7	7,2	80,7	1041,9	70,4
Фаворит (стандарт) 1,25 л/га	12,6	78,7	16,9	64,8	9,7	74,1	1086,0	69,2
Контроль (инокулированный без обработки фунгицидом)	59,2		48,0		37,4		3521,1	
НСР ₀₅	6,1		6,5		3,8		144,4	

*R – развитие болезни.

**БЭ – биологическая эффективность.

***ПП – площадь под кривой.

Обработка посевов Конкордом сдерживала развитие пирикулярриоза и в фазу молочной спелости зерна. В этот период степень развития болезни была значительно ниже, чем в контрольном варианте, на 32% (0,75 л/га), 36,8 (1,0) и 34,9% (1,25 л/га). В стандартном варианте (Фаворит 1,25 л/га) этот показатель был на уровне 31,1%.

Максимальный биологический эффект зарегистрирован в фазу восковой спелости зерна как на опытных, так и на стандартном варианте (см. табл. 1).

Установлено, что фунгицид, используемый в период вегетации против пирикуляр-

риоза риса, способствует увеличению роста растений, длины метелки, влияет на число и массу зерен в ней, а также массу 1000 зерен и биологическую урожайность.

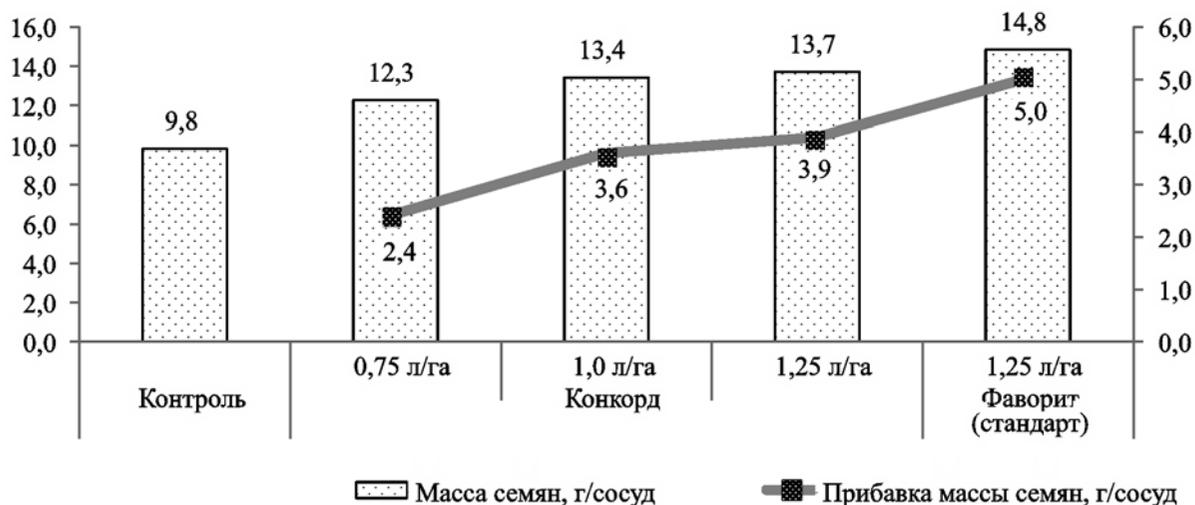
По сравнению с показателями контроля при однократном применении Конкорда рост растений риса существенно увеличился на 12,7 см (1,0 л/га) и 13,3 см (1,25 л/га). Длина метелки достоверно возросла на 1,4 см (0,75 л/га), 2,3 (1,0) и 2,9 см (1,25 л/га). В вариантах с применением Конкорда в нормах расхода 1,0 и 1,25 л/га существенно, относительно контроля, получено больше наполненных зерен на 5,5 и 3,5 шт. соответственно (см. табл. 2).

Табл. 2. Влияние препаратов Конкорд и Фаворит на элементы структуры урожая риса (среднее за 2017–2018 гг.)

Table 2. Influence of Concord and Favorit preparations on the elements of the rice yield structure, (average for 2017–2018)

Показатель структуры урожая	Вариант опыта					НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	
Высота растений, см	71,8	79,4	84,5	85,1	83,5	6,0
Длина метелки, см	10,9	12,3	13,2	13,8	13,9	0,7
Число осей 1-го порядка, шт.	5,0	5,0	5,5	6,0	6,0	1,0
Число наполненных зерен, шт./растение	31,0	32,5	36,5	34,5	36,5	2,0
Число пустых зерен, шт./растение	5,0	2,0	3,0	3,0	2,5	1,0
Масса соломы, г/растение	1,4	1,8	1,5	1,4	1,6	0,3
Число сохранившихся растений на сосуд, шт.	14,5	15	15	15	14,5	1,0
Масса зерна, г/растение	0,68	0,82	0,91	0,91	1,01	0,20
Масса 1000 зерен, г	24,19	25,57	26,33	27,22	28,91	0,49

Примечание. 1 – контроль (инокулированный без обработки фунгицидом); 2 – Конкорд 0,75 л/га; 3 – Конкорд 1,0 л/га; 4 – Конкорд 1,25 л/га; 5 – Фаворит 1,25 л/га.



Влияние препаратов Конкорд и Фаворит на урожайность риса (среднее за 2017–2018 гг.)
Effect of Concord and Favorit preparations on the rice yield, (average for 2017–2018)

Масса зерна с одного растения достоверно возросла под воздействием фунгицида на 0,23 г (1,0 л/га) и 0,23 г (1,25 л/га) относительно контроля. В эталонном варианте этот показатель составил 0,33 г/растение ($НСР_{05} = 0,20$ г/растение). Под воздействием фунгицида масса 1000 зерен существенно, относительно контроля, увеличивалась на 1,38 г (0,75 л/га), 2,14 (1,0) и 3,03 г (1,25 л/га) при $НСР_{05} = 0,49$ г (см. табл. 2).

Положительное влияние фунгицидных обработок посевов риса выражалось в получении дополнительного урожая зерна. Получена существенная относительно контроля прибавка урожайности на 3,6 и 3,9 г/сосуд в вариантах с однократным применением 1,0 и 1,25 л/га соответственно ($НСР_{05} = 2,64$ г/сосуд). При применении Конкорда (0,75 л/га) отмечена тенденция к увеличению урожайности, но прибавка урожая была несущественна (см. рисунок).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В агроклиматических условиях Приморья в борьбе с пирикулярриозом фунгицид Конкорд эффективен при нанесении на вегетирующие растения риса. Применение препарата способствует увеличению урожайности зерна риса вследствие улучшения показателей структуры урожая. Конкорд не

проявляет фитотоксического действия и не обладает ретардантным эффектом по отношению к растениям риса. Максимальные показатели биологической эффективности получены при применении препарата в нормах расхода 1,0 и 1,25 л/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костылев П.И. Гены устойчивости риса к пирикулярриозу и их маркеры (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1 (49). С. 34–39.
2. Потенко Т.А., Суницкая Т.В. Повышение конкурентоспособности дальневосточного риса // Рисоводство. 2018. № 2 (39). С. 48–53.
3. Антошин А., Марфи А. Российский рис: потенциал роста // Защита растений. 2016. № 7. С. 3.
4. Шилов И.А., Анаскина Ю.В., Велишаева Н.С., Колобова О.С., Шалаева Т.В., Костылев П.И., Дубина Е.В. Технология массового скрининга риса на наличие генов устойчивости к пирикулярриозу Pi-1, Pi-2 и Pi-33 на основе мультиплексного микросателлитного анализа // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 21–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11105.
5. Илюшко М.В., Фисенко П.В., Гученко С.С., Цзюймэй Чжан, Линг-Вэй Дэн, Костылев П.И. Идентификация генов устойчивости к пирикулярриозу риса дальневосточной селекции с использованием ДНК-маркеров //

- Зерновое хозяйство России. 2017. № 4 (52). С. 41–45.
6. Клименкова Т.Г., Михалик Т.А., Лелявская В.Н. Оценка сортообразцов риса на устойчивость к пирикулярриозу // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4 (48). С. 67–74. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14082.
 7. Брагина О.А., Гергель И.А. Полевая устойчивость образцов риса к *Pyricularia oryzae* Cavara в зонах рисосеяния Краснодарского края // Рисоводство. 2018. № 1 (38). С. 41–43.
 8. Костылев П.И., Краснова Е.В., Дубина Е.В. Селекция сортов риса, устойчивых к пирикулярриозу, с помощью маркеров // Рисоводство. 2019. № 2 (43). С. 6–11.
 9. Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В., Корнева О.Г., Киселева Г.Н. Защита риса от пирикулярриоза // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 16–17.
 10. Дудченко Т.В. Пирикулярриоз риса – распространение и вредоносность // Защита и карантин растений. 2017. № 8. С. 29–32.
 11. Дубина Е.В., Рубан М.Г., Анискина Ю.В., Шилов И.А., Велишаева Н.С., Костылев П.И., Макуха Ю.А., Пищенко Д.А. Изучение биоразнообразия *Pyricularia oryzae* Cav. в рисосеющих зонах юга России на основе метода ПЦР // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 19–23. DOI: 10.24411/0235-2018-11004.
 12. Ковалев В.С., Мырзин А.С. Система защиты риса // Защита и карантин растений. 2013. № 7. С. 48–50.
 13. Коротенко Т.Л., Брагина О.А., Суприн И.И., Мухина Ж.М., Епифанович Ю.В., Петрухненко А.А., Хорина Т.А. Резистентность к возбудителю пирикулярриоза и морфобиологические особенности генотипов коллекции *Oryza sativa* L. из разных эколого-географических групп в условиях Кубанской зоны рисосеяния // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (1). С. 69–78. DOI: 10.18699/VJ18.333.
 14. Караченцев В.В., Ковалев В.С., Злотников А.К. Альбит в комплексной системе защиты риса // Защита и карантин растений. 2018. № 12. С. 25–28.
 15. Безмутко С.В., Санкин А.Ю., Лелявская В.Н., И Таль Сун. Эффективность фунгицида Аканто Плюс при обработке вегетирующих растений риса // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2 (42). С. 7–10.

REFERENCES

1. Kostylev P.I. Geny ustoychivosti risa k pirikulyariozu i ikh marker (obzor) [Blast resistance genes of rice and their markers (review)]. *Zernovoye khozyaystvo rossii* [Grain Economy of Russia], 2017, no. 1 (49), pp. 34–39. (In Russian).
2. Potenko T.A., Sunitskaya T.V. Povysheniye konkurentnosposobnosti dal'nevostochnogo risa [Improving competitiveness of the Far Eastern rice]. *Risovodstvo* [Rice Growing], 2018, no. 2 (39), pp. 48–53. (In Russian).
3. Antoshin A., Marfi A. Rossiyskiy ris: potentsial rosta [Russian rice: growth potential], *Zashchita i karantin rasteniy* [Board of Plant Protection and Quarantine]. 2016, no. 7, p. 3. (In Russian).
4. Shilov I.A., Anaskina Yu.V., Velishchaeva N.S., Kolobova O.S., Shalayeva T.V., Kostylev P.N., Dubina E.V. Tekhnologiya massovogo skringinga rica k pirikulyariozy Pi-1, Pi-2 i Pi-33 na osnove mul'tipleksnogo mikrosallitnogo analiza [Technology of mass screening of rice samples for the presence of Pi-1, Pi-2 and Pi-33 resistance genes on the basis of the Multiplex Microsatellite Analysis]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no. 11, pp. 21–25. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11105.
5. Ilyushko M.V., Fisenko P.V., Guchenko S.S., Tsyumey Chzhan, Ling-Vey, Kostylev P.I. Identifikatsiya genov ustoychivosti k pirikulyariozu risadal'nevostochnoy seleksii s ispol'zovaniem DNK-markerov [Identification of rice blast resistance genes in the rice varieties developed with DNA-markers assistance]. *Zernovoye khozyaystvo rossii* [Grain Economy of Russia], 2017, no. 4 (52), pp. 41–45. (In Russian).
6. Klimenkova T.G., Mikhalik T.A., Lelyavskaya V.N., Otsenka sortoobraztsov risa na ustoychivost' k pirikulyariozy [Assessment of rice varieties samples and rice varieties in relation to rice blast resistance]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik* [Far East Agrarian Bulletin], 2018, no. 4 (48), pp. 67–74. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14082.
7. Bragina O.A., Gergel' I. A. Polevaya ustoychivost' obraztsov risa k *Pyricularia oryzae* Cavara v zonakh risoseyaniya Krasnodarskogo kraya [Field resistance of rice samples to *Pyricularia oryzae* Cavara in rice growing zones of Krasno-

- dar region]. *Risovodstvo* [Rice growing], 2018, no. 1 (38), pp. 41–43. (In Russian).
8. Kostylev P.I., Krasnova E.V., Dubina E.V., Seleksiya sortov risa, ustoychivyykh k pirikulyariozu, s pomoshch'yu markerov [Development of blast resistant rice varieties with use of markers]. *Risovodstvo* [Rice Growing], 2019, no. 2 (43), pp. 6–11. (In Russian).
 9. Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V., Korneva O.G., Kiseleva G.N. Zashchita risa ot pirikulyarioza [Protection of rice from pyricularia]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2019, no. 9, pp. 16–17. (In Russian).
 10. Dudchenko T.V. Pirikulyarioz risa – rasprostraneniye i vredonosnost' [Rice Pyricularia, its distribution and harmfulness]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2017, no. 8, pp. 29–32. (In Russian).
 11. Dybina E.V., Ruban M.G., Aniskina Yu.V., Shilov I.A., Velishaeva N.S., Kostylev P.I., Makukha Yu.A., Pishchenko D.A. Izucheniye bioraznoobraziya *Pyricularia oryzae* Cav. v risoseyushchikh zonakh yuga Rossii na osnove metoda PTSR [Study of biodiversity of *Pyricularia oryzae* Cav. in the rice-growing areas South of Russia on the basis of method PCR]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, vol. 32, no. 10, pp. 19–23. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2018-11004.
 12. Kovalev V.C., Myrzin A.S. Sistema zashchity risa [Rice protection system]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2013, no. 7, pp. 48–50. (In Russian).
 13. Korotenko T.L., Bragina O.A., Suprin I.I., Mukhina Zh.M., Yepifanovich Yu.V., Petrukhnenko A.A., Khorina T.A. Rezistentnost' k vzbuditelyu pirikulyarioza I morfobiologicheskiye osobennosti genotipov kollektсии *Oryza sativa* L. iz raznykh ekologo-geograficheskikh grupp v usloviyakh Kubanskoj zony risoseyaniya [Resistance to the blast agent and the morphobiological features of genotypes in the *Oryza sativa* L. collection from various ecological and geographical groups in the conditions of Kuban zone of rice growing]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2018, no. 22 (1), pp. 69–78. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ18.333.
 14. Karachentsev V.V., Kovalev V.C., Zlotnikov A.K. Al'bit v kompleksnoy sisteme zashchity risa [Albite in a comprehensive rice protection system]. *Zashchita i karantin rasteniy* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2018, no. 12, pp. 25–28. (In Russian).
 15. Bezmutko S.V., Sankin A.Yu., Lelyavskaya V.N., I Tal' Sun. Effektivnost' fungitsida Acanto Pluys pri obrabotke vegetiruyushchikh rasteniy risa [The effectiveness of the fungicide Acanto Plus when processing rice vegetans]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik* [Far East Agrarian Bulletin], 2017, no. 2 (42), pp. 7–10. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Лелявская В.Н., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

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

Lelyavskaya V.N., Junior Researcher

Дата поступления статьи 11.02.2020
Received by the editors 11.02.2020

КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ НА НОВЫХ СОРТАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА

Разина А.А., Султанов Ф.С., Дятлова О.Г.

Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Иркутская область, с. Пивовариха, Россия

Для цитирования: Разина А.А., Султанов Ф.С., Дятлова О.Г. Корневая гниль на новых сортах яровой пшеницы при разных сроках посева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 39–46. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-5.

For citation: Razina A.A., Sultanov F.S., Dyatlova O.G. Kornevaya gnil' na novykh sortakh yarovoi pshenitsy pri raznykh srokakh poseva [Root rot in new cultivars of spring wheat depending on sowing dates]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 39–46. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-5.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения устойчивости к корневой гнили среднеспелых сортов яровой пшеницы в лесостепной зоне Иркутской области. Исследования проведены в двухфакторном полевом опыте. Фактор А – среднеспелые сорта яровой пшеницы: Тулунская 11 (контроль), Зоряна, Марсианка, Столыпинка (новые сорта). Фактор В – сроки посева: 10, 20, 30 мая. Предшественник – пар. Площадь опытной делянки 70,0 м². Повторность опыта трехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Распространенность корневой гнили определяли в фазу кушения культуры. В 2018 г. сроки посева не оказали влияния на заболевание в связи с длительной весенне-летней засухой (май–июнь) и более высокой среднесуточной температурой по сравнению со среднесезонными значениями. В засушливых и холодных условиях мая 2019 г. при позднем сроке посева (30 мая) распространенность корневой гнили была существенно ниже, чем при посеве 10 и 20 мая. В 2019 г. зарегистрирован более высокий уровень заболевания, чем в 2018 г., на 14,3%. Отмечены значимые различия в распространенности корневой гнили в оба года исследований между контрольным сортом Тулунская 11 и новыми сортами яровой пшеницы Зоряна и Столыпинка. В фазе кушения у этих сортов показатели заболевания зафиксированы ниже соответственно на 5,6 и 10,5% в 2018 г., на 8,8 и 7,9% в 2019 г. Сорт Марсианка по данному показателю на уровне контроля. Лучшим

ROOT ROT IN NEW CULTIVARS OF SPRING WHEAT DEPENDING ON SOWING DATES

Razina A.A., Sultanov F.S., Dyatlova O.G.

Irkutsk Research Institute of Agriculture

Irkutsk region, Pivovarikha village, Russia

The results of studying resistance of mid-ripening spring wheat cultivars to root rot in the forest-steppe zone of Irkutsk region are presented. The study was conducted in a two-factor field experiment. Factor A – mid-ripening spring wheat cultivars: Tulunskaya 11 (control), Zoryana, Marsianka, Stolypinka (new cultivars). Factor B – seeding dates: May 10, 20, 30, preceded by fallow. The experimental plot area was 70.0 m². The experiment was repeated three times. Plot arrangement was randomized. Root rot prevalence was determined during the tillering phase of the crop. In 2018, the sowing dates did not affect the disease due to the long spring-summer drought (May-June) and a higher average daily temperature compared to long-term average values. In arid and cold conditions of May 2019, with the late sowing period (May 30), root rot prevalence was significantly lower than when sowing on May 10 and 20. In 2019, a higher level of the disease was registered than in 2018 by 14.3%. Significant differences in root rot prevalence in both years of research were noted between the control cultivar Tulunskaya 11 and the new cultivars of spring wheat Zoryana and Stolypinka. In the tillering phase of the latter two, disease indicators were lower by 5.6% and 10.5% in 2018, and by 8.8% and 7.9% in 2019, respectively. Marsianka cultivar was at the control level for this indicator. The best cultivar under study was Stolypinka, which was not only less affected by root rot, but also gave a statistically significant yield increase of 0.16 t/ha in 2018 and 0.22 t/ha in 2019.

из изучаемых отмечен сорт Стольпинка, который не только меньше поражен корневой гнилью, но и дал статистически значимую прибавку урожайности – 0,16 т/га в 2018 г. и 0,22 т/га в 2019 г.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорта, сроки посева, корневая гниль, урожайность

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивный потенциал яровой пшеницы составляет 5–6 т/га, реализацию которого в производстве ограничивает ряд причин, в частности поражение растений вредителями и болезнями [1]. Корневая гниль – одна из вредных организмов, снижающих урожайность культуры. Значительно влияет на ее развитие несоблюдение оптимальных для зоны возделывания сроков посева [2].

Различаются сроки посева яровой пшеницы в зависимости от следующих факторов: погодных условий, зон посева, экспозиций склонов, хозяйственного назначения зерна, состояния физической спелости почвы, предшественников, основного фона обработки почвы, возможности поражения вредителями и болезнями¹.

В XX в. П.А. Яхтенфельд, проанализировав данные производственных опытов и научных учреждений, сделал заключение, что в таежной зоне Западной и Восточной Сибири посевы возможны с 10–12 мая, в отдельные годы позднее. В таежной зоне ранние посевы зерновых культур дают наиболее высокие урожаи и высокое качество зерна. В степной и лесостепной зоне Сибири ранние и сверхранние (апрельские) сроки посева предпочтительны в годы с большими запасами влаги, неглубоким промерзанием почвы и быстрым ее прогреванием, выпадением хозяйственно полезных июньских дождей. Нередко в условиях небольшого весеннего запаса влаги в почве, холодной весны и длительной июньской засухи прибавки

Keywords: spring wheat, cultivars, sowing dates, root rot, yield

урожая получали от более позднего срока сева [3]. В опытах Ф.С. Султанова у сорта Марсианка более высокую продуктивность, качественное зерно и лучшие экономические результаты давали посевы, проведенные 10 и 15 мая. При посеве пшеницы 25 и 30 мая урожайность и качество зерна существенно снижались [4]. В других регионах, например в Курганской области, ранние сроки сева не позволяют получать более высокий урожай пшеницы по сравнению с поздними сроками посева без усиления азотного питания пшеницы и применения гербицидов [5].

Современными исследованиями Е.Ю. Тороповой с коллективом ученых установлена существенная зависимость заселенности почв фитопатогенами и развития почвенных инфекций от гидротермических факторов. Засушливые условия в период кущения – выколашивания приводят к усилению болезни на фоне высокой заселенности почвы фитопатогенами² [6].

Усиление поражения растений корневой гнилью наблюдают в сверхранние сроки сева и в годы с холодной затяжной весной при обычных сроках сева. Это объясняется, по мнению Р.И. Щекочиной, тем, что в ризосфере растений-хозяев под влиянием корневых выделений температурные границы для прорастания конидий заметно расширяются и их массовое прорастание становится возможным при температуре 3–5 °С [7].

Другие авторы показывают, что снижение температуры верхнего слоя почвы на 1,1–6,0 °С, обусловленное накоплением рас-

¹Солодун В.И., Султанов Ф.С. Обоснование оптимальных сроков посева зерновых культур в Иркутской области // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: ИрГАУ, 2018. С. 61–67.

²Торопова Е.Ю., Глинушкин А.П., Селюк М.П. Роль климатических факторов в развитии почвенных инфекций растений // Материалы Международной научно-практической конференции «Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы» (Большие Вяземы Московской области, 5–9 декабря 2016 г.). Большие Вяземы, 2016. С. 329–337.

тительных остатков на технологии No-Till, не приводит к существенному увеличению пораженности растений обыкновенной корневой гнилью [8].

В лесостепи Прибайкалья ранний (апрельский) срок сева способствует снижению распространения возбудителя корневой гнили и индекса развития болезни и повышению урожайности яровой пшеницы [9].

Среди обилия сортов яровой мягкой пшеницы имеются такие, которые характеризуются относительно высокой устойчивостью и толерантностью к корневым гнилям³. Исследования, проведенные в Западной Сибири, не выявили среди исследованных сортов иммунных и устойчивых к фузариозно-гельминтоспориозным корневым гнилям форм⁴ [10]. Из общего ассортимента сортов яровой пшеницы, возделываемых в Сибирском регионе, 18% относительно устойчивы к отдельным почвенным болезням [11]. Корневой гнилью меньше других поражаются среднеспелые сорта [12]. Сорт оказывает большее влияние на корневые гнили, чем технологии выращивания культуры [13]. В Иркутской области вопрос о сроках посева разных видов зерновых культур недостаточно изучен и особенно актуален в связи с районированием новых сортов и их различий по скороспелости (см. сноску 1).

Цель исследований – изучить влияние сроков посева на распространенность корневой гнили на среднеспелых сортах яровой пшеницы в лесостепной зоне Иркутской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на следующих среднеспелых сортах яровой пшеницы: Тулунская 11 (контроль); Зоряна, Марсианка, Столыпинка (новые сорта). Объект исследования – корневая гниль яровой пшеницы,

основными возбудителями которой являются *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.), Shoemaker. Syn., *Helminthosporium sativum* Pammel, C.M. King et Bakke, *Helminthosporium sorokinianum* Sacc., *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. Et P.C. Jain.; виды рода *Fusarium* (*F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. var. *culmorum*, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. var. *avenaceum*, *F. oxysporum* Schltdl. var. *oxysporum*, *F. graminearum* Schwabe и др.); виды рода *Alternaria* (комплекс видов *A. alternata* и др.).

Опыт проводили в 2018–2019 гг. на опытном поле, расположенном в лесостепной зоне Иркутской области. Почва участка серая лесная тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса в слое 0–30 см около 5%, общего азота 0,22, валового фосфора 0,23%, рН_{сол} 5,5, сумма поглощенных оснований 21–25 мг-экв./100 г, гидролитическая кислотность 7,3–8,0 мг-экв./100 г, степень насыщенности основаниями 73–83%; обеспеченность доступными формами фосфора и калия средняя. Агротехника зональная. Предшественник – пар. Площадь опытной делянки 70,0 м². Повторность опыта трехкратная.

Исследования проведены в двухфакторном опыте: фактор А – сорта яровой пшеницы, фактор В – сроки посева 10, 20, 30 мая. Учеты распространенности корневой гнили проведены в фазу кущения яровой пшеницы по методике Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений [14]. Отбор сноповых образцов и их анализ осуществляли по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур⁵.

Учет урожая определен поделочно прямым комбайнированием комбайном «Тегіон». Статистическая обработка данных урожайности зерна, приведенного к 14%-й влажности и 100%-й чистоте, проведена по

³Шешегова Т.К., Харина А.В. Типы устойчивости яровой пшеницы к корневым гнилям и исходный материал для селекции // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2008. № 2. С. 5–6.

⁴Коробов В.А., Черемнова В.А. Корневые гнили на сортах яровой пшеницы в Северной лесостепи Западной Сибири // Материалы Третьего Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем» (Санкт-Петербург, 16–20 декабря 2013). Санкт-Петербург, 2013. Т. 1. С. 245–247.

⁵Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. Вып. 2. С. 5–23.

методике дисперсионного анализа Б.А. Доспехова⁶ с применением пакета прикладных программ Snedecor V5⁷.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в мае в годы исследований способствовали развитию обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы. Распространенность заболевания уже в фазе кущения была высокой и составила в среднем по опыту в 2018 г. 70,4%, в 2019 г. 84,7%.

Вследствие более низкой теплообеспеченности в мае 2019 г., особенно II декады (среднесуточная температура ниже на 4,0 °С), распространенность корневой гнили в опыте

зарегистрирована на 14,3% больше по сравнению с 2018 г. (см. табл. 1, 2). Более благоприятные условия увлажнения по сравнению с 2018 г. в июне 2019 г. (сумма осадков больше на 44,7 мм, или 62,3%) благоприятствовали росту и развитию растений, повышению их выносливости по отношению к заболеванию. Это способствовало формированию более высокого урожая в среднем по опыту на 0,57 т/га (см. табл. 3, 4).

Дисперсионный анализ двухфакторного опыта (см. табл. 1) показал в 2018 г. отсутствие статистически значимой разницы в распространенности корневой гнили при сроках посева 20 и 30 мая по сравнению со

Табл. 1. Распространенность корневой гнили новых сортов яровой пшеницы в зависимости от сроков посева (2018 г.), %

Table 1. Root rot prevalence in new cultivars of spring wheat depending on seeding dates in 2018, %

Сорт (фактор А)	Срок посева (фактор В)			Среднее	Разница по фактору А	Значимость
	10 мая	20 мая	30 мая			
Тулунская 11	77,2	85,0	62,6	74,9	Контроль	–
Зоряна	60,4	76,6	71,0	69,3	–5,6	Да
Марсианка	83,8	59,1	76,2	73,0	–1,9	Нет
Столыпинка	62,6	62,9	67,7	64,4	–10,5	Да
Среднее	71,0	70,9	69,4	70,4	–4,5	»
Разница по фактору В	Контроль	–0,1	–1,6	–0,6		
Значимость		Нет	Нет	Нет		
НСР ₀₅	Фактор А – 4,6, фактор В – 3,9, АВ – 7,9.					

Табл. 2. Распространенность корневой гнили новых сортов яровой пшеницы в зависимости от сроков посева (2019 г.), %

Table 2. Root rot prevalence in new cultivars of spring wheat depending on seeding dates in 2019, %

Сорт (фактор А)	Срок посева (фактор В)			Среднее	Разница по фактору А	Значимость
	10 мая	20 мая	30 мая			
Тулунская 11	83,8	92,1	89,1	88,3	Контроль	–
Зоряна	78,9	79,9	79,7	79,5	–8,8	Да
Марсианка	92,7	91,7	87,6	90,7	2,3	Нет
Столыпинка	85,3	81,1	74,8	80,4	–7,9	Да
Среднее	85,2	86,2	82,7	84,7	–3,6	»
Разница по фактору В	Контроль	1,02	–2,41	–0,464		
Значимость	–	Нет	Да	Нет		
НСР ₀₅	Фактор А – 2,5, фактор В – 2,1, АВ – 4,3.					

⁶Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

⁷Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: Изд-во ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

Табл. 3. Урожайность новых сортов яровой пшеницы в зависимости от сроков посева в 2018 г., т/га
Table 3. Yield of new cultivars of spring wheat depending on seeding dates in 2018, t/ha

Сорт (фактор А)	Срок посева (фактор В)			Среднее по фактору А	Разница	Значимость
	10 мая	20 мая	30 мая			
Тулунская 11	2,29	2,42	2,66	2,46	Контроль	–
Зоряна	2,34	2,51	2,62	2,49	0,03	Нет
Марсианка	2,37	2,57	2,67	2,54	0,08	»
Столыпинка	2,42	2,62	2,81	2,62	0,16	Да
Среднее по фактору В	2,36	2,53	2,69	2,52	0,06	Нет
Разница	Контроль	0,17	0,33	0,16	–	–
Значимость	–	Да	Да	Да	–	–
НСР ₀₅	Фактор А – 0,1, фактор В – 0,11, АВ – 0,20.					

Табл. 4. Урожайность новых сортов яровой пшеницы в зависимости от сроков посева (2019 г.), т/га
Table 4. Yield of new cultivars of spring wheat depending on seeding dates in 2019, t/ha

Сорт (фактор А)	Срок посева (фактор В)			Среднее	Разница	Значимость
	10 мая	20 мая	30 мая			
Тулунская 11	3,12	3,02	2,81	2,99	Контроль	–
Зоряна	3,16	3,13	2,89	3,06	0,07	Нет
Марсианка	3,27	3,21	2,96	3,12	0,15	»
Столыпинка	3,29	3,24	3,07	3,21	0,22	Да
Среднее	3,20	3,15	2,93	3,09	0,11	Нет
Разница	Контроль	–0,05	–0,27	–0,11	–	–
Значимость	–	Нет	Да	Нет	–	–
НСР ₀₅	Фактор А – 0,17, фактор В – 0,15, АВ – 0,29.					

сроком посева 10 мая. В более неблагоприятных условиях мая–июня 2019 г. срок посева 30 мая дал статистически значимое снижение распространенности корневой гнили по сравнению с более ранними сроками посева (см. табл. 2).

Отмечены статистически значимые различия в распространенности корневой гнили в оба года исследований между контрольным сортом Тулунская 11 и новыми сортами яровой пшеницы Зоряна и Столыпинка. У этих сортов распространенность заболевания ниже соответственно на 5,6 и 10,5% в 2018 г., на 8,8 и 7,9% в 2019 г. Сорт Марсианка по данному показателю отмечен на уровне контроля (см. табл. 1, 2).

В 2018 г. сроки посева 20 и 30 мая имели значительное положительное влияние на урожайность по сравнению с контрольным сроком – 10 мая. Наиболее высокая урожай-

ность у всех сортов была получена при сроке сева 30 мая (см. табл. 3). Низкую урожайность при посеве 10 мая можно объяснить малыми запасами продуктивной влаги в почве в весенний период (из-за недостаточного выпадения осадков в августе и сентябре 2017 г.) и засухой в I и II декадах мая. Вследствие этого всходы посевов 10 мая были разреженными, растения ощущали недостаток влаги и тепла, что отрицательно сказалось на закладке основных элементов урожая. Отсутствие агрономически ценных осадков в I декаде июня и их недостаток в дальнейшем в течение этого месяца совпали с фазами развития растений с максимальным водопотреблением, что привело к ослаблению растений. Погодные условия III декады мая зарегистрированы теплыми и влажными. Это при посеве 30 мая способствовало появлению дружных всходов и дальнейшему хорошему развитию растений.

В 2019 г. повышение урожайности по отношению к предыдущему году связано с более благоприятными условиями по теплообеспеченности и увлажнению в I декаде июня. Среднесуточная температура в этот период зарегистрирована на уровне средне-многолетних значений, осадков выпало на 6,8 мм больше по сравнению с этим же периодом в 2018 г. Лучшими сроками посева отмечены 10 и 20 мая. Посев 30 мая производили в сухую почву, поэтому всходы были изреженными, растения попали под засуху и жару во II декаде июня. Это отрицательно сказалось на величине урожая.

В оба года исследований изучаемые сорта были более урожайными по сравнению с контролем Тулунской 11, но статистически достоверная прибавка зарегистрирована только у сорта Столыпинка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2018 г. в условиях длительной весенне-летней засухи (май–июнь) и более высокой среднесуточной температуре по сравнению со среднемноголетними значениями сроки посева не оказали влияния на заболевание. В засушливых и холодных условиях мая 2019 г. распространенность корневой гнили при позднем сроке посева (30 мая) была существенно ниже, чем при посеве 10 и 20 мая. В 2019 г. зарегистрирован более высокий уровень заболевания, чем в 2018 г., на 14,3%.

Новые сорта яровой пшеницы Зоряна и Столыпинка значительно меньше поражались корневой гнилью по сравнению с контрольным сортом Тулунская 11. В фазе кущения у этих сортов распространенность заболевания зарегистрирована ниже соответственно на 5,6 и 10,5% в 2018 г., на 8,8 и 7,9% в 2019 г. Сорт Марсианка по данному показателю на уровне контроля. Лучшим из изучаемых отмечен сорт Столыпинка, который не только меньше поражен корневой гнилью, но и дал статистически значимую прибавку урожайности – 0,16 т/га в 2018 г. и 0,22 т/га в 2019 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Захаренко В.А.* Оценка потенциала фитосанитарии в зерновом производстве // Защита и карантин растений. 2013. № 10. С. 3–7.
2. *Власенко Н.Г., Слободчиков А.А., Теплякова О.И.* Особенности формирования фитосанитарной ситуации в посевах сортов яровой пшеницы сибирской селекции: под ред. академика А.Н. Власенко: монография. Новосибирск: Российская академия сельскохозяйственных наук, Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства, 2010. 92 с.
3. *Яхтенфельд П.А.* Возделывание яровой пшеницы в Сибири: монография. Омск: Омское книжное издательство, 1954. 157 с.
4. *Султанов Ф.С., Юдин А.А., Габдрахимов О.Б.* Продуктивность и качество зерна новых сортов яровой пшеницы в зависимости от норм высева и сроков посева // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 6. С. 22–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10605.
5. *Волынкина О.В., Новоселов В.П., Токарева Р.И.* Эффективность сроков сева яровой мягкой пшеницы в Курганской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2007. № 2. С. 45–48.
6. *Торопова Е.Ю., Глинушкин А.П., Селюк М.П., Казакова О.А., Овсянкина А.В.* Развитие почвенных инфекций у яровой пшеницы и ячменя под влиянием гидротермических стрессов в условиях лесостепи Западной Сибири и Зауралья // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 25–29.
7. *Щекочихина Р.И.* Роль токсинов *Helminthosporium sativum* Pам., King et Bakke в патогенезе корневой гнили // Микология и фитопатология. 1975. Том 9, вып. 6. С. 518–523.
8. *Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Егорычева М.Т., Иванова И.А.* Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Том 49. № 4. С. 5–16. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-1.
9. *Разина А.А., Луценко С.А., Корзинников Ю.С.* Поражение яровой пшеницы вредными организмами в условиях Предбайкалья в зависимости от сроков сева и применения регуляторов роста // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 5. С. 93–99.

10. Торопова Е.Ю., Пискарев В.В., Сухомлинов В.Ю. Корневая гниль на сортах яровой пшеницы в северной лесостепи Приобья // Аграрная наука. 2019. № 1. С. 162–164. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-162-165.
11. Торопова Е.Ю., Соколов М.С. Роль сорта в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы // Агрехимия. 2018. № 11. С. 48–59.
12. Власенко Н.Г., Егорычева М.Т., Иванова И.А. Влияние технологии возделывания на пораженность болезнями новых сортов яровой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 56–63.
13. Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Егорычева М.Т., Иванова И.А. Влияние сорта и технологии возделывания на формирование фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы в лесостепи Приобья // Вестник защиты растений. 2018. № 2. С. 21–28.
14. Танский В.И., Левитин М.М., Ишкова Т.И., Кондратенко В.И. / научные руководители Новожилов К.В., Захаренко В.А. Методы учета вредных организмов. Рекомендации ВИЗР // Защита и карантин растений. 2002. № 3. С. 51–54.
1. Zakharenko V.A. Otsenka potentsiala fitosantarii v zernovom proizvodstve [Assessment of phytosanitary potential in grain production]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2013, no. 10, pp. 3–7. (In Russian).
2. Vlasenko N.G., Slobodchikov A.A., Teplyakova O.I. *Osobennosti formirovaniya fitosanitarnoy situatsii v posevakh sortov yarovoy pshenitsy sibirskoy seleksii* [Features of the phytosanitary situation in the crops of spring wheat varieties of Siberian breeding]. Edited by academician A.N. Vlasenko. Russian Academy of Agricultural Sciences, Siberian Research Institute of Agriculture and Agricultural Chemicalization, Novosibirsk, 2010. 92 p. (In Russian).
3. Yakhtenfeld P.A. *Vozdelyvanie yarovoy pshenitsy v Sibiri* [Spring wheat cultivation in Siberia]. Omsk: Omsk book publishing house, 1954, 157 p. (In Russian).
4. Sultanov F.S., Yudin A.A., Gabdrakhimov O.B. Produktivnost i kachestvo zerna novykh sortov yarovoy pshenitsy v zavisimosti ot norm vyseva i srokov poseva [Dependence of productivity and grain quality of new spring wheat varieties on the seeding rate and sowing term]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2019, no. 6, pp. 22–25. (In Russian) DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10605.
5. Volynkina O.V., Novoselov V.P., Tokareva R.I. Effektivnost srokov seva yarovoy myagkoy pshenitsy v Kurganskoj oblasti [The effectiveness of the timing of sowing spring common wheat in Kurgan region]. *Vestnik Rossiiskoy sel'skokhozyaistvennoy nauki* [Vestnik of the Russian Agricultural Science], 2007, no. 2, pp. 45–48. (In Russian).
6. Toropova E.Yu., Glinushkin A.P., Selyuk M.P., Kazakova O.A., Ovsyankina A.V. Razvitie pochvennykh infektsij u yarovoi pshenitsy i yachmenya pod vlijaniem gidrotermicheskikh stressov v usloviyakh lesostepi Zapadnoi Sibiri i Zauralija [The development of soil infections in spring wheat and barley influenced by hydrothermal stress in conditions of forest-steppe of Western Siberia and the Urals]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* [Russian Agricultural Science], 2018. no. 2, pp. 25–29. (In Russian).
7. Schekochikhina R.I. Rol toksinov *Helminthosporium sativum* Pam., King et Bakke v patogeneze kornevoi gnili [Role of toxins *Helminthosporium sativum* Pam., King et Bakke in pathogenesis of root rot]. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and Phytopathology], 1975, vol. 9, no. 6, pp. 518–523. (In Russian).
8. Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Egorycheva M.T., Ivanova I.A. Fitosanitarnoe sostoyanie posevov yarovoy pshenitsy v zavisimosti ot tekhnologii vozdelevaniya [Phytosanitary condition of spring wheat crops depending on cultivation technology]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 5–16. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-1.
9. Razina A.A., Lutsenko S.A., Korzinnikov Yu.S. Porazheniye yarovoy pshenitsy vrednymi organizmami v usloviyakh Predbaikalia v zavisimosti ot srokov seva i primeneniya regulyatorov rosta [Damage to spring wheat due to harmful organisms in connection with sowing terms and growth regulators application in the conditions of Pre-Baikal region]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2013, no. 5, pp. 93–99. (In Russian).

10. Toropova E.Yu., Piskarev V.V., Sukhomlinov V.Yu. Kornevaya gnil na sortakh yarovoy pshenitsy v severnoy lesostepi Priobiya [Root rot on spring wheat varieties in the Ob region of northern forest-steppe]. *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science], 2019, no. S1. pp. 162–164. (In Russian). DOI:10.32634/0869-8155-2019-326-1-162-165.
11. Toropova E.Yu., Sokolov M.S. Rol sorta v kontrole obyknovennoy kornevoi gnili yarovoy pshenitsy [The role of the variety of spring wheat in root decay control]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], 2018, no. 11, pp. 48–59. (In Russian).
12. Vlasenko N.G., Egorycheva M.T., Ivanova I.A. Vliyaniye tekhnologii vozdeyvaniya na porazhennost boleznyami novykh sortov yarovoy pshenitsy [Influence of cultivation technology on affection of new spring wheat varieties with diseases]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, no. 1, pp. 56–63. (In Russian).
13. Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Egorycheva M.T., Ivanova I.A. Vliyaniye sorta i tekhnologii vozdeyvaniya na formirovaniye fitosanitarnoy situatsii v posevakh yarovoy pshenitsy v lesostepi Priob'ya [Effect of variety and cultivation technology on the formation of phytosanitary situation in crops of spring wheat in forest-steppe of the Ob River region]. *Vestnik zashchity rasteniy* [Plant Protection News], 2018, no. 2, pp. 21–28. (In Russian).
14. Tansky V.I., Levitin M.M., Ishkova T.I., Kondratenko V.I. Metody ucheta vrednykh organizmov. Rekomendatsii VIZR [Methods of control over harmful organisms. VIZR Recommendations]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2002, no. 3, pp. 51–54. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Разина А.А.**, кандидат биологических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 664511, Иркутская область, Иркутский район, с. Пивовариха, ул. Дачная, 14, e-mail: gnu_inish_nauka@mail.ru

Султанов Ф.С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Дятлова О.Г., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Razina A.A.**, Candidate in Science in Biology, Assistant Professor; **address:** 14 Dachnaya St., Pivovarikha village, Irkutsk district, Irkutsk region, 664511, Russia, e-mail: gnu_inish_nauka@mail.ru

Sultanov F.S., Candidate in Science in Agriculture, Senior Researcher

Dyatlova O.G., Researcher

Финансовая поддержка

Работа выполнена в рамках Государственного задания министерства науки и высшего образования РФ (проект 0806-2019-0004).

Дата поступления статьи 12.02.2020

Received by the editors 12.02.2020

ПОВЫШЕНИЕ БАКТЕРИОЦИНОПОДОБНОЙ АКТИВНОСТИ ШТАММА *BACILLUS THURINGIENSIS* ПУТЕМ УЛУЧШЕНИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Калмыкова Г.В., Чешкова А.Ф., Акулова Н.И.

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

Для цитирования: Калмыкова Г.В., Чешкова А.Ф., Акулова Н.И. Повышение бактериоциноподобной активности штамма *Bacillus thuringiensis* путем улучшения состава питательной среды // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 47–56. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-6.

For citation: Kalmykova G.V., Cheshkova A.F., Akulova N.I. Povyshenie bakteriotsinopodobnoi aktivnosti shtamma *Bacillus Thuringiensis* putem uluchsheniya sostava pitatel'noi sredy [Increase of bacteriocin-like activity of *Bacillus Thuringiensis* strain by improving nutriceulture medium composition] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 47–56. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-6.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлена разработка состава питательной среды и оптимальные концентрации входящих в ее состав компонентов для повышения бактериоциноподобной активности штамма *Bacillus thuringiensis* ssp. *dakota*. Для оптимизации базовой питательной среды с целью максимального повышения активности целевого продукта проведены исследования при помощи многофакторного эксперимента с дальнейшей статистической обработкой данных. В качестве факторов оптимизации использовали источники азота (пептон и дрожжевой экстракт) и углерода (глицерин и глюкоза). Контрольной средой выращивания была среда «А», традиционно используемая для культивирования бактерий рода *Bacillus*. Степень влияния изучаемых факторов на резульативный признак определяли с помощью модели множественной линейной регрессии первого порядка, оптимальные соотношения компонентов рассчитывали на основе квадратичной модели. Выявлена способность штамма *Bacillus thuringiensis* ssp. *dakota* продуцировать бактериоциноподобное вещество (BLIS). Установлена зависимость синтеза BLIS от среды культивирования: на безуглеводной среде антимикробная активность BLIS в 1,5 раза ниже активности на среде, содержащей глюкозу и глицерин. Для получения максимальной активности BLIS среду с углеводами оптимизировали с помощью многофакторного эксперимента, выполненного методом ортогональных латинских прямоугольников. Построены математические мо-

INCREASE OF BACTERIOCIN-LIKE ACTIVITY OF *BACILLUS THURINGIENSIS* STRAIN BY IMPROVING NUTRICULTURE MEDIUM COMPOSITION

Kalmykova G.V., Cheshkova A.F., Akulova N.I.

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

The development of the nutriceulture medium composition and the optimal concentrations of its constituent components to increase the bacteriocin-like activity of the strain *Bacillus thuringiensis* ssp. *Dakota* are presented. The study was carried out using a multifactor experiment with further processing of statistical data in order to optimize the basic nutriceulture medium and maximize the activity of the target product. Sources of nitrogen (peptone and yeast extract) and carbon (glycerin and glucose) were used as optimization factors. The control growth medium was medium "A", traditionally used for the cultivation of bacteria of the genus *Bacillus*. The degree of impact of the studied factors on the effective feature was determined using the model of multiple linear regression of the first order, whereby the optimal ratio of the components was calculated on the basis of the quadratic model. The ability of the *Bacillus thuringiensis* ssp. *dakota* strain to produce a bacteriocin-like substance (BLIS) was revealed. The dependence of BLIS synthesis on the cultivation medium was established: on the carbohydrate-free medium, the antimicrobial activity of BLIS was 1.5 times lower than that on the medium containing glucose and glycerin. To obtain maximum BLIS activity, the carbohydrate medium was optimized using a multifactor experiment performed by the method of orthogonal Latin rectangles. Mathematical models of linear regression of the first and second order were constructed depending on the concentration of nutrient medium com-

дели линейной регрессии первого и второго порядка в зависимости от концентрации компонентов питательных сред. Оптимальную концентрацию компонентов определяли на основе регрессионной модели второго порядка, учитывающей эффекты взаимодействия факторов и нелинейность процесса. В результате оптимизации питательной среды определен количественный состав компонентов среды культивирования: пептон – 9 г/л; дрожжевой экстракт – 2,6; глицерин – 5,6 г/л, на которой антимикробная активность BLIS повысилась на 60% по сравнению с активностью на исходной среде. Показано, что синтез BLIS, в отличие от синтеза дельта-эндотоксина, не регулируется катаболитной регрессией углерода.

Ключевые слова: *Bacillus thuringiensis*, бактериоцины, BLIS, среда культивирования, оптимизация

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире расширяется применение ростостимулирующих ризобактерий (PGPR), оказывающих благотворное влияние на рост и развитие растений и снижающих использование химических удобрений и пестицидов [1]. Среди наиболее часто упоминаемых PGPR преобладают штаммы рода *Bacillus* [2].

Энтомопатогенные бактерии *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*), часто встречающиеся в почве, повсеместно применяют для контроля численности насекомых благодаря синтезу параспоровых дельта-эндотоксинов [3]. Некоторые штаммы *B. thuringiensis* продуцируют такие метаболиты, как фитогормоны, фосфатсолибилизирующие ферменты, которые способствуют росту растений в условиях абиотического стресса [4].

В 2009 г. Lee с соавт. впервые показали, что бактериоцин, продуцируемый *B. thuringiensis*, напрямую увеличивал рост растений [5]. Было сделано предположение о создании коммерческого препарата на основе штаммов *B. thuringiensis* для стимуляции роста различных растений [6].

The optimal concentration of the components was determined on the basis of a second-order regression model that takes into account the effects of the interaction of factors and the nonlinearity of the process. As a result of optimization of the nutrient medium, the quantitative composition of the components of the culture medium was determined: peptone – 9 g/l; yeast extract – 2.6; glycerol – 5.6 g/l, on which the antimicrobial activity of BLIS increased by 60% compared with the activity on the initial medium. It was shown that the synthesis of BLIS, unlike the synthesis of delta-endotoxin, is not regulated by catabolite repression of carbon.

Key words: *Bacillus thuringiensis*, bacteriocins, BLIS, nutriculture medium, optimization

При скрининге свыше 70 штаммов *B. thuringiensis* мы определили, что штамм *B. thuringiensis* ssp. *dakota* продуцировал бактериоциноподобные вещества (BLIS). Частично очищенный BLIS этого штамма проявлял антимикробную активность в отношении широкого спектра близкородственных культур, был термоустойчив и стабилен в широком диапазоне pH¹. Инокуляция семян сои и ярового рапса культуральной жидкостью этого штамма привела к повышению биологической урожайности сои на 38%, ярового рапса – на 85%².

Принимая во внимание растущий интерес к промышленному производству бактериоцинов и бактериоциноподобным веществам, наше исследование было сфокусировано на разработке оптимальных условий культивирования штамма *B. thuringiensis* ssp. *dakota*, при которых наиболее полно реализуется их генетически обусловленная способность синтезировать практически ценные вещества. Однако если вопросу оптимизации условий культивирования для повышения продукции дельта-эндотоксина *B. thuringiensis* уделяется большое внимание [7, 8], то ис-

¹Калмыкова Г.В., Чекрыга Г.П., Бурцева Л.И. Новые функции *Bacillus thuringiensis* // Инновации в агропромышленном комплексе: материалы междунар. науч.-практ. форума (Новосибирск, 3–4 июня 2009 г.). Новосибирск, 2009. С. 207–211.

²Калмыкова Г.В., Акулова Н.И., Данилов В.П. Полевая оценка штаммов *Bacillus* для улучшения роста и повышения урожайности кормовых культур // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 12–14 марта 2019 г.). Уфа, 2019. С. 106–111.

следований по синтезу бактериоцинов значительно меньше. В основном они касаются изучения влияния источников углерода и C/N соотношения в питательной среде, а также физических параметров (рН, температура, аэрация) на продукцию бактериоцинов *B. thuringiensis* [9, 10].

Подбор оптимальных условий биотехнологических процессов традиционно основывается на проведении большого количества экспериментов. Оценить влияние многочисленных факторов, от которых зависит выход целевого продукта, и определить их оптимальный уровень помогают математические методы планирования экспериментов, которые значительно снижают количество проводимых опытов. Их применение позволяет оптимизировать питательные среды для повышения синтеза различных метаболитов во многих ферментационных процессах [9].

Цель работы – разработать состав питательной среды и определить оптимальные концентрации входящих в ее состав компонентов для повышения бактериоциноподобной активности штамма *B. thuringiensis* ssp. *dakota* с помощью статистических методов планирования эксперимента и анализа данных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Штамм *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 получен из коллекции культур микроорганизмов ГНЦ ВБ «Вектор» (Новосибирск). Антимикробную активность образцов BLIS оценивали по их действию на грамположительную культуру *Micrococcus lysodeikticus* VKM В-1314 [11].

Бактериальную культуру *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 поддерживали на агаризованной среде «А» (пептон 7 г/л, NaCl 5 г/л, агар 12 г/л) при температуре 4 °С. Инокулят готовили в виде суспензии посевом нескольких отдельных колоний с агаризованной среды в 3 мл среды «А» и выращивали в течение 18 ч при 28 °С. Для отработки состава питательных сред 0,5 мл инокулята засеивали в качалочные колбы Эрленмейера объемом 250 мл, содержащие 50 мл питательной

среды, и культивировали при температуре 28 °С в течение 24 ч на орбитальном шейкере «BioSan» ES-20/60 при 200 об./мин. Исходный состав базовой среды включал пептон 12 г/л, дрожжевой экстракт 12, глицерин 4 г/л. Фосфаты и микроэлементы в базовую среду вносили отдельно. Контрольной средой выращивания была среда «А», традиционно используемая для культивирования бактерий рода *Bacillus* [12].

Критерием оптимизации служила антибактериальная активность BLIS, определяемая методом лунок. Препараты частично очищенного BLIS получали согласно Раик с соавт. [13], 100 мкл приготовленного образца вносили в лунки на свежеприготовленный газон тест-культуры *M. lysodeikticus* VKM В-1314. Чашки Петри оставляли при комнатной температуре для диффузии образцов частично очищенного BLIS в агар, а затем инкубировали при 37 ± 1 °С в течение 24 ч. Антибактериальную активность учитывали по образованию зоны ингибирования роста вокруг лунки. За одну единицу активности (U) принимали 1 мм² зоны ингибирования роста индикаторного штамма. Активность BLIS рассчитывали по формуле $U = \pi d^2/4$ и выражали в условных единицах (у. ед.) [14].

Для оптимизации базовой питательной среды с целью максимального повышения активности целевого продукта проведены исследования при помощи многофакторного эксперимента с дальнейшей статистической обработкой данных. В качестве факторов оптимизации использовали источники азота (пептон и дрожжевой экстракт) и углевода (глицерин и глюкоза). Планирование эксперимента проводили согласно схеме ортогональных латинских прямоугольников. Степень влияния изучаемых факторов на результирующий признак определяли с помощью модели множественной линейной регрессии первого порядка, оптимальные соотношения компонентов рассчитывали на основе квадратичной модели [15].

Статистические расчеты выполняли в программной среде R 3.4.1³ [16].

³R Development Core Team. R. A language and environment for statistical computing. / R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2014. Адрес доступа: <http://www.R-project.org/>

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что наиболее важные компоненты питательных сред – источники азота и углерода, но потребности микроорганизмов в питательных веществах определяются особенностями их метаболизма. Для споруляции и синтеза дельта-эндотоксина штаммами *B. thuringiensis* стандартно применяют среду «А», в состав которой входит пептон и хлорид натрия, без добавления источников углерода [7], так как имеется ряд сообщений, что глюкоза ингибирует рост бактерий, подавляя споруляцию и кристаллообразование катаболитной репрессией [16, 17]. Однако синтез бактериоцинов не регулируется глюкозной катаболитной репрессией [9], поэтому источники углерода являются важными компонентами питательных сред для накопления бактериоцинов или BLIS.

На начальном этапе поиска оптимальной рецептуры питательной среды для повышения активности BLIS выбран исходный фон базовой среды, который предположительно благоприятен для накопления данного целевого продукта, синтезируемого штаммом *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947. В состав исходного фона в качестве источника углерода входил глицерин, азота – пептон и дрожжевой экстракт. Последний рассматривается как подходящий источник не только органического азота, но аминокислот и витаминов. Сравнение образцов BLIS, полученных при культивировании на среде «А» и базовой среде, подтвердило данные о необходимости источников углерода для их синтеза. Антимикробная активность образца BLIS на среде «А» была приблизительно в 1,5 раза ниже активности образца, полу-

ченного на базовой среде (201 *U* и 314 *U* соответственно).

Для оптимизации состава базовой питательной среды проводили многофакторный эксперимент по схеме ортогональных латинских прямоугольников 4 × 3. Данная схема опыта позволила сократить общее количество вариантов опыта, необходимых для построения регрессионных моделей, и получить оценки эффектов компонентов среды первого и второго порядка. Пептон, дрожжевой экстракт, глицерин и глюкозу изучали при трех уровнях концентрации (см. табл. 1).

В результате разработано 18 вариантов сред, для каждой среды опыты проведены в трехкратной повторности (см. табл. 2).

Эффект влияния различных уровней факторов на значение оптимизируемого показателя определяли по формуле

$$E_{ij} = \bar{U}_{ij} - \bar{U}, \quad (1)$$

где E_{ij} – эффект j -го уровня для i -го фактора, \bar{U}_{ij} – среднее значение результирующей величины по тем вариантам опыта, в которых i -й фактор был на j -м уровне, \bar{U} – общее среднее результирующей величины по всем вариантам.

Расчеты показали, что максимальные эффекты по влиянию пептона, дрожжевого экстракта, глицерина и глюкозы соответствовали максимальным значениям их концентраций (см. табл. 3). В таких случаях обычно проводят следующий этап оптимизации со смещением шага концентраций в сторону увеличения. Ранее мы проверили среду, в которых концентрация пептона составляла 12 г/л, дрожжевого экстракта – 7,5 и глицерина – 8 г/л, что соответствовало

Табл. 1. Компоненты среды и их концентрации (г/л) на трех уровнях

Table 1. Medium components and their respective concentration (g/l) at three levels

Компонент среды	Фактор	Уровень, г/л			Единица варьирования
		–1	0	+1	
Пептон	X_1	3,0	6,0	9,0	3,0
Дрожжевой экстракт	X_2	0	2,5	5,0	2,5
Глицерин	X_3	2,0	4,0	6,0	2,0
Глюкоза	X_4	0	1,0	2,0	1,0

Табл. 2. Схема планирования эксперимента и результаты исследования антибактериальной активности образцов BLIS

Table 2. Experiment planning matrix and antibacterial activity of BLIS samples

Номер		Значение факторов				Антибактериальная активность образцов BLIS, U		
опыта	блока	X_1	X_2	X_3	X_4	Фактическая, $U \pm$ статистическая ошибка	Расчетная, \check{U}_1	Расчетная, \check{U}_2
1	1	6,0	2,5	2,0	0	380 ± 10	364	368
2	1	6,0	0	2,0	1,0	380 ± 20	369	368
3	1	6,0	0	6,0	1,0	380 ± 0	458	446
4	1	9,0	2,5	6,0	2,0	491 ± 11	466	463
5	1	9,0	5,0	4,0	2,0	491 ± 0	448	449
6	1	9,0	0	4,0	0	415 ± 21	417	438
7	1	3,0	2,5	2,0	0	346 ± 0	339	340
8	1	3,0	5,0	6,0	1,0	452 ± 11	433	417
9	1	3,0	0	4,0	2,0	415 ± 10	378	381
10	2	6,0	5,0	6,0	0	471 ± 11	453	446
11	2	6,0	0	6,0	2,0	415 ± 0	441	435
12	2	6,0	2,5	4,0	1,0	491 ± 0	408	476
13	2	9,0	5,0	4,0	0	415 ± 0	438	449
14	2	9,0	0	2,0	2,0	346 ± 0	387	331
15	2	9,0	2,5	2,0	1,0	380 ± 0	393	397
16	2	3,0	5,0	6,0	0	415 ± 10	428	417
17	2	3,0	0	4,0	1,0	346 ± 10	373	381
18	2	3,0	2,5	2,0	2,0	314 ± 9	349	340

Табл. 3. Эффект влияния компонентов питательной среды на антибактериальную активность

Table 3. Effects of different medium components on antibacterial activity

Компонент среды	Концентрация, г/л	Антибактериальная активность*, U	Эффект
Пептон	3,0	382	-26
	6,0	419	11
	9,0	423	15
Дрожжевой экстракт	0	405	-3
	2,5	382	-26
	5,0	437	29
Глицерин	2,0	358	-50
	4,0	429	21
	6,0	437	29
Глюкоза	0	407	0
	1,0	405	-3
	2,0	412	4
Среднее по всем опытам		408	

* Среднее значение трех повторностей.

смещению шага концентраций вверх, и не обнаружили повышения активности (неопубликованные данные). Вероятно, оптимальные значения концентраций этих компонентов находятся в пределах определенных нами границ.

Для оценки значимости влияния изучаемых факторов на результативный признак построена модель множественной линейной регрессии вида

$$U_1 = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4, \quad (2)$$

где U_1 – расчетное значение результативного признака, b_0 – константа, b_i – коэффициенты регрессии, X_i – факторы.

По результатам регрессионного анализа (см. табл. 4) получена следующая линейная функция зависимости антибактериальной активности образцов BLIS от компонентов среды:

$$\check{U}_1 = 265,13 + 8,16 \cdot X_1 + 4,18 \cdot X_2 + 19,64 \cdot X_3 + 4,76 \cdot X_4. \quad (3)$$

Табл. 4. Результаты регрессионного анализа для линейной модели первого порядка оценки влияния компонентов среды на антибактериальную активность образцов BLIS**Table 4.** Regression analysis for the first-order linear model of assessing the influence of medium components on the antibacterial activity of BLIS samples

Компонент	Переменные	Коэффициент	Статистическая ошибка	<i>t</i> – значение	<i>p</i>
Константа	b_0	265,13	22,69	11,68	< 0,001***
Пептон	b_1	8,16	2,27	3,60	< 0,01***
Дрожжевой экстракт	b_2	4,18	3,09	1,35	0,18
Глицерин	b_3	19,64	3,52	5,59	< 0,001***
Глюкоза	b_4	4,76	7,49	0,64	0,53

Примечание. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,50$.

*** Значимо на уровне 99%.

Регрессионный анализ показал, что влияние пептона и глицерина на антибактериальную активность образцов BLIS значимо на уровне 99%, в то время как влияние дрожжевого экстракта и глюкозы несущественно. Поскольку для глюкозы также получен несущественный средний эффект, то этот фактор исключен из дальнейшего рассмотрения. Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,50$), измеряющий долю общей дисперсии результативного признака, объясненную регрессионной моделью, указывает на низкое качество линейной модели, в которой не учитываются эффекты взаимодействия факторов и нелинейность процесса.

Для более точного описания зависимости антибактериальной активности от ком-

понентов среды построена полиномиальная модель регрессии второго порядка вида:

$$U_2 = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3, \quad (4)$$

где U_2 – расчетное значение результативного признака, b_0 – константа, b_i , b_{ij} – коэффициенты регрессии, X_i – факторы.

Данную модель оптимизировали методами шагового регрессионного анализа по критерию Акайке для исключения избыточных предикторов [19]. По результатам регрессионного анализа получена следующая квадратичная функция зависимости антибактериальной активности от компонентов питательной среды (см. табл. 5):

Табл. 5. Результаты регрессионного анализа для оптимизированной квадратичной модели оценки влияния компонентов среды на антибактериальную активность образцов BLIS**Table 5.** Regression analysis for the second-order optimized model of assessing the influence of medium components on the antibacterial activity of BLIS samples

Переменные	Коэффициент	Статистическая ошибка	<i>t</i> – значение	<i>p</i>
b_0	56,33	49,00	1,15	0,26
b_1	9,44	1,98	4,76	< 0,01***
b_2	50,70	12,60	4,02	< 0,01***
b_3	115,23	22,53	5,12	< 0,01***
b_{22}	-9,70	2,59	-3,75	< 0,01***
b_{33}	-10,27	2,63	-3,90	< 0,01***

Примечание. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,66$.

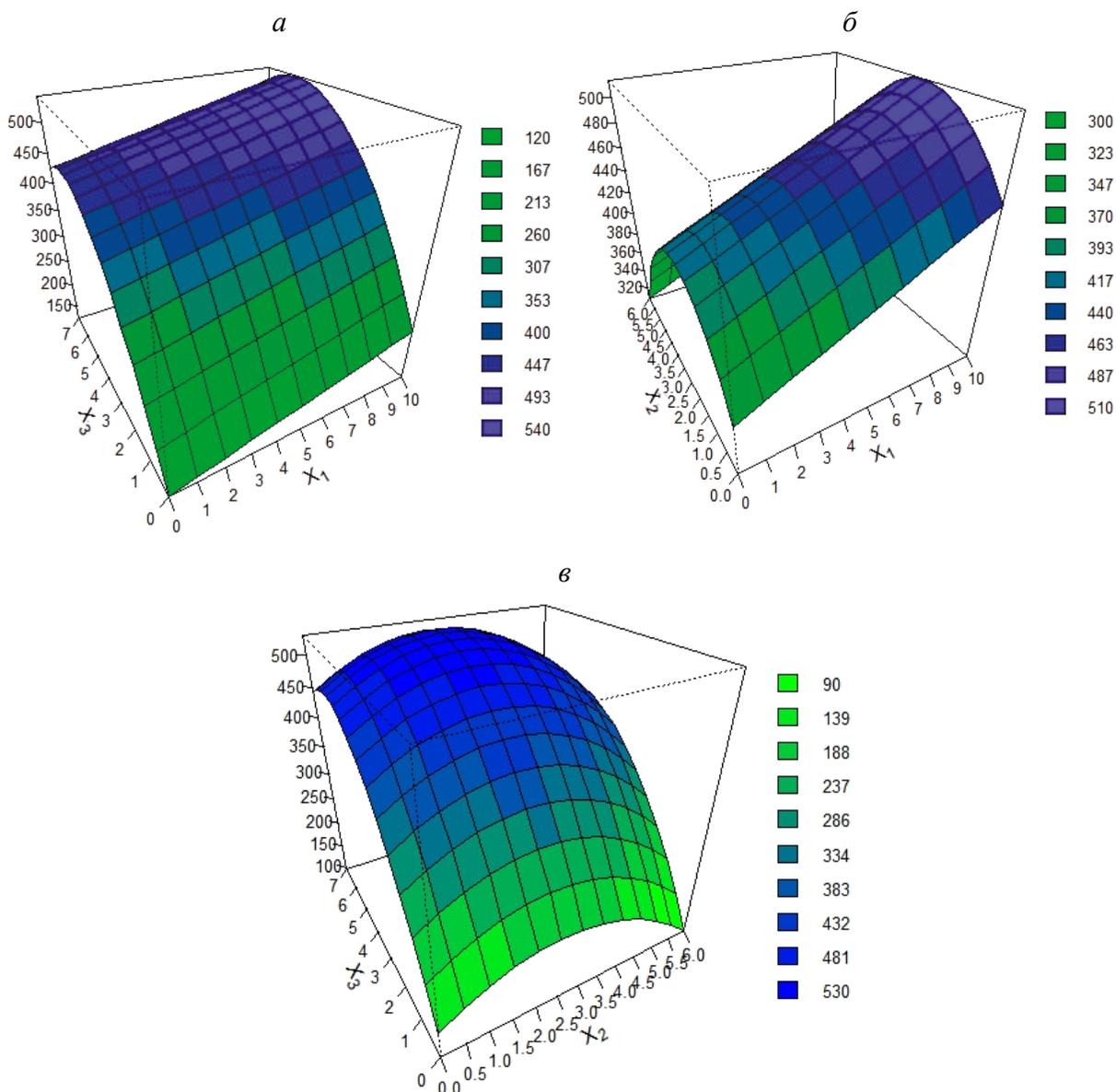
*** Значимо на уровне 99%.

$$\check{U}_2 = 56,33 + 9,44 \cdot X_1 + 50,7 \cdot X_2 + 115,23 \cdot X_3 - 9,7 \cdot X_2^2 - 10,27 \cdot X_3^2, \quad (5)$$

где \check{U}_2 – расчетное значение антибактериальной активности, X_1 – концентрация пептона, X_2 – концентрация дрожжевого экстракта, X_3 – концентрация глицерина.

Коэффициент детерминации данной квадратичной модели ($R^2 = 0,66$) выше, чем у модели первого порядка. Все коэффициенты регрессии значимы на уровне 99%.

Для поиска локального оптимума построены поверхности отклика модели (см. рисунки).



Поверхности отклика продукции антибактериального вещества, выраженного в условных единицах U , как функции от концентрации (г/л) компонентов:

a – пептона – X_1 и дрожжевого экстракта – X_2 при концентрации глицерина 4 г/л; *б* – пептона – X_1 и глицерина – X_3 при концентрации дрожжевого экстракта 2,5 г/л; *в* – дрожжевого экстракта – X_2 и глицерина – X_3 при концентрации пептона 9 г/л

Response surface showing the expected antibacterial activity U as a function of the concentration (g/l) of the components:

a – peptone – X_1 and yeast extract – X_2 where glycerol concentration is 4 g/L; *б* – peptone – X_1 and glycerol – X_3 where yeast extract concentration is 2.5 g/l; *в* – yeast extract – X_2 and glycerol – X_3 where peptone concentration is 9 g/l.

нок), графически отображающие эффекты изучаемых факторов.

Анализ поверхностей отклика показал, что оптимальная концентрация пептона выше максимальной (9 г/л), рассмотренной в опыте. Оптимальная концентрация дрожжевого экстракта находится от 2,5 до 4,5 г/л, глицерина – от 4,0 до 6,0 г/л.

На основании уравнения регрессии зависимости бактерициноподобной активности штамма *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 от концентрации компонентов питательной среды (5), принимая во внимание собственные данные и данные литературы об оптимальном соотношении углерода и азота, с учетом всех данных по уровню концентраций, полученных при оптимизации процесса культивирования, определен следующий состав оптимизированной среды: пептон – 9 г/л, дрожжевой экстракт – 2,6, глицерин – 5,6 г/л.

Сравнительные результаты антибактериальной активности образцов BLIS на среде «А», предназначенной для культивирования штаммов *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 с целью получения спор и белковых параспоральных включений, базовой среде, подходящей для синтеза вторичных метаболитов во время вегетативного роста, и среде, оптимизированной для повышения антибактериальной активности BLIS, приведены в табл. 6.

Оптимизированная среда для культивирования штамма *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 дает возможность повысить антибактериальную активность бактерициноподобного вещества в 1,6 раза по отношению

к активности этого вещества на многокомпонентной базовой среде, и в 2,5 раза по сравнению с его активностью на исходной среде «А».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что для синтеза бактерициноподобного вещества штаммом *B. thuringiensis* в среде культивирования должны присутствовать источники как азота, так и углерода. Оптимизация состава базовой питательной среды, проведенная с помощью многофакторного эксперимента, позволила определить количественный состав компонентов среды культивирования: пептон – 9 г/л, дрожжевой экстракт – 2,6, глицерин – 5,6 г/л. При выращивании штамма *B. thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 на этой среде антибактериальная активность бактерициноподобного вещества увеличилась на 60%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ahmad M., Pataczek L., Hilger T., Zahir Z., Hussain A., Rasche F., Schafleitner R., Solberg S. Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. P. 2992. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02992.
2. Cherif-Silini H., Silini A., Yahiaoui B., Ouzari I., Boudabous A. Phylogenetic and plant-growth-promoting characteristics of *Bacillus* isolated from the wheat rhizosphere // *Annals of Microbiology*. 2016. Vol. 66. P. 1087–1097. DOI: 10.1007/s13213-016-1194-6.
3. Fiuza L.M., Polanczyk R.A., Crickmore N. *Bacillus thuringiensis* and *Lysinibacillus sphaericus*. Characterization and use in the field of biocontrol // Springer International Publishing AG. 2017. 289 p. DOI 10.1007/978-3-319-56678-8.
4. Armada E., Probanza A., Roldan A., Azcon R. Native plant growth promotion bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in lavender plants // *Journal of Plant Physiology*. 2015. Vol. 192. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.11.007/

Табл. 6. Сравнительная характеристика активности штамма *B.thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 на разных средах

Table 6. Evaluation of BLIS production by *B.thuringiensis* ssp. *dakota* В-947 on different mediums

Вариант питательной среды	Антибактериальная активность образцов BLIS, U
Среда А	201
Базовая	314
Оптимизированная среда	498

5. Lee K., Gray E., Mabood F., Jung W., Charles T., Clark S., Ly A., Souleimanov A., Zhou X., Smith D. The class II bacteriocin thuricin-17 increases plant growth // *Planta*. 2009. Vol. 229. P. 747–755. DOI: 10.1007/s00425-008-0870-6.
6. Jouzani G. et al. *Bacillus thuringiensis*: a successful insecticide with new environmental features and tidings // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2017. Vol. 101. P. 2691–2711. DOI: 10.1007/s00253-017-8175-y.
7. Ben Khedher S., Jaoua S., Zouari N. Application of statistical experimental design for optimisation of bioinsecticides production by sporeless *Bacillus thuringiensis* strain on cheap medium // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2013. Vol. 44. P. 927–933.
8. Ennouri K., Ben Ayed R., Triki M.F., Ottaviani E., Mazzarello F., Zouari N. Multiple linear regression and artificial neural networks for delta-endotoxin and protease yields modeling of *Bacillus thuringiensis* // *3 Biotech*. 2017. Vol. 7. P. 187. DOI: 10.1007/s13205-017-0799-1.
9. Kamoun F., Zouari N., Saadaoui I., Jaoua S. Improvement of *Bacillus thuringiensis* bacteriocin production through culture conditions optimization // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2009. Vol. 39. P. 400–412.
10. Martinez-Cardenas J.A., de la Fuente-Salcido N.M., Salcedo-Hernandez R., Bideshi D.K., Barboza-Corona J.E. Effects of physical culture parameters on bacteriocin production by Mexican strains of *Bacillus thuringiensis* after cellular induction // *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2012. Vol. 39. P. 183–189. DOI: 10.1007/s10295-011-1014-8.
11. Юдина Т., Милько Е., Егоров Н.С. Чувствительность диссоциантов *Micrococcus luteus* к действию эндотоксинов *Bacillus thuringiensis* // *Микробиология*. 1996. Т. 65. № 3. С. 365–369.
12. Бациллы. Генетика и биотехнология: пер. с англ. / под ред. К. Харвуда. М.: Мир, 1992. 531 с.
13. Paik H.D., Bae S.S., Park S.H., Pan J.G. Identification and partial characterization of tochicin, a bacteriocin produced by *Bacillus thuringiensis* ssp. *tochigiensis* // *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 1997. Vol. 19. P. 294–298.
14. De la Fuente-Salcido N., Alanís-Guzmán Ma.G., Bideshi D.K., Salcedo-Hernández R., Bautista-Justo M., Barboza-Corona J.E. Enhanced synthesis and antimicrobial activities of bacteriocins produced by Mexican strains of *Bacillus thuringiensis* // *Archives of Microbiology*. 2008. Vol. 190. P. 633–640.
15. Montgomery D.C. *Design and analysis of experiments*, 8th edition. / New York: Wiley. 2012. 752 p.
16. Ben Khedher S., Jaoua S., Zouari N. Overcome of carbon catabolite repression of bioinsecticides production by sporeless *Bacillus thuringiensis* through adequate fermentation technology // *Biotechnology research international*. 2014. Vol. Article ID 698587. DOI: 10.1155/2014/698587.
17. Ghribi D., Zouari N., Trabelsi H., Jaoua S. Improvement of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin production by overcome of carbon catabolite repression through adequate control of aeration // *Enzyme and Microbial Technology*. 2007. Vol. 40. N 4. P. 614–622.
18. Akaike H. A new look at the statistical model identification. // *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974. Vol. 19. P. 716–723. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705.

REFERENCES

1. Ahmad M., Pataczek L., Hilger T., Zahir Z., Husain A., Rasche F., Schaffleitner R., Solberg S. Perspectives of microbial inoculation for sustainable development and environmental management. *Frontiers in Microbiology*, 2018, vol. 9, pp. 2992. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02992.
2. Cherif-Silini H., Silini A., Yahiaoui B., Ouzari I., Boudabous A. Phylogenetic and plant-growth-promoting characteristics of *Bacillus* isolated from the wheat rhizosphere. *Annals of Microbiology*, 2016, vol. 66, pp. 1087–1097. DOI: 10.1007/s13213-016-1194-6.
3. Fiuza L.M., Polanczyk R.A., Crickmore N. *Bacillus thuringiensis* and *Lysinibacillus sphaericus*. Characterization and use in the field of biocontrol. *Springer International Publishing AG*. 2017. 289 p. DOI: 10.1007/978-3-319-56678-8.
4. Armada E., Probanza A., Roldan A., Azcon R. Native plant growth promotion bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in lavender dentate plants. *Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 192, pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.11.007/

5. Lee K., Gray E., Mabood F., Jung W., Charles T., Clark S., Ly A., Souleimanov A., Zhou X., Smith D. The class IId bacteriocin thuricin-17 increases plant growth. *Planta*, 2009, vol. 229, pp. 747–755. DOI: 10.1007/s00425-008-0870-6.
6. Jouzani G. et al. *Bacillus thuringiensis*: a successful insecticide with new environmental features and tidings. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2017, vol. 101, pp. 2691–2711. DOI: 10.1007/s00253-017-8175-y.
7. Ben Khedher S., Jaoua S., Zouari N. Application of statistical experimental design for optimisation of bioinsecticides production by sporeless *Bacillus thuringiensis* strain on cheap medium. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2013, vol. 44, pp. 927–933
8. Ennouri K., Ben Ayed R., Triki M.F., Ottaviani E., Mazzarello F., Zouari N. Multiple linear regression and artificial neural networks for delta-endotoxin and protease yields modeling of *Bacillus thuringiensis*. *3 biotech*, 2017, vol. 7, pp. 187. DOI: 10.1007/s13205-017-0799-1.
9. Kamoun F., Zouari N., Saadaoui I., Jaoua S. Improvement of *Bacillus thuringiensis* bacteriocin production through culture conditions optimization. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2009, vol. 39, pp. 400–412.
10. Martinez-Cardenas J.A., de la Fuente-Salcido N.M., Salcedo-Hernandez R., Bideshi D.K., Barboza-Corona J.E. Effects of physical culture parameters on bacteriocin production by Mexican strains of *Bacillus thuringiensis* after cellular induction. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2012, vol. 39, pp. 183–189. DOI: 10.1007/s10295-011-1014-8.
11. Yudina T., Mil'ko E., Egorov N.S. Chuvstvitel'nost' dissotsiantov *Micrococcus luteus* k deistviyu endotoksinov *Bacillus thuringiensis* [Sensitivity of *Micrococcus luteus* dissociants to the action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 1996, vol. 65, no. 3, pp. 365–369. (In Russian).
12. Batsilly. *Genetika i biotekhnologiya: per. s angl. / pod red. K. Kharvuda*. [Genetics and biotechnology]. M.: Mir Publ., 1992, 531 p. (In Russian).
13. Paik H.D., Bae S.S., Park S.H., Pan J.G. Identification and partial characterization of tochicin, a bacteriocin produced by *Bacillus thuringiensis* ssp.tochigiensis. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 1997, vol. 19, pp. 294–298.
14. De la Fuente-Salcido N., Alanís-Guzmán Ma.G., Bideshi D.K., Salcedo-Hernández R., Bautista-Justo M., Barboza-Corona J.E. Enhanced synthesis and antimicrobial activities of bacteriocins produced by Mexican strains of *Bacillus thuringiensis*. *Archives of Microbiology*, 2008, vol. 190, pp. 633–640.
15. Montgomery D.C. Design and analysis of experiments, 8th edition. New York: Wiley, 2012, 752 p.
16. Ben Khedher S., Jaoua S., Zouari N. Overcome of carbon catabolite repression of bioinsecticides production by sporeless *Bacillus thuringiensis* through adequate fermentation technology. *Biotechnology research international*, 2014, vol. Article ID 698587. DOI: 10.1155/2014/698587.
17. Ghribi D., Zouari N., Trabelsi H., Jaoua S. Improvement of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin production by overcome of carbon catabolite repression through adequate control of aeration. *Enzyme and Microbial Technology*, 2007, vol. 40, no 4, pp. 614–622.
18. Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1974, vol. 19, pp. 716–723. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Чешкова А.Ф., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник; e-mail: cheshanna@yandex.ru

Акулова Н.И., старший научный сотрудник; e-mail: akulova_ni@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

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

Cheshkova A.F., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher; e-mail: cheshanna@yandex.ru

Akulova N.I., Senior Researcher; e-mail: akulova_ni@ngs.ru

Дата поступления статьи 18.12.2019
Received by the editors 18.12.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-7

УДК: 636.2.034

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА ПЕРВОГО ОСЕМЕНЕНИЯ И ЖИВОЙ МАССЫ НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ

Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л.

Иркутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Иркутская область, с. Пивовариха, Россия

Для цитирования: Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л. Влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 57–63. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-7.

For citation: Petrukhina L.L., Belozertseva S.L. Vliyanie vozrasta pervogo osemneniya i zhivoi massy na molochnuyu produktivnost' korov [Influence of the age at the first insemination and live weight on milk productivity of cows]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 57–63. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-7.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены материалы многолетних (2008–2018) исследований воспроизводительной функции крупного рогатого скота черно-пестрой породы прибайкальского типа в Иркутской области. Изучено влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность, на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие коров. Эксперимент проведен по материалам хозяйства-оригинатора по разведению скота прибайкальского типа на группах коров разного возраста: до 14–20 мес и старше. Наилучший удой по первой лактации имели коровы, осемененные в 16 мес (7917 кг). Наибольший удой получили от коров, осемененных с живой массой 401–410 кг. Молочная продуктивность телок составила 7902 кг по первой лактации, 8792 – по второй и 8710 кг по третьей. Выявлено положительное влияние возраста первого плодотворного осеменения и живой массы при первом осеменении на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие коров. Большой продолжительностью продуктивного использования обладали коровы, возраст первого

INFLUENCE OF THE AGE AT THE FIRST INSEMINATION AND LIVE WEIGHT ON MILK PRODUCTIVITY OF COWS

Petrukhina L.L., Belozertseva S.L.

Irkutsk Research Institute of Agriculture
Irkutsk region, Pivovarikha village, Russia

The materials of the long-term (2008–2018) research into the reproductive function of cattle of the black-and-white breed of Baikal type in Irkutsk region are presented. The influence of the age at the first insemination and live weight on cows' milk productivity, lifelong productivity and productive longevity was studied. The experiment was conducted on the basis of materials from the breeder-farm for breeding cattle of Baikal type on the groups of cows of different ages: up to 14–20 months and older. Cows inseminated at 16 months (7917 kg) had the best milk yield in the first lactation. The largest milk yield was obtained from inseminated cows with live weight of 401–410 kg. Milk production of these heifers was 7902 kg in the first lactation, 8792 kg – in the second and 8710 kg – in the third. It was revealed that age of cows and their live weight at the first successful insemination had a positive effect on the lifelong productivity and productive longevity of cows. Cows whose age at the first successful insemination was 15 or 16 months had a longer duration of productive use (productive life span of animals was 2561–2558 days, respectively). The highest lifelong productivity

плодотворного осеменения которых составил 15, 16 мес (продуктивная продолжительность жизни животных 2561–2558 дней соответственно). От коров этой группы получена наибольшая пожизненная продуктивность (34 379–34 585 кг). Определена экономическая эффективность пожизненного производства молока в зависимости от возраста первого осеменения. Наибольшую пожизненную молочную продуктивность получили от коров, которые в первый раз осеменены в возрасте 15–16 мес, от этих коров получили наибольшую выручку от дополнительной продукции (366 058–370 480 руб. на одну голову). Полученные результаты позволяют разработать эффективные приемы повышения воспроизводительной способности крупного рогатого скота.

Ключевые слова: воспроизводительная способность, возраст первого осеменения, продуктивное долголетие, пожизненная продуктивность

ВВЕДЕНИЕ

Достижение устойчивого роста производства продукции животноводства возможно при интенсивном воспроизводстве маточного поголовья крупного рогатого скота [1]. Один из главных показателей эффективности отрасли – уровень молочной продуктивности. Высокое напряжение организма животных во время лактации приводит к снижению воспроизводительных способностей и, как правило, к сокращению продуктивного долголетия коров [2].

Интенсивное ведение молочного скотоводства часто сопровождается сокращением сроков продуктивного использования коров, что снижает рентабельность отрасли [3]. Продолжительное использование коров дает возможность на более высоком уровне вести селекционно-племенную работу, сокращать материальные затраты на выращивание и формирование основного стада, увеличивать эффективность производства продукции животноводства и повышать ее качество [4]. Основная задача в молочном скотоводстве – выявление, изучение, повышение пожизненной продуктивности и плодовитости животных.

Цель исследований – определить влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров.

(34379–34585 kg) was obtained from the cows of this group. The economic efficiency of lifelong milk production was determined depending on the age of the first insemination. The highest lifelong milk productivity was obtained from cows, which were first inseminated at the age of 15–16 months. The largest revenue from sales of additional products was also received from the cows of this group (366,058–370,480 roubles per head). The results obtained allow to develop effective methods for increasing reproductive capacity of cattle.

Keywords: reproductive capacity, the age of the first insemination, productive longevity, lifelong productivity

Задачи исследований:

- изучить влияние возраста первого плодотворного осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров-первотелок;
- изучить влияние возраста первого осеменения на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие коров;
- дать оценку экономической эффективности пожизненной молочной продуктивности коров в зависимости от возраста первого осеменения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом исследований послужили данные животных из программы племенного учета «Селэкс» хозяйства-оригинатора по разведению скота прибайкальского типа черно-пестрой породы АО «Железнодорожник» Иркутской области. На протяжении периода эксперимента кормовая база полностью сбалансирована по всем питательным веществам. При выполнении работы использованы общепринятые зоотехнические, аналитические, вариационно-статистические и экономические методы исследований.

Все полученные результаты обработаны на основе частных методик популяционной генетики и математической статистики на персональном компьютере с использовани-

ем соответствующих программ (Microsoft Excel, Snedecor V5).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Молочная продуктивность зависит от множества паратипических факторов. Основные из них – возраст телок при первом осеменении и живая масса (см. табл. 1, 2).

Многие ученые, изучавшие вопросы о влиянии различных факторов на молочную продуктивность, отмечают, что молочная продуктивность коров находится в тесной зависимости от возраста первого осеменения. Рано оплодотворенные телки после отела дают меньше молока, чем животные с более поздними сроками осеменения¹.

Табл. 1. Зависимость молочной продуктивности коров-первотелок от возраста плодотворного осеменения

Table 1. Dependence of milk productivity of first-calf cows on the age of successful insemination

Возраст плодотворного осеменения, мес	Продуктивность за 305 дней					
	Удой, кг		МДЖ, %		МДБ, %	
	$\bar{x} \pm S_x$	Cv, %	$\bar{x} \pm S_x$	Cv	$\bar{x} \pm S_x$	Cv
До 14	7784 ± 71	15,8	3,82 ± 0,002	1,0	3,19 ± 0,001	0,2
15	7860 ± 91	16,0	3,82 ± 0,003	1,0	3,20 ± 0,004	0,23
16	7917 ± 96	15,4	3,83 ± 0,003	1,0	3,20 ± 0,001	0,16
17	7701 ± 122	16,6	3,82 ± 0,005	1,4	3,20 ± 0,001	0,17
18	7304 ± 154	15,6	3,77 ± 0,01	2,5	3,20 ± 0,001	0,19
19	7386 ± 184	15,1	3,76 ± 0,02	2,5	3,20 ± 0,001	0,19
20 и старше	6950 ± 229	18,9	3,72 ± 0,01	2,1	3,20 ± 0,001	0,2

Табл. 2. Влияние живой массы на молочную продуктивность при первом плодотворном осеменении

Table 2. Influence of live weight at the first successful insemination on milk productivity

Живая масса, кг	Средняя живая масса, кг	Удой за 305 дней, кг	МДЖ, %
<i>Первая лактация</i>			
До 380	376 ± 0,3	7572 ± 157	3,80 ± 0,008
381–390	385 ± 0,2	7630 ± 86	3,80 ± 0,005
391–400	395 ± 0,2	7689 ± 91	3,82 ± 0,003
401–410	404 ± 0,2	7902 ± 86	3,81 ± 0,004
411–420	415 ± 0,3	7842 ± 112	3,82 ± 0,004
421 и более	425 ± 0,4	7392 ± 138	3,81 ± 0,005
<i>Вторая лактация</i>			
До 380	376 ± 0,3	8505 ± 204	3,82 ± 0,006
381–390	385 ± 0,3	8573 ± 136	3,80 ± 0,007
391–400	395 ± 0,3	8631 ± 145	3,80 ± 0,007
401–410	406 ± 0,3	8792 ± 162	3,81 ± 0,006
411–420	415 ± 0,6	8781 ± 156	3,82 ± 0,004
421 и более	425 ± 0,3	8500 ± 248	3,81 ± 0,006
<i>Третья лактация</i>			
До 380	376 ± 0,4	8664 ± 220	3,82 ± 0,003
381–390	385 ± 0,3	8654 ± 190	3,82 ± 0,003
391–400	395 ± 0,3	8362 ± 166	3,82 ± 0,002
401–410	406 ± 0,4	8710 ± 275	3,82 ± 0,002
411–420	415 ± 0,4	8495 ± 223	3,82 ± 0,002
421 и более	426 ± 0,8	8318 ± 376	3,81 ± 0,004

¹Изюлов Ю.С. Практикум по скотоводству. М.: Агропромиздат, 1989. 185 с

Анализ связи молочной продуктивности животных с возрастом их плодотворного осеменения показал, что самая низкая продуктивность по первой лактации отмечена у тех первотелок, которые осеменены в 19, 20 мес и старше (6950–7386 кг). Наилучший удой по первой лактации имели коровы, осемененные в 16 мес (7917 кг). Телочки, плодотворно осемененные в возрасте до 14, 15, 17 и 18 мес, имели удой за 305 дней лактации на 133, 57, 216, 613 меньше.

В значительной степени продуктивность и долголетие коров зависят от живой массы при первом отеле. Однако увеличение живой массы лишь до определенного предела сопровождается повышением удоя, дальнейшее повышение живой массы за пределами этого оптимума не ведет к повышению продуктивности, у очень крупных коров удои даже снижаются².

Живая масса телок оказывает большее влияние на способность их к воспроизводству, чем их возраст. Независимо от возраста половая зрелость наступает тогда, когда живая масса телки достигает прибли-

зительно 40–45% от будущей живой массы во взрослом состоянии. Первое осеменение рекомендуется проводить при достижении телкой 60–65% ее живой массы во взрослом состоянии. В системах выращивания телок во многих странах мира, включая Россию, 24-месячный возраст при первом отеле стал целью при планировании роста и развития животных [5–7].

На основе анализа данных табл. 2, при первом плодотворном осеменении наименьшей молочной продуктивностью обладали коровы с живой массой 421 кг и выше. По первой лактации молочная продуктивность этой группы составила 7392 кг, по второй – 8500, по третьей и старше – 8318 кг с массовой долей жира 3,81%. Наибольший удой получили от коров, осемененных с живой массой 401–410 кг. Их продуктивность составила 7902 кг по первой лактации, 8792 – по второй и 8710 кг по третьей.

Одним из основных факторов, оказывающим влияние на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие коров, является возраст первого осеменения (см. табл. 3).

Табл. 3. Влияние возраста первого осеменения на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие коров

Table 3. Influence of the first insemination age on lifelong productivity and productive longevity of cows

Возраст первого осеменения, мес	Продолжительность жизни		Пожизненная продуктивность			Живая масса при первом осеменении, кг	Удой на один день жизни, кг
	дней	лактаций	удой, кг	жир, %	белок, %		
$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$							
До 14	2450 ± 19	4,3 ± 0,05	30295 ± 397	3,79 ± 0,002	3,19 ± 0,001	384 ± 3,9	12,4 ± 0,15
15	2561 ± 26	4,7 ± 0,07	34379 ± 565	3,74 ± 0,003	3,18 ± 0,001	398 ± 3,7	13,4 ± 0,18
16	2558 ± 27	4,6 ± 0,07	34585 ± 583	3,71 ± 0,003	3,18 ± 0,001	400 ± 4,1	13,5 ± 0,18
17	2358 ± 19	4,2 ± 0,05	30261 ± 334	3,71 ± 0,002	3,18 ± 0,001	391 ± 2,0	12,8 ± 0,09
18	2269 ± 78	3,9 ± 0,02	28448 ± 149	3,78 ± 0,005	3,18 ± 0,001	396 ± 5,5	12,5 ± 0,4
19	2023 ± 85	3,5 ± 0,02	21623 ± 151	3,76 ± 0,008	3,19 ± 0,001	381 ± 7,8	10,7 ± 0,5
20 и старше	1843 ± 36	2,9 ± 0,08	19025 ± 571	3,78 ± 0,004	3,18 ± 0,001	400 ± 4,5	10,3 ± 0,2

²Петрухина Л.Л., Белозерцева С.Л. Влияние возраста первого отела на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие // III Междунар. науч.-практ. конф. «Научное обеспечение животноводства Сибири» 16–17 мая 2019 г. Красноярск. С. 201–204.

Табл. 4. Эффективность пожизненного производства молока в зависимости от возраста первого осеменения

Table 4. Efficiency of lifelong milk production depending on the age of the first insemination

Показатель	Возраст коровы при первом осеменении, мес						
	до 14	15	16	17	18	19	20 и старше
Молоко базисной жирности и белковости, кг	32 807	37 229	37 430	32 713	30 789	23 396	20 590
Прибавка к основной продукции:	кг	12 217	16 639	16 840	12 123	10 199	2806
	%	59,3	80,8	81,8	58,9	49,5	13,6
Цена реализации 1 кг молока, руб.	22,0						
Стоимость дополнительной продукции в расчете на одну голову, руб.	268 774	366 058	370 480	266 706	224 378	61 732	–

Максимальная продолжительность продуктивного использования отмечена у животных, у которых возраст первого плодотворного осеменения составил 15–16 мес, продолжительность жизни у этих животных 2561–2558 дней соответственно при достоверной разнице ($p \geq 0,90$). В этом варианте зарегистрирован самый максимальный удой, на один день жизни он составил 13,4–13,5 кг. За период использования получили 34 379–34 585 кг молока при жирности 3,77–3,78% и белковомолочности 3,18%. Также наибольшая пожизненная продуктивность получена от коров, возраст первого осеменения которых составил 15–16 мес (34 379–34 585 кг).

Наименьшая пожизненная продуктивность (21 623–19 025 кг) и возраст продуктивного использования (3,5–2,9 лактаций) отмечены у коров, осемененных соответственно в 19 и 20 мес и старше.

При сравнении группы животных с возрастом первого осеменения до 14 мес с группой 16 мес установлена разница в пользу коров-первотелок, растелившихся в возрасте 16 мес. Она составляет 4290 кг, однако разница статистически не достоверна.

Рассчитана экономическая эффективность использования коров в зависимости от возраста первого осеменения (см. табл. 4). За контроль взята продуктивность коров, впервые осемененных в 20 мес и старше.

До отела телок (нетелей) расходы на выращивание не компенсируются продукцией. Окупаемость таких затрат наступает после отела коров-первотелок. Финансовые потери, связанные с более поздним отелом (старше 24–25 мес), связаны с увеличением расходов на выращивание [8–10].

Наибольшую выручку от дополнительной продукции хозяйство получило от коров, осемененных в возрасте 15–16 мес (366 058–370 480 руб. на одну голову). Наименьшую прибавку к основной продукции получили от коров, осемененных в возрасте 19, 20 мес и старше.

От коров, осемененных в возрасте 19 мес, получили на 308 748 руб. на одну голову меньше, чем от коров, осемененных в 16 мес и в возрасте 20 мес и старше – меньше на 370 480 руб.

ВЫВОДЫ

1. На молочную продуктивность коров-первотелок и дальнейшую их пожизненную продуктивность влияют возраст первого осеменения и живая масса коров при первом плодотворном осеменении.

2. Коровы с возрастом первого осеменения 15–16 мес превосходили по продуктивному долголетию и пожизненной молочной продуктивности коров с меньшим или большим возрастом первого плодотворного осеменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афтеньева А.В. Особенности кормления коров в период раздоя // Молодежь и наука. 2012. № 1. С. 137–140.
2. Вильвер Д.С. Влияние живой массы и возраста первого осеменения телок на молочную продуктивность // Ветеринарный врач. 2007. № 3. С. 63–65.
3. Дунин И.М. Новые вызовы и реалии развития молочного скотоводства в России // Генетика и разведение животных. 2015. № 3. С. 57–62.
4. Сарапкин В.Г., Алешкина С.В. Продуктивное долголетие коров в зависимости от паратипических факторов // Зоотехния. 2007. № 8. С. 4–7.
5. Кудрин М.Р., Ижболдина С.Н., Фефилова Е.А. Технология содержания и кормления телят с соблюдением параметров микроклимата в телятнике // Общественные науки. 2013. № 6. С. 48–55.
6. Стрекозов Н.И., Амерханов Х.А., Первов Н.Г. Молочное скотоводство России: монография. М., 2013. 616 с.
7. Стрекозов Н.И., Сельцов В.И. Селекционные аспекты адаптивной технологии интенсивного молочного скотоводства при создании высокопродуктивных стад: монография. М., 2013. 104 с.
8. Амерханов Х.А., Стрекозов Н.И. Научное обеспечение конкурентности молочного скотоводства // Молочное и мясное скотоводство (спецвыпуск), 2012. С. 2–6.
9. Ижболдина С.Н., Кудрин М.Р., Фефилова Е.А. Живая масса ремонтных телок черно-пестрой породы и ее взаимосвязь с молочной продуктивностью и генетическим потенциалом // Аграрная Россия. 2013. № 7. С. 17–19.
10. Кудрин М.Р., Ижболдина С.Н. Влияние технологии содержания и кормления ремонтных телок черно-пестрой породы на молочную продуктивность коров // Аграрная Россия. 2011. № 5. С. 40–43.

REFERENCES

1. Aften'eva A.V. Osobennosti kormleniya korov v period razdoya [Features of feeding cows during milking]. *Molodezh' i nauka* [Youth and Science], 2012, no. 1, pp. 137–140. (In Russian).

2. Vil'ver D.S. Vliyanie zhivoi massy i vozrasta pervogo osemneniya telok na molochnyuyu produktivnost' [Effect of live weight and the age of first insemination of heifers on milk productivity]. *Veterinarnyi vrach* [The Veterinary Vrach journal], 2007, no. 3, pp. 63–65. (In Russian).
3. Dunin I.M. Novye vyzovy i realii razvitiya molochnogo skotovodstva v Rossii [New challenges and realities of development of dairy cattle breeding in Russia]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh* [Genetics and Animal Breeding], 2015, no. 3, pp. 57–62. (In Russian).
4. Sarapkin V.G., Aleshkina S.V. Produktivnoe dolgoletie korov v zavisimosti ot paratipicheskikh faktorov [Productive longevity of cows depending on paratypic factors]. *Zootekhnija* [Zootechniya], 2007, no. 8, pp. 4–7. (In Russian).
5. Kudrin M.R., Izhboldina S.N., Fefilova E.A. Tekhnologiya soderzhaniya i kormleniya telyat s soblyudeniem parametrov mikroklimate v telyatnike [The technology of keeping and feeding calves in compliance with microclimate parameters in a calf-shed]. *Obshchestvennye nauki* [Social Sciences], 2013, no. 6, pp. 48–55. (In Russian).
6. Strekozov N.I., Amerkhanov Kh.A., Perвов N.G. *Molochnoe skotovodstvo Rossii* [Dairy cattle breeding in Russia], Moscow, 2013, 616 p. (In Russian).
7. Strekozov N.I., Sel'tsov V.I. *Selektsionnye aspekty adaptivnoi tekhnologii intensivnogo molochnogo skotovodstva pri sozdanii vysokoproduktivnykh stad* [Breeding aspects of adaptive technology of intensive dairy cattle breeding in creation of highly productive herds], Moscow, 2013, pp. 104. (In Russian).
8. Amerkhanov Kh.A., Strekozov N.I. Nauchnoe obespechenie konkurentnosti molochnogo skotovodstva [Scientific support of competitiveness in dairy cattle breeding] *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo (spetsvypusk)* [Dairy and Beef Cattle Breeding (special issue)], 2012, pp. 2–6. (In Russian).
9. Izhboldina S.N., Kudrin M.R., Fefilova E.A. Zhivaya massa remontnykh telok cherno-pestroj porody i ee vzaimosvyaz' s molochnoi produktivnost'yu i geneticheskim potentsialom [Live weight of replacement heifers of black-and-white breed and its relationship

- with milk productivity and genetic potential]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2013, no. 7, pp. 17–19. (In Russian).
10. Kudrin M.R., Izhboldina S.N. Vliyanie tekhnologii soderzhaniya i kormleniya remontnykh telok cherno-pestroi porody na molochnuyu

produktivnost' korov [Influence of technology of keeping and feeding replacement heifers of black-and-white breed on dairy productivity of cows]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2011, no. 5, pp. 40–43. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Петрухина Л.Л., научный сотрудник

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

AUTHOR INFORMATION

Petrukhina L.L., Researcher

✉ **Belozertseva S.L.** Researcher; **address:** 14 Dachnaya St., Pivovarikha village, Irkutsk district, Irkutsk region, 664511, Russia, e-mail: gnu_iniish_risc@mail.ru

Дата поступления статьи 26.02.2020
Received by the editors 26.02.2020

ЛИНЕЙНОЕ РАЗВЕДЕНИЕ ОВЕЦ ПРИ СОЗДАНИИ НОВОГО ТИПА ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

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

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

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

Для цитирования: Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З. Линейное разведение овец при создании нового типа забайкальской породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 64–74. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-8.

For citation: Khamiruev T.N., Volkov I.V., Bazaron B.Z. Lineinoe razvedenie ovets pri sozdanii novogo tipa zabaikal'skoi porody [Line breeding of sheep when creating a new type of Transbaikal breed] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 64–74. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-8.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Показана роль линейного разведения в тонкорунном овцеводстве. Представлены показатели продуктивности тонкорунных линейных овец забайкальской породы хангильского типа в условиях Забайкальского края. В хангильском типе забайкальской породы создано четыре заводские линии (№ 616, 8351, 8099, 8349), отличающиеся повышенными показателями шерстной и мясной продуктивности, а также высокими показателями шерсти. Выявлено положительное влияние созданных новых линий на улучшение продуктивных качеств в стаде тонкорунных овец забайкальской породы хангильского типа. Установлено превосходство линейных баранов над нелинейными сверстниками по живой массе на 0,5–3,5%, настригу мытой шерсти – 7,2–23,8% ($p < 0,01$), выходу мытой шерсти – 2,2–6,5 абс.%, длине шерсти – 1,0–8,0%, коэффициенту шерстности – 1,7–11,5 г на 1 кг живой массы. При этом животные линии № 8351 отличаются от особей других линий повышенной густотой шерстных волокон и достоверно ($p < 0,05$) более тонкой шерстью, соответствующей 64-му качеству. Линии № 8099 и 8349 представлены крупными особями с большой живой массой в сочетании с высокими показателями шерстной продуктивности, линии № 616 и 8351 – с повышенным настригом шерсти в сочетании с хоро-

LINE BREEDING OF SHEEP WHEN CREATING A NEW TYPE OF TRANSBAIKAL BREED

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

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

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

The role of line breeding in fine-wool sheep husbandry is shown. Productivity indicators of fine-wool sheep of Transbaikal breed of Khangil type, in the conditions of Trans-Baikal Territory are presented. Four inbred lines were created in the Khangil type of Transbaikal breed, which are distinguished by increased indicators of wool and meat productivity, as well as high wool indicators. These are lines No 616, 8351, 8099, 8349. The positive effect of the new lines on the improvement of productive qualities in the herd of fine-wool sheep of Transbaikal breed of Khangil type was revealed. Line-bred rams exceeded their peers in live weight by 0.5–3.5%, amount of washed wool shorn – 7.2–23.8% ($p < 0.01$), yield of washed wool – 2.2–6.5 abs.%, wool length – 1.0–8.0%, wool coefficient – 1.7–11.5 g per 1 kg of live weight. Moreover, animals of line No 8351 differ from individuals of other lines in the increased density of wool fibers and significantly finer wool ($p < 0.05$), corresponding to the 64th quality. Lines No 8099 and 8349 are represented by large individuals with high indicators of live weight and wool productivity, lines No 616 and 8351 are characterized by an increased amount

шими показателями роста и развития. Линейные матки по живой массе превосходят стандарт породы на 12,5–24,3%, настригу мытой шерсти – 33,8–40,7%. Длина шерсти составила 9,3–9,6 см, доля животных с тониной шерсти 64-го качества – 80,1–86,0%. Линии поддерживаются путем подбора к барану (продолжателю линии) как родственных, так и неродственных маток, но обязательно отвечающих требованиям желательного типа и особенностям линии.

Ключевые слова: линейные овцы, забайкальская порода, настриг шерсти, живая масса, тонина шерсти

ВВЕДЕНИЕ

Один из ресурсов повышения эффективности ведения чистопородного овцеводства – разведение овец по линиям, что обеспечивает генетическое многообразие в стаде и достижение эффективности в совершенствовании породы [1], а также способствует созданию нескольких направлений продуктивности, что ведет к качественному разнообразию породы¹. Линейное разведение в тонкорунном овцеводстве предусматривает создание животных, отличающихся между собой в основном лишь по качественным показателям шерсти (длине, тонине, извитости шерсти, цвету жиропота и др.), обусловленных наследственной информацией, полученной от родоначальника линии. Родоначальником линии является выдающийся по продуктивным качествам и племенной ценности производитель. При формировании линии используются лучшие потомки, полученные от этого барана [2, 3], которые высоко наследуют основные качества своих родоначальников².

В племенных стадах тонкорунных овец рекомендуется использовать внутри- и кросс-линейный подбор. При этом увеличение продуктивности объясняется проявлением эффекта микрогетерозиса в сочетании с полноценным кормлением [4].

of wool shorn combined with good growth and development indicators. Line-bred ewes exceed the breed standard in live weight by 12.5–24.3%, and the amount of shorn washed wool by 33.8–40.7%. The length of hair was 9.3–9.6 cm, the proportion of animals with fine wool of 64th quality was 80.1–86.0%. The lines are maintained by selection of ewes both related and unrelated to the ram (line extension) that meet the requirements of the desired type and characteristics of the line.

Keywords: line-bred sheep, Transbaikal breed, wool shorn, live weight, wool fineness

Цель исследования – изучить линейную структуру и продуктивные качества линейных овец при создании нового типа в забайкальской породе овец.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Экспериментальная часть работы по изучению линейной структуры и продуктивных качеств линейных овец выполнена в племенном заводе АК «Цокто-Хангил» Агинского района Забайкальского края. Материал исследований – линейные овцы забайкальской породы хангильского типа. Живую массу определяли путем индивидуального взвешивания линейных овец. Настриг шерсти в физической массе и мытом волокне, выход мытой шерсти, тонины и ее длину исследовали по методике ВНИИОК (1991 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основой выведения хангильского типа забайкальской породы овец шерстно-мясного направления продуктивности послужили четыре новых заводских линии. В.В. Марченко сообщает о создании в породе маньчжунский меринос три новых линии. Линейные животные отличаются скороспелостью, выращенными мясными формами в сочетании с тонкой шерстью тониной до 22 мкм [5]. В зааненской породе коз исходя из параметров

¹Беляева А.М., Шумаенко С.Н. Линии и кроссы в стаде овец племзавода «Большевик» // Сб. науч. тр. СНИИЖК, 2001. Вып. 46. С. 33–36.

²Суров А.И., Шумаенко С.Н., Барнаш Е.Н. Продуктивные и морфобиохимические показатели, естественная резистентность ярок, полученных от внутрилинейного подбора // Сб. науч. тр. Ставропольского НИИЖК, 2013. Т. 2. № 6. С. 23–26.

продуктивности и генетических показателей животных заложено три линии, которые являются основой в создании нового типа молочных коз [6].

Выведению степного типа грубошерстных овец тувинской короткожирнохвостой породы началом послужило создание трех линий, различающихся между собой по развитию отдельных селекционных признаков. После оценки по качеству потомства баранов-улучшателей использовали на линейных овцематках селекционного ядра [7].

Метод линейного разведения при совершенствовании тонкорунных овец кавказской породы позволил повысить живую массу потомства³, тонкорунных овец ставропольской породы – создать новый тип в породе под названием целинный⁴, тонкорунных овец грозненской породы – вывести калмыцкий тип [8], каракульских овец – создать новый высокопродуктивный заводской тип овец черной окраски жакетного смушкового типа с полукруглым завитком [9], курдючных овец атырауской породы – создать высокопродуктивные линии выдающихся баранов-производителей платиновой и антрацитового расцветок [10].

В табл. 1–4 дана краткая характеристика лучших линейных баранов по продуктивным показателям.

Линия барана № 616. Родоначальник имел живую массу 109 кг, настриг невымытой шерсти 12,5 кг, мытой – 7,1 кг при выходе мытого волокна 56,5%, длину шерсти 11,0 см и тонины 64-го качества. Линия барана № 616 получила выдающихся потомков – трех сыновей, 15 внуков, 10 правнуков и 18 праправнуков.

Животные крупных размеров, крепкой конституции, хорошо сложены. Туловище длинное глубокое. Голова средней величины, запас кожи хороший в виде одной поперечной складки на шее и мелких складок-морщин по туловищу. Руно плотное, замкнутое, оброслость головы рунной шерстью до линии глаз, задних конечностей – до копытного рога, передних – до скакательного сустава.

Анализ представленных данных свидетельствует, что настриг мытой шерсти линейных баранов составляет от 6,7 до 8,4 кг, живая масса – от 101 до 120 кг. Это выше минимальных требований, предъявляемых к показателям продуктивности тонкорунных

Табл. 1. Продуктивные качества лучших баранов линии № 616

Table 1. Productive qualities of the best rams line No 616

Номер барана (родство)	Настриг шерсти, кг		Живая масса, кг	Длина, см	Тонина, качество	Выход шерсти, %
	немытой	мытой				
0670 (сын)	12,8	7,3	105	10,0	23,7	56,7
217 (сын)	11,5	6,7	101	12,0	23,2	58,0
0837 (сын)	12,5	7,2	107	11,0	21,9	57,5
8289 (внук)	12,9	7,7	120	12,5	22,5	60,0
938 (внук)	12,5	7,6	113	10,0	24,7	60,5
3388 (внук)	13,6	8,4	102	10,5	22,1	61,5
31234 (правнук)	13,3	8,0	116	11,0	22,6	60,1
41242 (правнук)	13,8	8,4	114	11,5	23,2	61,3
01210 (праправнук)	12,5	7,3	112	10,5	23,8	58,6
11287 (праправнук)	12,0	7,3	113	10,5	22,4	60,5

³Гостищев С.А., Шумаенко С.Н. Совершенствование овец кавказской породы // Сб. науч. тр. Ставропольского НИИЖК, 2005. Т. 1. № 1. С. 60–65.

⁴Беляева А.М. Совершенствование племенных и продуктивных качеств целинного типа овец ставропольской породы // Сб. науч. тр. Ставропольского НИИЖК. 2009, Т. 2. № 2-2. С. 7–12.

овец шерстно-мясного направления продуктивности на 26,3–50,0 и 21,2–61,5% соответственно.

Животные данной линии отличаются достаточно высоким настригом шерсти и отличной оброслостью брюха (8 см и более), сочетающими достаточную густоту и длину шерсти. Более 70% используемых производителей и маток обладают этими ценными качествами. Овцы имеют равномерную извитость по всему штапелю, шелковистый блеск, отличное качество жиропота и хорошую уравниность по длине и толщине.

Основные генеалогические ветви линии сформированы через сыновей № 0670, 0837 и 217.

В составе линии имеются 850 гол. разновозрастных маток, средняя живая масса которых составляет 58,7 кг, настриг мытой шерсти 2,96 кг, длина волокна 9,6 см.

Дальнейшая селекционная работа с представителями данной линии будет направлена на закрепление таких наследственных качеств при совершенствовании хозяйственно-полезных признаков, как живая масса и настриг мытой шерсти при сохранении ее качественных показателей.

Линия барана № 8351. При максимальной живой массе 105 кг настриг немойтой шерсти родоначальника составил 11,0 кг, мытой – 6,8 кг при выходе мытого волокна 61,5%, длина шерсти 10,5 см, тонина шерсти соответствовала 60-му качеству. Баран-родоначальник характеризуется повышенной густотой шерстных волокон при большом запасе кожи, высоким настригом мытой шерсти, туловище компактное, достаточно крупное.

Животные этой линии имеют пропорционально развитую компактную форму телосложения, отличаются типичной выраженностью породных качеств, повышенной складчатостью кожи, высокими настригом шерсти и густотой шерстных волокон, отличной оброслостью туловища рунной шерстью, достаточно длинной шерстью с белым или светло-кремовым жиропотом, люстровым блеском и четко выраженной среднего размера извитостью шерстных волокон и крупной величиной.

Линейные бараны характеризуются следующими основными показателями продуктивности: настриг мытой шерсти 7,4–9,1 кг, живая масса 105–117 кг, преимущество над

Табл. 2. Продуктивные качества лучших баранов линии № 8351

Table 2. Productive qualities of the best rams line No 8351

Номер барана (родство)	Настриг шерсти, кг		Живая масса, кг	Длина, см	Тонина, качество	Выход шерсти, %
	немойтой	мойтой				
053 (сын)	12,5	7,5	115	12,0	22,6	59,7
853 (сын)	13,0	9,1	116	12,0	22,4	60,0
38556 (сын)	11,9	7,4	110	10,0	23,9	62,0
603 (внук)	12,5	7,6	110	12,0	23,4	60,5
6599 (внук)	12,6	7,7	117	12,0	21,7	61,0
01134 (правнук)	12,8	7,9	112	11,5	22,7	61,5
21307 (правнук)	12,7	7,6	112	11,0	21,9	60,7
81009 (праправнук)	12,9	7,7	113	11,0	22,4	59,2
81114 (праправнук)	12,5	7,9	110	10,5	22,8	60,0
91211 (праправнук)	12,3	7,4	111	10,5	23,4	60,5
91129 (праправнук)	12,8	7,8	105	11,5	22,9	61,0

минимальными показателями составляет 42,3–75,0 и 31,3–46,3%.

Предки родоначальника линии восходят к известному в свое время барану № 1897 породы советский меринос, использовавшегося в стаде в 1950-х годах. По линии матери предком его был известный баран № 3826.

Количественный состав данной линии в стаде насчитывает 155 маток. Средняя живая масса их составляет 54,0 кг, настриг мытой шерсти 2,92 кг, длина шерстных волокон 9,5 см.

Основные генеалогические ветви образовались через сыновей № 053, 38556.

Дальнейшая племенная работа в стаде с этой линией будет направлена на получение животных с крепкой конституцией, максимально сочетающих тонины шерстных волокон (64–60-е качество) с повышенной плотностью шерстных волокон и высоким настригом мытой шерсти.

Линия барана № 8099. Максимальная живая масса родоначальника составляла 122 кг, настриг невымытой шерсти 13,5 кг, мытой – 8,1 кг при выходе мытого волокна 60%, длина шерсти 12,0 см, тонины 60-го качества. По фенотипу родоначальник линии характеризуется крупными размерами, выраженными

ми мясными формами, широкой и глубокой грудью, крепкой конституцией, короткой и хорошо обмускуленной шеей.

Туловище у животных данной линии компактное, глубокое, крупной величины с умеренным запасом кожи. Руно плотное замкнутое, наружное строение штапеля досчатого или мелкоквадратного типа.

Животные этой линии удачно сочетают хорошее качество шерсти грозненской породы тонкорунных овец и крупные размеры советского мериноса. Помимо большой густоты и длины шерстных волокон они отличаются хорошей структурой руна, нежной упругой шерстью, белым жиропотом, блеском и высоким выходом мытого волокна (57–61%), тонины шерсти 64–60-го качества.

По живой массе линейные бараны имеют преимущество над минимальными показателями продуктивности тонкорунных овец шерстно-мясного направления продуктивности на 30,0–56,3%, по настригу мытой шерсти на 30,1–59,6%.

По комплексу хозяйственно-полезных признаков животные представленной линии в наибольшей степени соответствуют требованиям желательного типа тонкорунных

Табл. 3. Продуктивные качества лучших баранов линии № 8099

Table 3. Productive qualities of the best rams line No 8099

Номер барана (родство)	Настриг шерсти, кг		Живая масса, кг	Длина, см	Тонины, качество	Выход шерсти, %
	немытой	мытой				
4288 (сын)	12,7	7,6	104	9,0	22,8	59,5
2128 (сын)	13,2	7,8	124	10,0	23,7	59,0
2417 (сын)	13,7	8,3	125	12,0	24,2	61,0
6661 (внук)	12,7	7,8	107	10,0	22,9	61,5
6663 (внук)	12,6	7,9	105	9,0	23,4	63,0
6184 (внук)	12,6	8,2	109	12,0	23,8	65,0
11203 (правнук)	11,3	6,9	114	10,0	23,5	60,9
11182 (правнук)	11,1	6,8	108	9,5	24,2	61,0
21112 (правнук)	12,3	7,4	116	11,0	23,5	60,0
21211 (правнук)	12,2	7,2	118	10,0	24,3	58,7
6002 (праправнук)	11,9	7,1	116	10,0	23,8	59,3
71242 (праправнук)	12,8	7,5	106	10,0	21,6	58,7
71149 (праправнук)	12,0	7,1	114	11,0	22,7	58,9
71150 (праправнук)	12,1	7,3	111	9,5	24,4	61,0

овец забайкальской породы хангильского типа.

Достаточно высокая продуктивность, удачное сочетание ценных признаков (шерстная и мясная продуктивность) и хорошие племенные качества представителей данной линии обеспечили ей широкое распространение в стаде. В настоящее время линия барана № 8099 насчитывает 1789 овцематок разных возрастов со средней живой массой 59,7 кг, настригом мытой шерсти 3,04 кг, длиной шерстных волокон 9,4 см.

Основные генеалогические ветви сформированы через сыновей № 2128, 2417 и внука № 6184, которые сыграли решающую роль в консолидации и увеличении численности линии. Баран – продолжатель линии № 6184 (внук) – чемпион выставки племенных животных Читинской области 1996 г.

Дальнейшая селекционно-племенная работа в стаде с животными данной линии будет направлена на получение особей с крепкой конституцией, максимально совме-

щающих мясную и шерстную продуктивность в сочетании с отличными нагульными и приспособительными качествами к специфическим условиям круглогодичного пастбищного содержания.

Линия барана № 8349. Максимальная живая масса родоначальника составляла 110 кг, настриг невымытой шерсти 12,5 кг, мытой – 7,8 кг при выходе мытого волокна 62,5%, длина шерсти 9,0 см, тонина 60-го качества. Родоначальник линии достаточно крупных размеров, крепкой конституции с хорошо выраженными мясными формами, выделяется широкой и глубокой грудью.

Особенностью животных этой линии является более свободный запас кожи и крепкая конституция с незначительным огрублением шерсти на ляжках, но слегка грубоватым костяком (наследственная передача от алтайской породы). Животные комбинированного направления продуктивности, встречаются с шерстью пониженной тонины 60–58-го качества и высоким выходом мытой шерсти

Табл. 4. Продуктивные качества лучших баранов линии № 8349

Table 4. Productive qualities of the best rams line No 8349

Номер барана (родство)	Настриг шерсти, кг		Живая масса, кг	Длина, см	Тонина, качество	Выход шерсти, %
	немытой	мытой				
17836 (сын)	13,6	8,1	103	10,5	25,8	60,0
248 (сын)	13,0	7,6	98	11,5	26,2	59,0
2377 (сын)	12,5	7,5	100	8,5	24,3	59,5
0442 (сын)	12,5	7,7	105	10,5	23,8	61,5
2261 (внук)	12,8	7,8	104	9,5	24,3	61,0
3388 (внук)	13,6	8,2	102	9,5	24,2	61,0
4741 (внук)	14,5	8,7	124	9,5	26,4	60,3
91139 (правнук)	13,1	8,0	110	9,5	23,3	61,5
91273 (правнук)	12,6	7,4	112	10,0	24,1	59,0
01372 (правнук)	12,8	7,6	117	10,1	23,9	59,5
61122 (праправнук)	11,9	7,2	108	10,0	24,8	60,5
62003 (праправнук)	12,4	7,4	113	9,5	23,8	59,8
71211 (праправнук)	12,3	7,3	116	10,5	22,5	59,6
72199 (праправнук)	12,6	7,6	110	10,0	22,8	60,5
71326 (праправнук)	12,1	7,3	114	10,0	24,3	60,0

(60% и выше), скороспелые, отличаются хорошими мясными качествами.

Настриг невыттой шерсти варьирует от 11,9 до 14,5 кг, мытой – 7,2–8,7 кг, что выше минимальных требований к показателям продуктивности на 38,5–67,3%, живая масса составляет 98–124 кг, преимущество по этому показателю достигает 55,0%.

По количественному составу в стаде представители данной линии насчитывают 263 маток, по продуктивности и фенотипу в наибольшей степени соответствуют желательным признакам линейной принадлежности. Средняя живая масса маток 54,5 кг, настриг мытой шерсти 2,89 кг, длина шерсти 9,3 см.

Основные генеалогические ветви образовались через сыновей № 248, 0442 и внуков № 3388 и 4741.

Дальнейшая селекционная работа в стаде с животными этой линии направлена на получение овец с выраженными мясными формами и скороспелостью, сочетающих шерстную и мясную продуктивность.

В породе маньчжурский меринос создание новых линий обусловлено целью повышения рентабельности отрасли. Овцы линии VM-176 характеризуются высокой живой массой: производители – 115–125 кг, овцематки – 55–60 кг. Животные комолые с умеренной складчатостью. Тонина шерсти 20–22 мкм, характеризуется крупным, четко выраженным извитком шерстяных волокон, а также белым или светло-кремовым цветом жиропота. Животные линии VM-33 комолые, живая масса баранов 120–130 кг, маток 56–62 кг. Складчатость отсутствует, шерсть тониной 19–21 мкм с четко выраженным мелким извитком шерстных волокон и жиропотом матово-белого цвета. При этом отличительной особенностью этой линии является высокий настриг мытой шерсти, который на 5–7% выше, чем у линейных и неллинейных сверстников. Животные линии VM-22 характеризуются пониженной складчатостью кожи, высокой живой массой, супертонкой шерстью (не более 20 мкм) с четко выражен-

ном мелким извитком шерстяных волокон и жиропотом белого цвета [5].

В кыргызской породе тонкорунных овец создано две линии, которые послужили основой для нового типа иссык-кульский. Линейные овцы КИ-12 крупные по величине, отличаются высокой живой массой, умеренной оброслостью и складчатостью. Шерсть 60–64-го качества, несколько укороченная, но уравненная по тонине в руне и штапеле. Животные относятся к шерстно-мясному типу. Овцы линии № 217 средней величины, имеют крепкую конституцию, шерсть хорошей густоты и достаточной длины, складчатость кожи умеренная. Отличительными особенностями животных этой линии являются высокие технологические качества шерсти: закономерная полукруглая извитость волокон; белый цвет жиропота; люстровый блеск волокон и оптимальная прочность; отличная уравненность по тонине и длине внутри штапеля и по руну; большой выход мытой шерсти [11].

В.В. Абонеев и С.Н. Шумаенко сообщают о целесообразности использования в хозяйствах, занимающихся разведением овец кавказской породы, производителей южностепного типа линии 5-61, для которых характерна крепкая конституция, густая шерсть тониной 22 мкм, отличающаяся четким извитком шерсти (5–6 на 1 см) с жиропотом белого цвета. При этом матки линии превышают средние показатели продуктивности сверстниц стада по живой массе на 2,2%, настригу чистой шерсти на 12,8%, длине шерсти на 6,3% и выходу чистого волокна на 1,8 абс.%⁵.

В табл. 5 представлена характеристика линейных баранов по продуктивным качествам в сравнении с неллинейными аналогами.

Линейные бараны имеют лучшие результаты по показателям продуктивности в сравнении с неллинейными. Так, по живой массе разница в их пользу составила 0,5–3,5%, настригу мытой шерсти – 7,2–23,8% ($p < 0,01$), выходу мытой шерсти – 2,2–6,5 абс.%, длине шерсти – 1,0–8,0%, коэффициенту шерст-

⁵Абонеев В.В., Шумаенко Н.А. Использование заводских линий для совершенствования овец кавказской породы // Сб. науч. тр. Ставропольского НИИЖК, 2011. Т. 1. № 4-1. С. 9–13.

Табл. 5. Характеристики линейных животных по продуктивным качествам
Table 5. Characteristics of line-bred animals by productive qualities

Линия	n	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг		Выход мытой шерсти, %	Длина шерсти, см	Масса шерсти, %			Тонина шерсти, мкм	Коэффициент шерстности
			немытой	мытой			MM	M+	M		
—	18	108,4 ± 3,25	10,2 ± 0,78***	5,42 ± 0,41**	53,2	10,0 ± 0,85	21,3	57,9	20,8	22,81 ± 0,742	50,1
616	30	109,0 ± 2,27	10,9 ± 0,75	6,38 ± 0,31	58,6	10,8 ± 0,43	27,0	54,0	19,0	23,01 ± 0,267	58,5
8351	21	108,9 ± 1,78	12,1 ± 0,35	6,71 ± 0,24	55,4	10,5 ± 0,22	66,7	33,3	—	22,65 ± 0,623*	61,6
8099	40	112,2 ± 2,89	10,3 ± 0,39***	5,81 ± 0,17	56,4	10,1 ± 0,54	45,1	44,9	10,0	23,86 ± 0,542	51,8
8349	25	110,8 ± 3,77	10,6 ± 0,64*	6,33 ± 0,29	59,7	10,3 ± 0,34	43,7	52,5	3,8	24,81 ± 0,855	57,1
Стандарт*		80	—	5,2	—	—	—	—	—	—	—

*p < 0,05.
 **p < 0,01.
 ***p < 0,001.

Табл. 6. Характеристика овцематок разных линий**Table 6.** Characteristic of ewes of different lines

Признак	Линейная принадлежность			
	616	8351	8099	8349
Число животных	850	155	1789	263
Живая масса, кг	58,7 ± 0,76	54,0 ± 0,56	59,7 ± 0,75	54,5 ± 0,51
Настриг немытой шерсти, кг	5,22 ± 0,10	5,08 ± 0,10	5,33 ± 0,10	5,17 ± 0,11
Настриг мытой шерсти, кг	2,96 ± 0,08	2,92 ± 0,11	3,04 ± 0,11	2,89 ± 0,09
Длина шерсти, см	9,6 ± 1,10	9,5 ± 0,10	9,4 ± 0,14	9,3 ± 0,12
Доля овец с шерстью 64-го качества, %	80,1	86,0	84,0	81,7

ности – 1,7–11,5 г на 1 кг живой массы. При этом животные линии № 8351 отличаются повышенной в сравнении с особями других линий густотой шерстных волокон и достоверно ($p < 0,05$) более тонкой шерстью, соответствующей 64-му качеству.

Линии № 8099 и 8349 комплектовали крупными особями с большой живой массой после оценки по собственной продуктивности в сочетании с хорошими показателями шерстной продуктивности, тогда как при формировании линий № 616 и 8351 большее внимание уделяли настригу шерсти в сочетании с высокими показателями роста и развития.

Схожие результаты получены в исследованиях Э.Б. Асылбековой. Так, в стаде североказахского меринуса нелинейные животные уступали линейным аналогам по всем основным селекционным признакам [9].

При назначении баранов-производителей к маткам преследуется главная цель – получить потомство лучше, чем они сами. В связи с этим к маткам каждой группы назначаются бараны-производители хангильского типа забайкальской тонкорунной породы, обладающие более высокими хозяйственно-полезными признаками, чем матки. Например, к маткам первой группы назначаются элитные бараны с настригом шерсти 12–14 кг и живой массой 110–130 кг.

В табл. 6 представлена характеристика маток, принадлежащих разным заводским линиям.

Линейные матки отличаются высокими показателями продуктивности. Так, по жи-

вой массе они превосходят стандарт породы на 12,5–24,3%, настригу чистой шерсти – на 33,8–40,7%, длина шерсти составила 9,3–9,6 см, доля животных с тониной шерсти 64-го качества – 80,1–86,0%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В забайкальской породе хангильского типа создано четыре заводских линии, отличающиеся следующими продуктивными качествами: линия № 616 – крупными размерами, отличной оброслостью брюха, длинной шерстью с тониной волокон 20,6–23,1 мкм; линия № 8351 – большой густотой шерстных волокон, высоким настригом шерсти, тониной шерстных волокон 20,6–23,1 мкм; линия № 8099 – большой живой массой в сочетании с хорошей шерстной продуктивностью, тониной шерсти 22,0–25,0 мкм; линия № 8349 – высокой живой массой, вырощенными мясными формами в сочетании со скороспелостью, тониной шерсти 23,1–25,0 мкм.

Линии поддерживаются путем подбора к барану (продолжателю линии) как родственных, так и неродственных маток, но обязательно отвечающих требованиям желательного типа и особенностям линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Амерханов Х.А., Мороз В.А., Разумеев К.Э.* К вопросу о национальной системе сертификации шерсти // *Текстильная и легкая промышленность.* 2018. Т. 3. № 3–4. С. 16–17.
2. *Kim E.S., Elbeltagy, A.R., Aboul-Naga A.M., Rischkowsky B., Sayre B., Mwacharo J.M.,*

- Rothschild M.F.* Multiple genomic signatures of selection in goats and sheep indigenous to a hot arid environment // *Heredity (Edinb)*. 2016. Vol. 116 (3). P. 255–264. DOI: 10.1038/hdy.2015.94.
3. Прохоренко П.Н. Методы создания высокопродуктивных молочных стад // Зоотехния. 2001. № 11. С. 2–7.
 4. Moghaddar N., Van der Werf J.H.J. Genomic estimation of additive and dominance effects and impact of accounting for dominance on accuracy of genomic evaluation in sheep populations // *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2017. Vol. 134 (6). P. 453–462. DOI: 10.1111/jbg.12287.
 5. Марченко В.В. Создание новых линий в породе овец «Маньчжурский меринос» // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 6. С. 81–84.
 6. Новопашина С.И., Санников М.Ю., Кожанов Т.В. Опыт формирования линий при создании нового типа зааненских коз // Овцы, козы, шерстяное дело. 2014. № 3. С. 6–8.
 7. Билтуев С.И., Шимит Л.Д. Мясная продуктивность тувинской короткожирнохвостой породы в зависимости от интенсивности селекции // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 2. С. 22–23.
 8. Зулаев М.С. Селекционные методы повышения племенных и продуктивных качеств овец калмыцкого типа грозненской породы // Вестник института комплексных исследований аридных территорий. 2012. Т. 2. № 2 (25). С. 109–113.
 9. Ескара М.А., Паржанов Ж.А., Ахметшиев А. Новое селекционное достижение в каракульском овцеводстве // Новости науки Казахстана. 2014. № 2 (120). С. 30–37.
 10. Асылбекова Э.Б. Продуктивность линейных овец в Казахстане // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. № 6 (62). С. 171–174.
 11. Имигеев Я.И. Зональные типы и заводские линии – важные структурные единицы породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2011. № 3. С. 14–17.
- myshlennost'* [Textile and light industry], 2018, T. 3, no. 3-4, pp. 16–17. (In Russian).
2. Kim E.S., Elbeltagy A.R., Aboul-Naga A.M., Rischkowsky B., Sayre B., Mwacharo J.M., Rothschild M.F. Multiple genomic signatures of selection in goats and sheep indigenous to a hot arid environment. *Heredity (Edinb)*, 2016, Vol. 116 (3), pp. 255–264. DOI: 10.1038/hdy.2015.94.
 3. Prokhorenko P.N. Metody sozdaniya vysokoproduktivnykh molochnykh stad [Methods for creating highly productive dairy herds]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2001, no. 11, pp. 2–7. (In Russian).
 4. Moghaddar N., Van der Werf J.H.J. Genomic estimation of additive and dominance effects and impact of accounting for dominance on accuracy of genomic evaluation in sheep populations. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 2017, vol. 134 (6), pp. 453–462. DOI: 10.1111/jbg.12287.
 5. Marchenko V.V. Sozdanie novykh linii v porode ovets «Manychskii merinos» [The creation of new lines in the breed of sheep Manych Merino]. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya* [Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya], 2017, no. 6, pp. 81–84. (In Russian).
 6. Novopashina S.I., Sannikov M.Yu., Kozhanov T.V. Opyt formirovaniya linii pri sozdanii novogo tipa zaanenskikh koz [The experience of forming lines when creating a new type of Saanen goats]. *Ovtsy,kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats and wool business], 2014, no. 3, pp. 6–8. (In Russian).
 7. Biltuev S.I., Shimit L.D. Myasnaya produktivnost' tuvinskoj korotkozhirokhvostoi porody v zavisimosti ot intensivnosti selektsii [Meat productivity of Tuva short-fat-tailed breed depending on selection intensity]. *Ovtsy,kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats and wool business], 2015, no. 2, pp. 22–23. (In Russian).
 8. Zulaev M.S. Seleksionnye metody povysheniya plemennykh i produktivnykh kachestv ovets kalmytskogo tipa groznenskoj porody [Selection breeding methods of increasing and productive qualities of the Kalmyk type of sheep breed Groznenskaya]. *Vestnik instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territorii* [Bulletin of the Institute for Integrated Research in Arid Territories], 2012, vol. 2, no. 2 (25), pp. 109–113. (In Russian).
 9. Eskara M.A., Parzhanov Zh.A., Akhmetshiev A. Novoe selektsionnoe dostizhenie v

- karakul'skom ovtsevodstve [New breeding achievement in the Karakul sheep breeding]. *Novosti nauki Kazakhstana* [News of Kazakhstan Science], 2014, no. 2 (120), pp. 30–37. (In Russian).
10. Asylbekova E.B. Produktivnost' lineinykh ovets v Kazakhstane [Productivity of linear sheep in Kazakhstan]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2016, no. 6 (62), pp. 171–174. (In Russian).
11. Imigeev Ya.I. Zonal'nye tipy i zavodskie linii – vazhnye strukturnye edinitsey porody [Zonal types and inbred lines are important structural units of the breed]. *Ovtsy, kozy, sherstyano delo* [Sheep, goats and wool business], 2011, no. 3, pp. 14–17. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Волков И.В., старший научный сотрудник

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

AUTHOR INFORMATION

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

Volkov I.V., Senior Researcher

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

*Дата поступления статьи 20.01.2020
Received by the editors 20.01.2020*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА 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 наночастиц серебра в кормлении перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 75–83. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-9.

For citation: Merzlyakova O.G., Rogachev V.A. Ispol'zovanie nanochastits serebra v kormlenii perepelov [Use of silver nanoparticles in quail feeding]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 75–83. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-9.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты введения в рацион домашних птиц нанокompозита серебра на основе цеолита и в составе препарата «Арговит». Эксперимент проведен на перепелах японской породы в периоды выращивания птицы (60 дней) и продуктивного использования несушек (95 дней). Для исследований из птиц суточного возраста сформированы три группы (одна контрольная и две опытные) по 50 голов. Перепела содержались на опытной ферме в Новосибирской области в клеточных батареях при соблюдении требуемых условий микроклимата. Все группы получали комбикорм (основной рацион), разработанный с учетом возраста и физиологических особенностей перепелов. В корм птицам опытных групп дополнительно вводили нанокompозит серебра на основе цеолита и в составе препарата «Арговит» в дозе (по чистому элементу) 40 мкг/кг комбикорма в течение 21 дня. Изучено влияние применяемых добавок на сохранность поголовья цыплят, интенсивность их роста, затраты корма на единицу продукции, показатели мясной и яичной продуктивности, инкубационные качества яиц. Химический состав комбикорма, мяса перепелов и яиц, полученных от несушек, исследовали в биохимической лаборатории по общепринятым методикам зоотехнического анализа. При скармливании птицам опытных групп нанокompозита серебра на основе цеолита и в составе препарата

USE OF SILVER NANOPARTICLES IN QUAIL FEEDING

Merzlyakova O.G., Rogachev V.A.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The results of introducing silver nanocomposite based on zeolite and as part of Argovit preparation into the diet of poultry are presented. The experiment was carried out on quails of the Japanese breed during the periods of bird rearing (60 days) and productive use of laying quails (95 days). For the research, three groups were formed from quails aged one day (one control and two experimental) of 50 heads each. The quails were kept on a test farm in Novosibirsk Region in cell batteries subject to the required microclimate conditions. All groups received feed (the main diet), tailored to the age and physiological characteristics of quails. A silver nanocomposite based on zeolite and as part of Argovit preparation at a dose of 40 µg/kg of feed (on pure element) was additionally introduced into the feed for the birds of the experimental groups for 21 days. The effect of the supplements used was studied by the following parameters: survival rate of quail chicks, their growth intensity, feed efficiency ratio, indicators of meat and egg productivity, and quality of hatching eggs. The chemical composition of the feed, quail meat and eggs obtained from laying quails was studied in a biochemical laboratory using generally accepted methods of zootechnical analysis. When feeding experimental birds on silver nanocomposite based on zeolite and as part of Argovit preparation, the survival rate of quails increased by 3.0–4.0%, the average daily gain in live weight increased by 6.48–7.35%, and feed consumption per unit of the

«Арговит» сохранность перепелов повысилась на 3,0–4,0%, среднесуточный прирост живой массы увеличился на 6,48–7,35%, расход корма на единицу продукции снизился на 13,14–16,62%. Яйценоскость несушек возросла на 6,00–7,45%, выход яйцемассы – на 6,02–7,89%, выход инкубационных яиц – на 3,33–11,7%. Наиболее высокие показатели мясной и яичной продуктивности и эффективности использования комбикорма получены в 1-й опытной группе, употреблявшей наносеребро на основе цеолита. Экономический эффект в опытных группах увеличился на 13,76–17,26% по сравнению с контролем.

Ключевые слова: перепела, несушки, комбикорм, наносеребро, цеолит, «Арговит», сохранность, живая масса, яйценоскость

ВВЕДЕНИЕ

Применение нанотехнологий в животноводстве позволяет повысить эффективность производства за счет снижения затрат на лечебные и стимулирующие препараты, обеспечивает лучшую конверсию питательных веществ рациона, рост сохранности и продуктивного долголетия животных [1, 2]. Свойства любого вещества в нанометровом диапазоне ($1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}$) отличаются от свойств макрообразца того же самого вещества, поскольку формируются в соответствии с законами квантовой, а не классической физики^{1,2} [3].

Особенностью этих материалов является синергизм свойств наностабилизирующей матрицы и разнообразие специфических свойств материалов центрального наноразмерного ядра^{3,4} [4].

Высокий потенциал продуктивного действия и возможность снижения экологической нагрузки позволяют рассматривать на-

produce decreased by 13.14–16.62%. The egg production of laying quails increased by 6.00–7.45%, the yield of egg mass – by 6.02–7.89%, and the yield of hatching eggs – by 3.33–11.7%. The highest indicators of meat and egg productivity and feed efficiency were obtained in the first experimental group that consumed zeolite-based nanosilver. The economic effect in the experimental groups increased by 13.76–17.26% compared to the control group.

Keywords: quails, laying quails, feed, nanosilver, zeolite, Argovit, survival rate, live weight, egg production

ночастицы как перспективные компоненты рационов животных [5]. Микроэлементы в виде наночастиц обладают повышенной биодоступностью и стабильностью взаимодействия с другими компонентами и могут использоваться в качестве стимуляторов роста и для устранения остатков антибиотиков в продуктах животного происхождения [6, 7]. Нанотехнологические препараты способны оказывать существенное влияние на здоровье животных и, следовательно, на их продуктивность [8, 9].

В ряде экспериментов показана возможность применения нанокompозита серебра на цеолитной основе как недорогого, нетоксичного и высокоэффективного биологического катализатора биохимических процессов в организме, улучшающего физиологическое состояние животных [10, 11]. Установлено, что скармливание комбикормов с наноструктурированными природными минералами в количестве 1–3% способствует повышению продуктивности

¹Михайлов Ю.И. Наноразмерное состояние вещества // Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины / Сборник материалов науч.-практ. конф. с междунар. участием. Новосибирск: СибУПК, 2007. Ч. 1. С. 101–107.

²Волков Г.М. Объемные наноматериалы: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2011. 384 с.

³Михайлов Ю.И., Болдырев В.В., Блажитко Е.М., Бурмистров В.А. и др. Серебряные нанобиокompозиты // НАНО-2007 / Труды II Всероссийской конференции по наноматериалам. Новосибирск, 2007. С. 380.

⁴Полунин О.А., Скворцова Л.И., Маслий А.И., Михайлов Ю.И. Растворимость и антимикробная активность наночастиц серебра на поверхности цеолита // Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием / СибУПК. Новосибирск, 2007. Ч. 1. 248 с.

птицы на 17–34%, снижению расхода корма на единицу прироста живой массы на 6–9%. Сохранность поголовья возрастала при этом на 3,0–7,5%, яйценоскость – на 23,8–25,7% за счет повышения общей резистентности организма^{5,6}.

Сотрудниками Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН) проведены исследования по изучению оптимальных норм и сроков скармливания нанокompозита серебра на цеолитной основе в составе рационов сельскохозяйственных животных. Установлено, что потребление несущками перепелов наносеребра (доза 40 мкг/кг корма) на основе цеолита в течение 21 дня повысило их яйценоскость на 6,06%, выход инкубационного яйца на 9,0% и снизило затраты корма на единицу продукции на 8,17% [12]. Для поросят-сосунов и телят-молочников оптимальным является ежедневное скармливание или выпаивание с молоком наносеребра из расчета 1 мкг/кг живой массы в течение 60 дней (повышение среднесуточных приростов у поросят на 31,9%, у телят на 38,3% при полной сохранности поголовья⁷).

На сибирском рынке представлен новый серебросодержащий препарат «Арговит», разработанный Научно-производственным центром «Вектор-Бест» совместно с Институтом экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агробιοтехно-

логий Российской академии наук (ИЭВСиДВ СФНЦА РАН). Препарат представляет собой кластеры высокодисперсного металлического серебра с размером входящих в них частиц 1–10 нм, стабилизированные полимером поливинилпирролидоном. В ветеринарии «Арговит» используется для профилактики (доза 0,12–0,24 мг/кг живой массы) и лечения (доза 0,24–0,6 мг/кг живой массы) желудочно-кишечных инфекций различной этиологии у животных. В опыте на перепелах изучено влияние водного раствора наночастиц серебра на кишечную микрофлору при суточной дозе 25 мг/кг, которая превышала в 10 раз рекомендуемую. Наночастицы серебра не оказали негативного влияния на микрофлору кишечника и желудка птицы^{8–10}.

Нанопрепараты в кормлении сельскохозяйственных животных в настоящее время используются недостаточно, но перспектива применения их в качестве нетрадиционных кормовых добавок как источников биологически активных веществ в виде нанокompозитов металлов, нанесенных различными методами на зерновую часть рациона, не вызывает сомнений.

Цель исследований – оценить эффективность использования двух видов наночастиц серебра (на основе цеолита и в препарате «Арговит») для кормления перепелов с последующим мониторингом интенсивности роста и яичной продуктивности птицы.

Задачи исследования – определить влияние скармливания перепелам наночастиц серебра, нанесенного разными способами

⁵ Реймер В.А., Тарабанова Е.В., Алексеева З.Н., Клемешова И.Ю. Влияние серебряного нанобиокompозита на некоторые физиологические показатели цыплят // Материалы XVII Междунар. конф. ВНАП «Инновационные разработки и их освоение в промышленном птицеводстве». Сергиев Посад, 2012. С. 600–604.

⁶ Тарабанова Е.В. Физиологический статус сельскохозяйственной птицы в раннем онтогенезе при выращивании с использованием серебряного нанобиокompозита: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2013. 29 с.

⁷ Егоров С.В., Гомбоев Д.Д., Михайлов Ю.И. Эффективность использования наносеребра в рационах телят-молочников // Технология производства продуктов животноводства в Сибири: сб. науч. тр. / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. ГНУ СибНИПТИЖ. Новосибирск, 2013. С. 88–100.

⁸ Бурмистров В.В., Шкиль Н.А. Использование Арговита для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний у домашних животных // Серебро и висмут в медицине. Материалы науч.-практ. конф., 25–26 февраля 2005 г. Новосибирск. С. 189–195.

⁹ Бурмистров В.В., Симонова О.Г. Опыт практического применения препаратов кластерного серебра «Аргоника» и «Арговит». Ответы на вопросы // Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины: сборник материалов науч.-практ. конф. с междунар. участием / СибУПК. Новосибирск, 2007. Ч. 2. С. 50–63.

¹⁰ Скрябин В.А., Михайлов Ю.И., Реймер В.А., Носенко Н.А. Серебряные нанобиокompозиты в кормовых добавках для сельскохозяйственных животных и птицы // Пища. Экология. Качество: труды VII Междунар. науч.-практ. конф. (Краснообск, 21–22 сентября 2010 г.).

на субстрат, на сохранность поголовья, интенсивность роста птицы, показатели мясной продуктивности, яйценоскость, инкубационные качества яиц, затраты корма на единицу продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – продуктивное и физиологическое действие наносеребра на основе цеолита и в составе препарата «Арговит». Опыт продолжительностью 155 дней проведен по общепринятой методике на перепелиной ферме физиологического двора СибНИПТИЖ СФНЦА РАН на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в три аналогичные группы (одна контрольная и две опытные) по 50 голов в каждой¹¹. Всем подопытным перепелам скармливали одинаковый комбикорм (основной рацион), приготовленный с учетом возраста и физиологических особенностей данного вида птицы. Межгрупповые различия заключались в следующем: молодняк контрольной группы потреблял только основной рацион, птицы опытных групп дополнительно получали в течение 21 дня наносеребро на основе цеолита и в виде коллоидного раствора препарата «Арговит» в количестве 40 мкг/кг комбикорма (см. табл. 1).

Условия содержания птицы и микроклимат в клеточной батарее соответствовали зоотехническим требованиям.

Рационы составляли в соответствии с нормами Всероссийского научно-исследо-

вательского технологического института птицеводства Российской академии наук¹². Учет поедаемости кормов осуществляли ежедневно путем взвешивания заданных кормов и их остатков. Ежедневно проводили наблюдение за поведением и состоянием здоровья перепелов.

Контрольные взвешивания птицы проводили при постановке на опыт и в 60-дневном возрасте по окончании периода выращивания. В двухмесячном возрасте проведен убой перепелов по три головы из каждой группы. Оставшийся молодняк птицы распределен в соотношении 3 : 1 (три самочки и один самец). Учет яичной продуктивности несушек осуществляли ежедневно. В возрасте 95 дней от несушек было отобрано яйцо и заложено на инкубацию (в течение 17 дней) для определения инкубационных качеств.

Химический состав комбикормов, мяса и яиц перепелов исследовали в биохимической лаборатории СибНИПТИЖа СФНЦА РАН по общепринятым методикам зоотехнического анализа.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комбикорм для перепелов приготовлен в соответствии с основными требованиями для данного вида птицы: сбалансированность, высококалорийность и необходимая

Табл. 1. Схема опыта

Table 1. Experiment outline

Группа	<i>n</i>	Период скармливания, дни	Особенности кормления
Контрольная	50	–	Основной рацион (ОР)
1-я опытная	50	21	ОР + 40 мкг/кг корма наносеребра на цеолите
2-я опытная	50	21	ОР + 40 мкг/кг корма наносеребра в составе коллоидного препарата «Арговит»

¹¹ Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / Под общ. ред. В.И. Фисинина, Ш.А. Имангулова, Сергиев Посад, 2000. 33 с.

¹² Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А. Кормление сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад, 2003. 375 с.

степень измельчения. В состав комбикорма входили следующие компоненты: пшеница фуражная, соя экструдированная, жмых подсолнечный, мука мясорастительная, мука рыбная, дрожжи кормовые, жир технический, мел кормовой, дефторированный фосфат, премикс. Процентное содержание ингредиентов комбикорма и его питательность различались в зависимости от возраста птицы (0–30 дней, 31–60 дней и старше). В среднем в 100 г комбикорма содержалось 1,28 МДж обменной энергии, 23,78 г сырого протеина, 3,99 г сырой клетчатки.

Введение нанокompозита серебра на цеолите и в составе препарата «Арговит» в комбикорм оказало заметное влияние на поедаемость его. В период выращивания (60 дней) птицы опытных групп употребили комбикорма на 7,55–10,58% меньше по сравнению с контрольными аналогами.

Сохранность поголовья цыплят опытных групп была выше по сравнению с контрольной на 3–4% (см. табл. 2).

Перепела опытных групп обладали более высокой энергией роста и лучшей конверсии корма в мясную продукцию, они превосходили контрольных аналогов по абсолютному приросту живой массы на 6,49–7,28%, по среднесуточному приросту на 6,48–7,35%, при пониженном на 13,14–16,62% расходе кормов на единицу продукции. Наиболее высокие показатели продуктивности и эффективности использования комбикорма получены в 1-й опытной группе.

Результаты контрольного убоя птицы показали, что масса потрошеной тушки перепелов опытных групп была больше, чем в контрольной группе, на 1,48–6,16%, убойный выход выше на 0,24–0,94% (см. табл. 3).

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

Table 2. Survival rate, increase in live weight and feed efficiency ratio of quail chicks during the rearing period

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
Сохранность, %	91	95	94
Живая масса 1 гол., г:			
в начале опыта	8,10 ± 0,09	8,31 ± 0,09	8,16 ± 0,11
в конце опыта	171,50 ± 1,25	183,60 ± 1,06	182,16 ± 0,91
Прирост живой массы, г:			
абсолютный	163,40 ± 1,19	175,29 ± 1,01	174,00 ± 0,87
среднесуточный	2,72 ± 0,02	2,92 ± 0,02	2,90 ± 0,01
Потреблено кормов, кг	1,219	1,090	1,127
Расход корма на 1 г прироста, г	7,46	6,22	6,48

Табл. 3. Результаты убоя подопытной птицы

Table 3. Slaughter results of experimental birds

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
Предубойная масса одной головы, г	169,33 ± 0,47	177,67 ± 1,03	171,33 ± 0,94
Масса полупотрошеной тушки, г	144,67 ± 0,94	152,00 ± 0,41	146,67 ± 0,47
Соотношение к живой массе, %	85,44	85,55	85,60
Масса потрошеной тушки, г	135,33 ± 0,74	143,67 ± 0,74	137,33 ± 0,82
Убойный выход, %	79,92	80,86	80,16

В мясе (фарше) птицы опытных групп содержалось больше по сравнению с контролем сухого вещества на 3,01–3,09% ($p < 0,95$), белка на 0,37–0,64% ($p < 0,95$) и жира на 2,83–3,15% ($p < 0,95$) (см. табл. 4).

В исследованиях установлено, что скормливание наносеребра на основе цеолита и препарата «Арговит» молодняку в период выращивания стимулирует в дальнейшем рост яичной продуктивности несушек. Яйценоскость птицы в опытных группах возросла по сравнению с контрольными аналогами на 6,00–7,45%, интенсивность яйцекладки на 4–5%, выход яйцемассы на 6,02–7,89% при снижении затрат кормов на получение 10 яиц на 14,62–18,28% (см. табл. 5). Наиболее высокие показатели яичной продуктивности и эффективности использования комбикорма получены в 1-й опытной группе.

Включение в рацион нанокompозита серебра на основе цеолита и с препаратом

«Арговит» повысило содержание в яичном желтке сухого вещества на 0,2–3,11%, белка на 0,93–1,95% (см. табл. 6). Межгрупповые различия по концентрации в белке яиц сухого вещества, собственно белка, жира и золы, незначительны. Содержание кальция в скорлупе яиц опытных групп отмечено выше, чем в контроле, на 3,17–4,0% ($p > 0,95$), ее толщина увеличилась на 7,56–8,0% ($p > 0,95$).

В эксперименте установлено, что скормливание птице с комбикормом нанокompозита серебра, нанесенного разными способами на субстрат, улучшило инкубационные качества перепелиных яиц (см. табл. 7).

Выход инкубационных яиц в опытных группах возрос по сравнению с контролем на 3,33–11,7%, отходы инкубации уменьшились на 15,38–23,08%, вывелось цыплят от заложенных и оплодотворенных яиц больше соответственно на 3,21 и 2,0–2,89%. Меж-

Табл. 4. Химический состав мяса (фарша) цыплят перепелов, %

Table 4. The chemical composition of minced meat of quail chicks, %

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
Вода	69,31 ± 0,16	66,30 ± 0,75	66,22 ± 1,10
Сухое вещество	30,69 ± 0,16	33,70 ± 0,75	33,78 ± 1,10
Белок	16,65 ± 0,30	17,29 ± 0,10	17,02 ± 0,09
Жир	11,21 ± 0,31	14,04 ± 1,04	14,36 ± 1,31
Зола	2,85 ± 0,02	2,37 ± 0,27	2,41 ± 0,34

Табл. 5. Показатели продуктивности несушек перепелов

Table 5. Laying quails productivity indicators

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
Яйценоскость (получено яиц на несушку за 95 дней), шт.	63,65	68,39	67,47
Интенсивность яйцекладки, %	67	72	71
Средняя масса яйца, г	11,78 ± 0,16	11,83 ± 0,14	11,79 ± 0,13
Получено (выход) яичной массы, кг	0,748	0,807	0,793
Затраты корма, кг:			
всего	2,957	2,600	2,682
на 1 кг яйцемассы	3,953	3,222	3,382
на 10 яиц	0,465	0,380	0,397

Табл. 6. Химический состав яиц несушек перепелов, %**Table 6.** The chemical composition of quail eggs, %

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
<i>Содержание в желтке</i>			
Сухое вещество	43,99 ± 0,55	44,19 ± 0,56	47,10 ± 0,32
Белок	16,57 ± 0,20	17,50 ± 0,16	18,52 ± 0,31
Жир	25,71 ± 0,52	25,42 ± 0,48	27,21 ± 0,29
Зола	1,71 ± 0,22	1,27 ± 0,13	1,27 ± 0,04
Кальций	1,05 ± 0,06	1,14 ± 0,14	1,15 ± 0,12
Фосфор	1,10 ± 0,02	1,22 ± 0,16	1,11 ± 0,08
<i>Содержание в белке</i>			
Сухое вещество	88,33 ± 0,04	88,33 ± 0,17	88,06 ± 0,17
Жир	0,37 ± 0,01	0,39 ± 0,04	0,38 ± 0,03
Собственно белок	11,67 ± 0,04	11,67 ± 0,17	11,94 ± 0,17
Зола	0,77 ± 0,01	0,78 ± 0,01	0,77 ± 0,01
<i>Содержание в скорлупе</i>			
Сухое вещество	70,83 ± 0,57	73,30 ± 0,14	72,14 ± 0,25
Зола	58,94 ± 0,49	60,34 ± 0,30	59,59 ± 0,66
Кальций	23,92 ± 1,62	27,92 ± 0,10	27,09 ± 0,46
Фосфор	0,38 ± 0,03	0,41 ± 0,01	0,34 ± 0,01
Толщина скорлупы, мм	0,225 ± 0,009	0,243 ± 0,006	0,242 ± 0,007

Табл. 7. Инкубационные качества яиц перепелов**Table 7.** Hatching quality of quail eggs

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		1-я	2-я
Отложено яиц, шт.	70	60	60
Проинкубировано яиц, шт.	56	55	50
Выход инкубационных яиц, %	80,0	91,7	83,33
Отходы инкубации, шт.	13	11	10
В том числе неоплодотворенные яйца, шт.	6	5	5
Вывелось цыплят, гол.:	43	44	40
от заложенных яиц, %	76,79	80,0	80,0
от оплодотворенных яиц, %	86,0	88,0	88,89
Живая масса цыпленка, г	8,00 ± 0,17	8,07 ± 0,14	8,06 ± 0,17

групповые различия по живой массе цыпленка несут незначительный характер (максимум 0,88%).

Экономический эффект, рассчитанный на основе данных о стоимости комбикорма, добавок и стоимости реализации продукции (яйцо несушек) возрос в опытных группах на 13,76–17,26% по отношению к контрольным аналогам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование в рационах перепелов нанокомпозита серебра на основе цеолита и в

составе коллоидного препарата «Арговит» в дозе 40 мкг/кг комбикорма в течение 21 дня оказало заметное влияние на зоотехнические и экономические показатели продуктивности птицы:

– в период выращивания цыплят (60 дней) повысились сохранность на 3–4% и среднесуточный прирост живой массы на 6,48–7,35% при снижении на 13,14–16,62% расхода кормов на единицу продукции, улучшились показатели мясной продуктивности перепелов (увеличение массы

потрошеной тушки цыплят на 1,48–6,16%, повышение содержания белка в мясе на 20,37–0,64%). Наиболее высокие показатели продуктивности и эффективности использования комбикорма получены в 1-й опытной группе, потреблявшей наносеребро на основе цеолита;

– в период продуктивного использования несушек (95 дней) повысилась яйценоскость перепелов на 6,00–7,45%, выход яичной массы на 6,02–7,89%, выход инкубационных яиц на 3,33–11,7%. Наиболее высокие показатели яичной продуктивности и эффективности использования комбикорма получены в 1-й опытной группе, потреблявшей наносеребро на основе цеолита. Экономический эффект возрос на 13,76–17,26% по отношению к контролю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Konkol D. The Use of Nanominerals in Animal Nutrition as a Way to Improve the Composition and Quality of Animal Products/ D. Konkol and K. Wojnarowski // *Journal of Chemistry*. 2018. Article ID 5927058. P. 1–7 DOI:10.1155/2018/5927058.
2. Huchchannavar S., Ramesh B.K., Ravishanakar G., Govindappa M.R. Application of nanotechnology in food and feed: A review // *International Journal of Chemical Studies*. 2019. Vol. 7 (4). P. 1180–1185.
3. Каплуненко В.Г., Косинов Н.В., Бовсуновский А.Н., Чёрный С.А. Нанотехнологии в сельском хозяйстве // *Зерно*. 2008. № 4. С. 46–54.
4. Тарабанова Е.В., Реймер В.А., Алексеева З.Н. Влияние серебряного нанобиокомпозита на физиологический статус цыплят кросса Ломан Браун // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2011. № 7. С. 43–48.
5. Мирошников С.А., Сизова Е.А. Наноматериалы в животноводстве // *Вестник мясного скотоводства*. 2017. № 3 (99). С. 7–22.
6. Gopi M., Pearlin B., Dhinesh Kumar R., Shanmathy M., Prabakar G. Role of Nanoparticles in Animal and Poultry Nutrition: Modes of Action and Applications in Formulating Feed Additives and Food Processing // *International Journal of Pharmacology*. 2017. Vol. 13. P. 724–731. DOI: 10.3923/ijp.2017.724.731

7. Toma G.O. Current and Future Improvements in Livestock Nutrition and Feed Resources // Additional information is available at the end of the chapter. DOI: 10.5772/intechopen.73088 Provisional chapter © 2016.
8. Huang S., Wang L., Liu Y., Hou L. Nanotechnology in agriculture, livestock, and aquaculture in China. A review // *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. Vol. 35 (2). P. 369–400.
9. Bąkowski M., Kiczorowska B., Samolińska W., Klebaniuk R., Lipiec A. Silver and Zinc Nanoparticles in Animal Nutrition – A Review // *Annals of Animal Science* 2018. Vol. 18 (4). P. 879–898. DOI: 10.2478/aoas-2018-0029
10. Куликова О.В., Назарова А.А., Полищук С.Д. Влияние нанокристаллических металлов на процессы кроветворения при введении в рацион кроликов // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2012. № 2 (14). С. 70–73.
11. Полунина Л., Улитко В., Ерисанова О. Наноструктурированный препарат для бройлеров // *Комбикорма*. 2009. № 3. С. 63–64.
12. Гуля В.Г., Мерзлякова О.Г. Влияние скармливания нанокompозита серебра несушкам перепелов на их продуктивные и воспроизводительные качества // *Достижения науки и техники АПК*. 2012. № 3. С. 36–39.

REFERENCES

1. Konkol D., Wojnarowski K. The Use of Nanominerals in Animal Nutrition as a Way to Improve the Composition and Quality of Animal Products. *Journal of Chemistry*, 2018, Article ID 5927058, pp. 1–7. DOI:10.1155/2018/5927058.
2. Huchchannavar S., Ramesh B.K., Ravishanakar G., Govindappa M.R. Application of nanotechnology in food and feed: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 2019, vol. 7 (4), pp. 1180–1185.
3. Kaplunenko V.G., Kosinov N.V., Bovsunovskii A.N., Chernyi S.A. Nanotekhnologii v sel'skom khozyaistve [Nanotechnologies in agriculture]. *Zerno* [Grain]. 2008, no. 4, pp. 46–54. (In Russian).
4. Tarabanova E.V., Reimer V.A., Alekseeva Z.N. Vliyanie serebryanogo nanobiokompozita na fiziologicheskii status tsyplyat krossa Loman Braun [The effect of silver nanobiocomposite on the physiological status of

- cross chickens Loman Brown]. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormo-proizvodstvo* [Feeding of Agricultural Animals and Feed Production], 2011, no. 7, pp. 43–48.
5. Miroshnikov S.A., Sizova E.A. Nanomaterialy v zhivotnovodstve [Nanomaterials in animal husbandry]. *Vestnik myasnogo skotovodstva* [The Herald of Beef Cattle Breeding], 2017, no. 3 (99), pp. 7–22. (In Russian).
 6. Gopi M., Pearlin B., Dhinesh Kumar R., Shanmathy M., Prabakar G. Role of Nanoparticles in Animal and Poultry Nutrition: Modes of Action and Applications in Formulating Feed Additives and Food Processing. *International Journal of Pharmacology*, 2017, vol. 13, pp. 724–731. DOI: 10.3923/ijp.2017.724.731
 7. Toma G.O. Current and Future Improvements in Livestock Nutrition and Feed Resources. *Additional information is available at the end of the chapter*. DOI: 10.5772/intechopen.73088 Provisional chapter © 2016.
 8. Huang S., Wang L., Liu Y., Hou L. Nanotechnology in agriculture, livestock, and aquaculture in China. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2015, vol. 35 (2), pp. 369–400.
 9. Bąkowski M., Kiczorowska B., Samolińska W., Klebaniuk R., Lipiec A. Silver and Zinc Nanoparticles in Animal Nutrition – A Review. *Annals of Animal Science*, 2018, vol. 18 (4), pp. 879–898. DOI: 10.2478/aoas-2018-0029.
 10. Kulikova O.V., Nazarova A.A., Polishchuk S.D. Vliyanie nanokristallicheskich metallov na protsessy krovetvoreniya pri vvedenii v ratsion krolikov [The effect of nanocrystalline metals on blood formation processes when introduced into the diet of rabbits]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev], 2012, no. 2 (14), pp. 70–73. (In Russian).
 11. Polunina L., Ulit'ko V., Erisanova O. Nanostrukturovannyi preparat dlya broilerov [Nanostructured preparation for broiler]. *Kombikorma* [Compound Feeds Magazine], 2009, no. 3, pp. 63–64. (In Russian).
 12. Guglya V.G., Merzlyakova O.G. Vliyanie skarmlivaniya nanokompozita srebra nesushkam perepelov na ikh produktivnye i vosproizvoditel'nye kachestva [The effect of feeding silver nanocomposite to laying quails on their productive and reproductive qualities]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2012, no. 3, pp. 36–39. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Мерзлякова О.Г.**, старший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: olga.m52@mail.ru

Рогачёв В.А., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией; e-mail: helmet@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Merzlyakova O.G.**, Senior Researcher; address: PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: olga.m52@mail.ru

Rogachev V.A., Doctor of Science in Agriculture, Laboratory Head; e-mail: helmet@mail.ru

Дата поступления статьи 26.02.2020

Received by the editors 26.02.2020

ВЛИЯНИЕ АНТИБИОТИКОВ И НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ИЗМЕНЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ *E. COLI* К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРЕПАРАТАМ

Шкиль Н.Н., Нефедова Е.В.

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

Для цитирования: Шкиль Н.Н., Нефедова Е.В. Влияние антибиотиков и наночастиц серебра на изменение чувствительности *E. coli* к антибактериальным препаратам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 84–91. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-10.

For citation: Shkil N.N., Nefedova E.V. Vliyanie antibiotikov i nanochastits serebra na izmenenie chuvstvitel'nosti *E. coli* k antibakterial'nym preparatam [Influence of antibiotics and silver nanoparticles on the change of sensitivity of *E. coli* to antibacterial drugs] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp.84–91. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-10.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены исследования по оценке влияния антибиотиков и наночастиц серебра в комбинации с антибиотиками на изменение антибиотикочувствительности к антибактериальным препаратам у референтного штамма *E. coli* ATCC 25922 и ее изолята. В опыте использовали наночастицы, полученные электронно-лучевой обработкой водного раствора, содержащего водорастворимый полимер-стабилизатор и водорастворимую соль серебра. Обработка заключалась в пропускании пучка ускоренных электронов, получаемых на установке линейного ускорителя типа ИЛУ-10, через раствор с рабочей дозой 5–30 кГр размером от 20 до 60 нм. Определение чувствительности микроорганизмов референтного штамма *E. coli* ATCC 25922 и ее изолята, выделенного при эндометрите коровы, к антибактериальным веществам и их сочетаний определяли из разведения с минимальной бактериостатической концентрацией. На МПА вносили 0,2 мл разведения и дискодиффузионным методом определяли антибиотикочувствительность микроорганизмов. Определение чувствительности проводили к 24 видам антибактериальных препаратов. Культивирование *E. coli* ATCC 25922 с AgNPs в комбинации с одним из антибиотиков (азитронит, амоксициллин, энрофлокс, цефтиофур, тилозин, кобактан, окситетрациклин) способствовало росту количества препаратов (от 14,3 до 57,1%), к которым микроорганизм был чувствителен. Культивирование изолята *E. coli* с 5 (62,5%) из изучаемых антибиотиков вызывало рост устойчивости от 1 (5,5%) до 3 (16,7%) антибактериальных средств.

INFLUENCE OF ANTIBIOTICS AND SILVER NANOPARTICLES ON THE CHANGE OF SENSITIVITY OF *E. COLI* TO ANTIBACTERIAL DRUGS

Shkil N.N., Nefedova E.V.

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

Krasnoobsk, Russia

Research has been conducted to evaluate the effect of antibiotics and silver nanoparticles in combination with antibiotics on the change in antibiotic sensitivity to antibacterial drugs of *E. coli* ATCC 25922 reference strain and its isolate. Nanoparticles obtained by electron beam treatment of aqueous solution containing water-soluble stabilizing polymer and water-soluble silver salt were used in the experiment. During the treatment a beam of accelerated electrons obtained on the installation of a linear accelerator of the ILU-10 type passed through a solution with a working dose of 5–30 kGy ranging in size from 20 to 60 nm. Sensitivity of microorganisms of *E. coli* ATCC 25922 reference strain and its isolate obtained from cow endometritis to antibacterial substances and their combinations was determined from dilution with a minimum bacteriostatic concentration. The dilution in the amount of 0.2 ml was added to meat-and-peptone agar and the antibiotic sensitivity of microorganisms was determined by the disk diffusion method. Sensitivity to 24 types of antibacterial drugs was tested. Cultivation of *E. coli* ATCC 25922 with AgNPs in combination with one of the antibiotics (azitronite, amoxicillin, enroflox, ceftiofur, tylosin, cobactan, oxytetracycline) contributed to an increase in the number of drugs (from 14.3 to 57.1%), to which the microorganism was sensitive. Cultivation of the *E. coli* isolate with 5 (62.5%) of the studied antibiotics led to an increase in resistance from 1 (5.5%) to 3 (16.7%)

AgNPs в комбинации с антибиотиками азитронит, амоксициллин, энрофлокс, цефтиофул, тилозин, кобактан, гентамицин, окситетрациклин способствовали снижению устойчивости *E. coli* ATCC 25922 (от 15,4 до 46,1%) и полевого изолята *E. coli* (от 16,7 до 37,7 %) к антибактериальным препаратам. Установлена выраженная способность AgNPs повышать антибиотикочувствительность. Это подтверждается совместным культивированием антибиотиков и AgNPs с *E. coli* ATCC 25922 и полевого изолята *E. coli*, которое вызвало рост показателей чувствительности и высокой чувствительности к антибактериальным препаратам, которая ранее отсутствовала. Проведенные исследования подтверждают результаты исследований о наличии способности наночастиц металлов переходной группы влиять на чувствительность микроорганизмов и восстанавливать ее к антибактериальным средствам.

Ключевые слова: наночастицы серебра, антибиотикорезистентность, *E. coli*, антибиотик, антибиотикочувствительность, AgNPs

ВВЕДЕНИЕ

В 2001 г. в соответствии с решением Всемирной организации здравоохранения ООН проблема антибиотикорезистентности объявлена основной на пути решения лечения инфекционных заболеваний. Разработанная программа «Глобальная стратегия по сдерживанию антимикробной резистентности» направлена на ее предотвращение, формирование и распространение (World Health Organization. WHO Global Strategy for Containment of Antimicrobial Resistance. Geneva, 2001. WHO/CDS/CSR/DRS/2001.2.). В странах Европейского Союза и Северной Америки разработаны национальные программы по борьбе с распространением этого опасного феномена. В 2004 г. ВОЗ ООН предложила рассматривать феномен антимикробной резистентности как решающий фактор, способствующий изменению возникновения, течения и проявления ранее известных инфекционных болезней, а также разработала рекомендации по ее преодолению [1].

Распоряжением Правительства РФ № 2045-р от 25.09.2017 утверждена «Стра-

tegia предупреждения распространения антимикробной резистентности», где обозначен комплекс мер, направленных на ограничение распространения феномена антибиотикорезистентности. В рамках стратегии предусмотрено информирование населения об ее опасности, повышение квалификации специалистов, меры предупреждения и развития антибиотикорезистентности, а также обеспечение системного мониторинга распространения и проявления, совершенствование мер по предупреждению и ограничению распространения и циркуляции возбудителей с антимикробной резистентностью, изучению механизмов возникновения, разработке альтернативных методов лечения и профилактики инфекционных заболеваний¹. Указанные документы свидетельствуют о большом значении проблемы антибиотикорезистентности в современной микробиологии. Устойчивость к нескольким лекарствам становится растущей проблемой в лечении инфекционных заболеваний, использование антибиотиков широкого спектра действия привело к развитию устойчивости к антибиотикам со стороны

Keywords: silver nanoparticles, antibiotic resistance, *E. coli*, antibiotic, antibiotic sensitivity, AgNPs

¹Стратегия предупреждения распространения антимикробной резистентности: распоряжение Правительства РФ № 2045-р от 25.09.2017.

многочисленных бактериальных патогенов человека и животных. В связи с этим существует острая необходимость в разработке альтернативных, экономически выгодных и эффективных противомикробных агентов, которые преодолевают устойчивость к противомикробным препаратам [2, 3].

Актуальность проведения исследований подтверждают данные Н. Нестерова о росте применения антибактериальных препаратов в животноводстве Российской Федерации с 2005 по 2013 г. более, чем в 4,5 раза [4].

В 2015 г. на Межправительственном совете стран СНГ отмечена необходимость разработки новых подходов к проблеме антибиотикоустойчивости микроорганизмов. Внесены предложения по ограничению распространения антибиотикоустойчивости микроорганизмов и снижению применения гормональных препаратов. Контроль за выполнением принятых решений предложено возложить на государственные структуры ветеринарных служб стран СНГ [5]. В связи с этим работы, направленные на поиск препаратов и их комбинаций с целью снижения содержания антибиотиков в продуктах животноводства при одновременном сохранении их высоких терапевтических свойств, являются актуальными в современной фармакологии.

Основным способом борьбы с антибиотикорезистентностью микроорганизмов остается создание новых препаратов, однако высокая стоимость их синтеза и длительное время разработки существенно осложняют борьбу с инфекционными болезнями. В связи с этим ведется активный поиск способов повышения антибактериальных свойств известных препаратов. Наночастицы серебра широко используют в различных сферах медицины в качестве биомаркеров, противомикробных, противоопухолевых средств, меток клеток и систем доставки лекарств для лечения различных заболеваний, а также средств диагностики. Многочисленные исследования свидетельствуют о стимулирующем влиянии серебра при его пероральном и парентеральном введении на ретикуло-эндотелиальную систему организма, об активном и антиви-

русном действии и выраженной противовоспалительной активности [2, 3, 6–8].

Цель работы – оценить влияние антибиотиков и наночастиц серебра в комбинации с антибиотиками на изменение антибиотикочувствительности к антибактериальным препаратам у референтного штамма *E. coli* ATCC 25922 и ее изолята.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для изучения использовали содержащий наночастицы серебра (AgNPs) 12–14 мкг/мл препарат арговит (НПЦ «Вектор-Вита», Новосибирск); цефтимаг в 1 мл содержит цефтиофур гидрохлорид – 100 мг, метиловый эфир параоксибензойной кислоты – 1,8 мг, пропиловый эфир параоксибензойной кислоты – 0,2 мг и пропиленгликоль дикаприлата/дикапрата до 1 мл; окситетрацилин в виде 10%-го водного раствора; энрофлоксацин, содержащий 50 мг энрофлоксацина в 1 мл; гентамицин сульфата – 40 мг в 1 мл; азитронит, содержащий в 1 мл 100 мг азитромицина дигидрата, 110 мг пропиленгликоля, 35 мг цитрата натрия, 10 мг бензилового спирта, лимонной кислоты до pH = 5,8 и воды для инъекций до 1 мл; амоксициллин-амоксициллин (тригидрат) – 150 мг/мл; тилозин 50 – тилозина тартрат основания в 1 мл раствора – 50 000 ЕД; кобактан – в 1 мл цефкина – 25 мг.

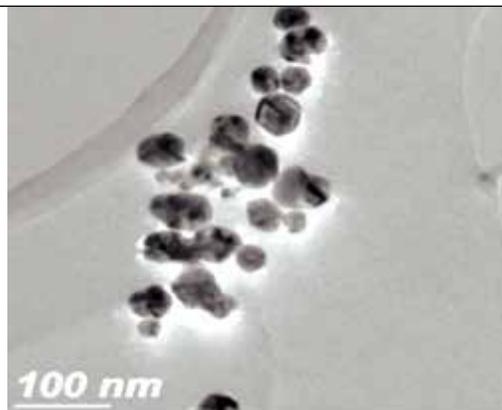
Определение чувствительности микроорганизмов референтного штамма *E. coli* ATCC 25922 и ее изолята, выделенного при эндометрите коровы, к антибактериальным веществам и их сочетаний определяли из разведения с минимальной бактериостатической концентрацией, 0,2 мл которого вносили на МПА и дискодиффузионным методом определяли антибиотикочувствительность микроорганизмов. Определение чувствительности проводили к 24 видам антибактериальных препаратов. Чувствительность микроорганизмов к антибиотикам определяли по степени задержки диаметра роста вокруг диска: до 10 мм – устойчивые, до 15 – малочувствительные, до 20 – чувствительные, более 20 мм – высокочувствительные².

²Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: методические указания МУК 4.2. 1890-04. М.: ЦНИИЭ, 2004. 101 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наночастицы серебра препарата арговит размером от 20 до 60 нм получали электронно-лучевой обработкой водного раствора, содержащего водорастворимый полимер-стабилизатор и водорастворимую соль серебра. Данная обработка заключалась в пропускании пучка ускоренных электронов, получаемых на установке линейного ускорителя типа ИЛУ-10, через раствор с рабочей дозой 5–30 кГр. Все образцы содержали частицы серебра нанометрового диапазона. Визуализовались контрастные частицы сферической, треугольной, многогранной формы с характерным для наночастиц серебра видом (четким контуром), высокой электронной плотностью и характерной дифракционной картиной с кольцами и рефлексами для большого количества наночастиц (см. рисунок).

Бактерицидные свойства серебра и его наночастиц известны давно и широко изучены, однако влияние на биологические характеристики микроорганизмов, которые находились в контакте с AgNPs, изучены недостаточно. Перед исследованиями прове-



Частицы серебра нанометрового диапазона
Nanometer silver particles

дена оценка антибиотикочувствительности в качестве контрольных показателей у *E. coli* ATCC 25922 и установлена устойчивость к 13 препаратам: малая чувствительность – к 4, чувствительность – к 7, высокочувствительных препаратов не выявлено.

Изучение влияния антибиотиков амоксициллин, энрофлокс, цефтиофур, тилозин, кобактан, гентамицин при культивировании *E. coli* ATCC 25922 показало рост устойчивости от 7,7 до 30,8% антибактериальных препаратов (см. табл. 1).

Табл. 1. Влияние AgNPs и антибиотиков на изменение чувствительности *E. coli* ATCC 25922 к антибактериальным препаратам

Table 1. The effect of AgNPs and antibiotics on the change in the sensitivity of *E. coli* ATCC 25922 to antibacterial drugs

Препарат и комбинации	Количество препаратов и изменение антибиотикочувствительности, % к контрольным показателям							
	У	%	М	%	Ч	%	В	%
Азитронит	13	0	4	0	7	0	–	–
Азитронит + AgNPs	7	–46,1	3	–25	10	42,8	4	400
Амоксициллин	14	7,7	3	–25	6	–14,3	–	–
Амоксициллин + AgNPs	10	–23,1	2	–3,3	10	42,8	3	300
Энрофлокс	15	15,4	5	25	3	–57,1	1	100
Энрофлокс + AgNPs	10	–23,1	–	–400	10	42,8	4	400
Цефтиофур	14	7,7	5	25	5	–28,6	–	–
Цефтиофур + AgNPs	8	–38,5	1	–75	11	57,1	4	400
Тилозин	15	15,4	3	–25	6	–14,3	–	–
Тилозин + AgNPs	10	–23,1	–	–400	8	14,3	6	600
Кобактан	17	30,8	3	–25	4	–42,8	–	–
Кобактан + AgNPs	11	–15,4	–	–400	9	28,6	4	400
Гентамицин	17	30,8	4	0	3	–57,1	–	–
Гентамицин + AgNPs	11	–15,4	–	–400	6	– 14,3	6	600
Окситетрациклин	13	0	4	–0	5	–28,6	2	200
Окситетрациклин + AgNPs	6	–46,1	–	–400	8	14,3	10	1000

Примечание. У – устойчивые, М – малочувствительные; Ч – чувствительные; В – высокочувствительные.

Культивирование *E. coli* ATCC 25922 с AgNPs и антибиотиками азитронит, амоксициллин, энрофлокс, цефтиофул, тилозин, кобактан, окситетрациклин способствовало росту (от 14,3 до 57,1 %) количества препаратов, к которым микроорганизм был чувствителен. Комбинации AgNPs со всеми изучаемыми антибиотиками способствовали появлению высокой чувствительности у *E. coli* ATCC 25922 от 3 до 10 препаратов (от 8,0 до 41,7% от числа исследованных), которой ранее не наблюдалось.

Антибиотикочувствительность полевого изолята *E. coli*, выделенного от клинически больного животного, характеризовалась низкой чувствительностью. В контрольных измерениях установлена его устойчивость к 18 препаратам; малочувствительность – к 6, при этом чувствительность и высокая чувствительность к препаратам не выявлены.

Культивирование изолята *E. coli* с 5 (62,5%) из изучаемых антибактериальных препаратов вызывало рост устойчивости от 5,5 до 16,7%

к количеству антибактериальных средств. Значительный рост чувствительности установлен при инкубировании у всех сочетаний антибиотиков с AgNPs от 5 (20,8 %) до 9 (37,5 %) изучаемых препаратов; высокая чувствительность отмечена у 3 (37,5%) препаратов. Сочетание AgNPs с азитронитом, кобактаном и окситетрациклином вызвало наибольший рост препаратов с высокой степенью антибиотикочувствительности изолята *E. coli* (см. табл. 2).

Дополнительным подтверждением выраженной способности AgNPs повышать антибиотикочувствительность в сочетании с антибиотиком как у музейного штамма *E. coli*, так и его полевого изолята является снижение количества устойчивости и малочувствительности к изучаемым антибактериальным препаратам.

Проведенные исследования показали наличие у AgNPs свойств преодоления антибиотикорезистентности и появления ранее отсутствующей высокой чувствительности к препаратам у микроорганизмов. В основе

Табл. 2. Влияние AgNPs и антибиотиков на изменение чувствительности изолята *E. coli* к антибактериальным препаратам

Table 2. The effect of AgNPs and antibiotics on the change in the sensitivity of the *E. coli* isolate to antibacterial drugs

Препарат и комбинации	Количество препаратов и изменение антибиотикочувствительности, % к контрольным показателям							
	У	%	М	%	Ч	%	В	%
Азитронит	17	-5,5	6	0	1	100	-	-
Азитронит + AgNPs	14	-22,2	-	-600	9	900	1	100
Амоксициллин	21	16,7	3	50	-	-	-	-
Амоксициллин + AgNPs	15	-16,7	-	-600	9	900	-	-
Энрофлокс	19	5,5	4	-33,3	1	100	-	-
Энрофлокс + AgNPs	13	-27,7	3	-50	8	800	-	-
Цефтиофул	17	-5,5	5	-16,7	2	200	-	-
Цефтиофул + AgNPs	13	-27,7	3	-50	8	800	-	-
Тилозин	20	11,1	4	-33,3	-	-	-	-
Тилозин + AgNPs	15	-16,7	1	-83,3	8	800	-	-
Кобактан	20	11,1	2	-66,7	2	200	-	-
Кобактан + AgNPs	15	-16,7	1	-83,3	7	700	1	100
Гентамицин	19	5,5	4	-33,3	1	100	-	-
Гентамицин + AgNPs	14	-22,2	1	-83,3	9	900	-	-
Окситетрациклин	18	0	4	-33,3	2	200	-	-
Окситетрациклин + AgNPs	12	-33,3	-	-600	5	500	7	700

Примечание. У – устойчивые, М – малочувствительные, Ч – чувствительные; В – высокочувствительные

этого явления лежат сложные разнообразные механизмы бактерицидного действия частиц серебра в отношении микроорганизмов. Антибактериальный эффект AgNPs обусловлен его частичным окислением и высвобождением ионов серебра, которые взаимодействуют с клеточной стенкой пептидогликана и плазматической мембраной, вызывая лизис клеток, а также воздействие на бактериальную (цитоплазматическую) ДНК, предотвращающую репликацию ДНК и бактериальные белки, вызывая нарушения синтеза белка. Многогранная антибактериальная активность является ключом к низким показателям бактериальной устойчивости, наблюдаемым для препаратов серебра и наносеребра [6–15]. Проведенные исследования подтверждают результаты исследований о наличии способности наночастиц металлов переходной группы влиять на чувствительность микроорганизмов и восстанавливать ее к антибактериальным средствам³ [16]. Актуальность проведенных исследований подтверждается исследованиями других авторов, которые наблюдали синергетическое действие наночастиц серебра в комбинации с эритромицином и левофлоксацином против *Staphylococcus aureus*. Антимикробная активность с антибиотиками по сравнению с чистыми наночастицами серебра увеличивалась в 1,16–1,32 раза. Этот синергизм может оказаться актуальным для лечения инфекций, вызванных бактериями с множественной лекарственной устойчивостью [17]. Результаты наших исследований подтверждают синергетический антибактериальный эффект от совместного применения AgNPs и антибактериальных средств, который установлен при определении антимикробной активности наночастиц серебра и глюконата хлоргексидина в отношении пяти наиболее распространенных патогенных бактерий ротовой полости человека [18].

Одной из причин увеличения бактерицидной активности антибиотиков в отно-

шении микроорганизмов при их совместном культивировании с AgNPs могут быть эффлюкс-эффекты, играющие важную роль в регуляции работы специфических биомолекул, влияющих на чувство кворума и ответственных за образование биопленок. Транзитное движение чувствительных молекул внутри или снаружи бактериальных клеток может быть прервано из-за нарушения функционирования эффлюкс-насосов. Таким образом, AgNPs блокируют эффлюкс-эффект бактериальных клеток, что способствует восстановлению бактерицидных свойств антибиотиков, а также снижению биопленкообразующей способности микроорганизмов [19].

ВЫВОДЫ

Анализ проведенных исследований позволяет выявить закономерности изменения чувствительности *E. coli* ATCC 25922 и полевого изолята *E. coli* в комбинациях антибиотиков и AgNPs.

1. Результаты исследований показали, что AgNPs в комбинации с азитронитом, амоксициллином, энрофлоксом, цефтиофуrom, тилозином, кобактаном, гентамицином и окситетрациклином способствует снижению устойчивости *E. coli* ATCC 25922 (от 15,4 до 46,1%) и ее полевого изолята (от 16,7 до 37,7%) к антибактериальным препаратам.

2. Выраженная способность наночастиц серебра повышать антибиотикочувствительность подтверждается совместным культивированием антибиотиков и AgNPs с *E. coli* ATCC 25922 и полевого изолята *E. coli*, что вызывает рост их чувствительности и высокую чувствительность к антибактериальным препаратам, которая ранее отсутствовала.

Полученные результаты открывают перспективы дальнейших исследований по совместному применению антибактериальных средств и AgNPs для преодоления антибиотикорезистентности микроорганизмов и созданию высокоэффективных химиотерапевтических средств.

³Мамонова И.А. Влияние наночастиц переходной группы металлов на антибиотикорезистентные штаммы микроорганизмов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2013. 21 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренко С.В., Тишков В.И. Молекулярные основы резистентности к антибиотикам // Успехи биологической химии. 2004. Т. 44. С. 263–306.
2. Yuan Y.G., Peng Q.L., Gurunathan S. Effects of silver nanoparticles on multiple drug-resistant strains of staphylococcus aureus and pseudomonas aeruginosa from mastitis-infected goats: an alternative approach for antimicrobial therapy // International Journal of Molecular Sciences. 2017. Mar 6. N 18 (3). DOI: 10.3390/ijms18030569.
3. Yu L., Chen X., Shang F., Ni J. The anti-biofilm effect of silver-nanoparticle-decorated quercetin nanoparticles on a multi-drug resistant Escherichia coli strain isolated from a dairy cow with mastitis // Peer-reviewed Journals. 2018. Oct 16; 6:e5711. DOI: 10.7717/peerj.5711.
4. Нестеров Н. Комбикормовой отраслью можно гордиться // Животноводство России. 2014. № 2. С. 2–4.
5. Лозовой Д.А., Рахманов А.М. Сотрудничество ветеринарных служб государств – участников СНГ // Ветеринария сегодня. 2015. № 2. С. 8–10.
6. Nadworny P.L., Wang J., Tredget E.E. Anti-inflammatory activity of nanocrystalline silver in a porcine contact dermatitis model // Nanomedicine. 2008. N 4. P. 241–251.
7. Sibbald R.G., Contreras-Ruiz J., Coutts P. Bacteriology, inflammation, and healing: a study of nanocrystalline silver dressings in chronic venous leg ulcers // Advances in skin and wound care. 2007. N 20. P. 549–558.
8. Tian J., Wong K.K., Ho C.M., Lok C.N., Yu W.Y., Che C.M., Chiu J.F., Tam P.K. Topical delivery of silver nanoparticles promotes wound healing // Medicinal Chemistry Research. 2007. N 2. P. 129–136.
9. Yamanaka M., Hara K., Kudo J. Bactericidal actions of a silver ion solution on Escherichia coli, studied by energy-filtering transmission electron microscopy and proteomic analysis // Applied and Environmental Microbiology. 2005. N 71. P. 7589–7593.
10. Jung W.K., Koo H.C., Kim K.W. Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in Staphylococcus aureus and Escherichia coli // Applied and Environmental Microbiology. 2008. N 74. P. 2171–2178.
11. Morones J.R., Elechiguerra J.L., Camacho A. The bactericidal effect of silver nanoparticles // Nanotechnology. 2005. N 16. P. 2346–2353.

12. Shrivastava S., Tanmay B., Arnab R. Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silver nanoparticles // Nanotechnology. 2007. N 18. P. 225103–225112.
13. Yang W.J., Cenchao S., Zhizhou Z. Food storage material silver nanoparticles interfere with DNA replication fidelity and bind with DNA // Nanotechnology. 2009. N 20. P. 85–102.
14. Burda C., Chen X., Narayanan R., El-Sayed M.A. Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes // Journal of Chemical Reviews. 2005. Apr. 105 (4). P. 1025–102.
15. Panacek A., Kvitek L., Prucek R., Kolar M., Vecerova R., Pizurova N., Sharma V.K., Nevecna T., Zboril R. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity // Journal of Physical Chemistry B. 2006. N 110 (33). P. 16248–16253.
16. Lok C.N., Ho C.M., Chen R., He Q.Y., Yu W.Y. Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities // Journal of Biological Chemistry. 2007. N 12. P. 527–534.
17. Singh M., Kumar M., Kalaivani R., Manikandan S., Kumaraguru A.K. Metallic silver nanoparticle: a therapeutic agent in combination with antifungal drug against human fungal pathogen // Bioprocess and Biosystems Engineering. 2013. Vol. 36. N 4. P. 407–415.
18. Panpaliya N.P., Dahake P.T., Kale Y.J., Dadpe M.V., Kendre S.B., Siddiqi A.G., Maggavi U.R. In vitro evaluation of antimicrobial property of silver nanoparticles and chlorhexidine against five different oral pathogenic bacteria // Saudi Dental Journal. 2019. Vol. 31 (1). P. 76–83. DOI: 10.1016/j.sdentj.2018.10.004.
19. Gupta D., Singh A., Khan A.U. Nanoparticles as efflux pump and biofilm Inhibitor to rejuvenate bactericidal effect of conventional antibiotic // Saudi Dental Journal. 2017. N 12 (1). P. 454. DOI: 10.1186/s11671-017-2222-6.

REFERENCES

1. Sidorenko S.V., Tishkov V.I. Molekulyarnye osnovy rezistentnosti k antibiotikam [Molecular basis of antibiotic resistance]. *Uspekhi biologicheskoi khimii* [Biological Chemistry Reviews], 2004, vol. 44, pp. 263–306.
2. Yuan Y.G., Peng Q.L., Gurunathan S. Effects of silver nanoparticles on multiple drug-resistant strains of staphylococcus aureus and pseudomonas aeruginosa from mastitis-infected goats: an alternative approach for antimicrobial therapy. *International Journal of Molecular Sciences*, 2017, mar 6, no. 18 (3), DOI: 10.3390/ijms18030569.

3. Yu L., Chen X., Shang F., Ni J. The anti-biofilm effect of silver-nanoparticle-decorated quercetin nanoparticles on a multi-drug resistant *Escherichia coli* strain isolated from a dairy cow with mastitis. *Peer-reviewed Journals*, 2018, oct 16; 6: e5711. DOI: 10.7717/peerj.5711.
4. Nesterov N. Kombikormovoi otrasl'yu možno gordit'sya [The feed industry can be proud of]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia], 2014, no. 2, pp. 2–4. (In Russian).
5. Lozovoi D.A., Rakhmanov A.M. Sotrudnichestvo veterinarnykh sluzhb gosudarstv – uchastnikov SNG [Collaboration between veterinary services of CIS countries]. *Veterinariya segodnya* [Veterinary Science today], 2015, no. 2, pp. 8–10. (In Russian).
6. Nadworny P.L., Wang J., Tredget E.E. Anti-inflammatory activity of nanocrystalline silver in a porcine contact dermatitis model. *Nanomedicine*, 2008, no. 4, pp. 241–251.
7. Sibbald R.G., Contreras-Ruiz J., Coutts P. Bacteriology, inflammation, and healing: a study of nanocrystalline silver dressings in chronic venous leg ulcers. *Advances in skin and wound care*, 2007, no. 20, pp. 549–558.
8. Tian J., Wong K.K., Ho C.M., Lok C.N., Yu W.Y., Che C.M., Chiu J.F., Tam P.K. Topical delivery of silver nanoparticles promotes wound healing. *Medicinal Chemistry Research*, 2007, no. 2, pp. 129–136.
9. Yamanaka M., Hara K., Kudo J. Bactericidal actions of a silver ion solution on *Escherichia coli*, studied by energy-filtering transmission electron microscopy and proteomic analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, no. 71, pp. 7589–7593.
10. Jung W.K., Koo H.C., Kim K.W. Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 2008, no. 74, pp. 2171–2178.
11. Morones J.R., Elechiguerra J.L., Camacho A. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 2005, no. 16, pp. 2346–2353.
12. Shrivastava S., Tanmay B., Arnab R. Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 2007, no. 18, pp. 225103–225112.
13. Yang W.J., Cenchao S., Zhizhou Z. Food storage material silver nanoparticles interfere with DNA replication fidelity and bind with DNA. *Nanotechnology*. 2009, no. 20, pp. 85–102.
14. Burda C., Chen X., Narayanan R., El-Sayed M.A. Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes. *Journal of Chemical Reviews*. 2005, apr. 105 (4), pp. 1025–102.
15. Panacek A., Kvítek L., Pucek R., Kolar M., Vecerova R., Pizúrova N., Sharma V.K., Nevečna T., Zboril R. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity. *Journal of Physical Chemistry B*, 2006, no. 110 (33), pp. 16248–16253.
16. Lok C.N., Ho C.M., Chen R., He Q.Y., Yu W.Y. Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities. *Journal of Biological Chemistry*, 2007, no. 12, pp. 527–534.
17. Singh M., Kumar M., Kalaivani R., Manikandan S., Kumaraguru A.K. Metallic silver nanoparticle: a therapeutic agent in combination with antifungal drug against human fungal pathogen. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2013, vol. 36, no. 4, pp. 407–415.
18. Panpaliya N.P., Dahake P.T., Kale Y.J., Dadpe M.V., Kendre S.B., Siddiqi A.G., Maggavi U.R. In vitro evaluation of antimicrobial property of silver nanoparticles and chlorhexidine against five different oral pathogenic bacteria. *Saudi Dental Journal*, 2019, vol. 31 (1), pp. 76–83. DOI: 10.1016/j.sdentj.2018.10.004.
19. Gupta D., Singh A., Khan A.U. Nanoparticles as efflux pump and biofilm inhibitor to rejuvenate bactericidal effect of conventional antibiotic. *Saudi Dental Journal*, 2017, no. 12 (1), pp. 454. DOI: 10.1186/s11671-017-2222-6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Шкиль Н.Н., доктор ветеринарных наук, заведующий лабораторией; адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: nicola07@mail.ru

Нефедова Е.В., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ Shkil N.N., Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head of Laboratory, address: PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: nicola07@mail.ru

Nefedova E.V., Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Дата поступления статьи 18.01.2020
Received by the editors 18.01.2020



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-11

УДК: 631.3:004.422

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПО ВЫБОРУ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П.

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

Для цитирования: Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П. Математическая модель по выбору технологий возделывания зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 92–99. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-11.

For citation: Alt V.V., Balushkina E.A., Isakova S.P. Matematicheskaya model' po vyboru tekhnologii vozdelvaniya zernovykh kul'tur [Mathematical model for choosing grain crops cultivation technologies] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 92–99. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-11.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены исследования по повышению эффективности сельскохозяйственного производства за счет выбора технологии и технических средств на основе математической модели с учетом особенностей расположения и производственных условий хозяйства. Выделены лимитирующие факторы развития зернового производства: увлажнение и сумма температур в вегетационный период, безморозный период и др. Рассмотрены технологии основной обработки почв, обеспечивающих минимизацию воздействия лимитирующих факторов на урожайность. Представлена обобщенная структурная схема процесса выбора технологий и технических средств при возделывании зерновых культур. Сформированы ограничения, влияющие на выбор агротехнологии: почвенно-климатические условия, фитосанитарная обстановка, севооборот, наличие семян и техники и др. Обоснованы критерии оптимизации, которые позволяют выбирать технологии и технические средства, обеспечивая снижение затрат, энергосбережение и экономию трудовых ресурсов при соблюдении заданных агротехнических сроков выполнения

MATHEMATICAL MODEL FOR CHOOSING GRAIN CROPS CULTIVATION TECHNOLOGIES

Alt V.V., Balushkina E.A., Isakova S.P.

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

Krasnoobsk, Russia

Research has been conducted to improve the efficiency of agricultural production by choosing technology and technical equipment based on a mathematical model, taking into account the peculiarities of location and production conditions of a farm. The limiting factors of the development of grain production are highlighted such as moisture content and the sum of temperatures during the growing season, frost-free period, etc. Basic soil tillage technologies that minimize the impact of limiting factors on the yield are considered. A generalized block diagram of the selection process of technologies and technical means for the crop cultivation is presented. Constraints are formed that affect the choice of agricultural technology such as soil and climatic conditions, phytosanitary conditions, crop rotation, availability of seeds and equipment, etc. Optimization criteria have been substantiated that allow to choose technologies and technical means, ensuring cost reduction, energy saving and labor saving while following the specified agrotechnical deadlines of technological operations. A mathematical model has been developed with optimality criteria: consumption of fuels and lubricants, the number

технологических операций. Разработана математическая модель с критериями оптимальности: расходом горюче-смазочных материалов, числом механизаторов, затратами на производство. В модель вошли следующие ограничения: учет агроклиматического расположения хозяйства, учет кадрового потенциала, выполнение заданного объема работ. Модель дает возможность оценить агротехнологию и технические средства по следующим параметрам: минимальной величине прямых затрат, минимальному расходу горюче-смазочных материалов и необходимому числу механизаторов для реализации агротехнологии. На основе данной модели будет разработано программное обеспечение и проведена апробация полученных результатов на данных конкретного хозяйства. Использование программного обеспечения позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства за счет обоснованного принятия управленческих решений сельхозтоваропроизводителю в области выбора и реализации технологий.

Ключевые слова: математическая модель, критерии оптимизации, агротехнологии, ограничения, методы выбора, факторы

ВВЕДЕНИЕ

Хозяйства, занимающиеся выращиванием зерновых культур, в качестве перспективы развития производства рассматривают современные системы земледелия. Они характеризуются эффективностью использования природных ресурсов за счет комплексного учета почвенных, природно-климатических, фитосанитарных и производственных условий хозяйства. Однако низкая степень внедрения таких систем земледелия связана с недостатком информации о возможности их применения в условиях конкретного хозяйства [1–3].

В связи с этим при выборе технологий требуется решение отдельных задач применительно к конкретным почвенно-климатическим и природным условиям, способу посева, оптимальным срокам проведения работ, выбору комплексов машин, обеспечивающих качественное и высокопроизводительное выполнение работ, выбору наиболее рациональных форм организации производственных работ и учета затрат на выполнение всего комплекса работ [4, 5].

of machine operators and production cost. The model includes the following restrictions: the agroclimatic location of the farm, personnel potential, and fulfilment of a given amount of work. The model allows to evaluate agricultural technology and technical means according to the following parameters: the minimum amount of direct costs, the minimum consumption of fuel and lubricants and the necessary number of machine operators for the implementation of agricultural technology. This model will become the basis of the software, which will be used to test the results and data obtained on a specific farm. The use of this software will increase the efficiency of agricultural production by making informed management decisions for agricultural producers in the selection and implementation of technologies.

Keywords: mathematical model, optimization criteria, agricultural technologies, restrictions, selection methods, factors

Определение необходимого состава машинно-тракторного парка (МТП) для выбранной технологии также зависит от агроклиматических особенностей зоны расположения хозяйства, почвенных факторов и уровня интенсификации производства.

Условия производства зерновых культур существенно различаются в зависимости от зоны расположения хозяйства. На территории Сибири выделяют пять зон: сухостепную, степную, лесостепную, южно-таежную и южно-сибирскую. Их различия определяют дифференциацию производственного направления, структуры посевных площадей, технологических приемов земледелия и других элементов системы ведения хозяйства.

Исходной позицией при разработке технологии возделывания культур являются агроэкологические требования культуры и сорта к условиям произрастания. Последовательное преодоление факторов, снижающих урожайность культуры и качество продукции, позволяет сформировать наиболее оптимальную технологию возделывания для конкретных условий хозяйства [5, 6].

Сельхозтоваропроизводитель при составлении планов должен четко понимать, какую технологию ему необходимо выбрать, учитывая ресурсобеспеченность и зону расположения хозяйства [4, 7].

Одна из особенностей современного этапа развития сельского хозяйства – оптимизация выбора существующих практик земледелия. Среди них можно выделить следующие подходы:

- применение широкозахватной техники. Для этого с учетом рельефа, уклонов, размера и конфигурации полей применяют максимально возможную для условий хозяйства по ширине захвата технику, что позволяет сократить расход горючего, число механизаторов, проводить технологические операции в оптимальные сроки с большей производительностью, меньше уплотнять почву;

- использование комбинированных сельскохозяйственных орудий и агрегатов, которые за один проход выполняют несколько технологических операций, что позволяет сократить количество технологических операций на поле;

- эколого-экономически обоснованная замена механических обработок почвы с применением гербицидов. Для экономии трудозатрат перед выбором способа борьбы с сорняками учитывают соотношение цены на средства защиты растений и дизтопливо, наличие техники [8].

Для каждой технологии рассчитывают оптимальные варианты использования машинно-тракторного парка и машинно-тракторных агрегатов [9].

Процесс выбора агротехнологий необходимо осуществлять на основе имеющихся данных о хозяйстве (постоянные и переменные факторы) путем последовательного преодоления факторов, лимитирующих урожайность культуры. Количество таких факторов зависит от особенностей расположения хозяйства, биологических требований возделываемых культур, агроклиматического потенциала и уровня интенсификации производства. В связи с этим для выбора наиболее подходящей агротехнологии и технических средств для ее выполнения необ-

ходимо сформировать экономико-математическую модель для оценки.

Цель исследования – для повышения эффективности сельскохозяйственного производства разработать экономико-математическую модель оценки агротехнологий и технических средств с учетом особенностей расположения и производственных условий хозяйства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2018–2020 гг. Сельскохозяйственное производство Сибирского федерального округа относится к зоне рискованного земледелия. В качестве лимитирующих факторов развития зернового производства могут быть выделены увлажнение и сумма температур в вегетационный период, безморозный период и др. Рассматриваются технологии основной обработки почв, обеспечивающих минимизацию воздействия на урожай лимитирующих факторов.

Объектом исследования стал процесс выбора технологий и технических средств при возделывании зерновых культур, который может быть представлен в виде укрупненной структурной схемы (см. рисунок).

К постоянным факторам в данном исследовании относятся агроклиматическая зона расположения хозяйства, его производственная направленность, конфигурация полей и их площади, состав машинно-тракторного парка (МТП) хозяйства, культуры, севооборот и др. К переменным факторам относятся агроклиматические характеристики зоны (сумма осадков, температур), сорта культур, необходимость применения средств защиты и удобрений и др. [10].

При проведении исследований использовали логический и математический анализ материалов, системный подход, методологию разработки экономико-математических моделей. Для обоснования критериев оптимальности экономико-математической модели проведен патентно-информационный поиск научной литературы и имеющихся технологических решений. Входные параметры математической модели, влияю-



Обобщенная структурная схема процесса выбора технологий и технических средств
 Generalized block diagram of the process of selecting technologies and technical means

щие на решение проблемы, определены на предыдущих этапах НИР [11, 12]. На основе этих данных сформированы дополнительные ограничения, влияющие на выбор агротехнологии: почвенно-климатические условия, фитосанитарная обстановка, севооборот, наличие семян, наличие техники и механизаторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными показателями экономической эффективности альтернативных вариантов технологий и технических средств служит снижение себестоимости производства. Однако в сельскохозяйственном производстве замечена тенденция роста себестоимости по данным Министерства сельского хозяйства (себестоимость 1 ц зерновой продукции увеличилась в 4,5 раза с 2000 по 2012 г.) [13]. В связи с нестабильностью цен на зерно в разные годы и увеличением себестоимости

производства необходимо рассмотреть пути уменьшения затрат на производство.

В качестве критериев оценки вариантов технологий выбраны следующие: расход горюче-смазочных материалов (ГСМ), число механизаторов, затраты на производство. Это решение основывается на тенденциях современного производства: роста цен на топливо (в 5,4 раза с 2001 по 2018 г.) и увеличении удельного расхода нефтепродуктов на 1 га пашни (в 5,5 раза с 2000 по 2017 г.) [14, 15]; сокращения численности населения в целом и сокращения доли трудоспособного населения (миграция из сельских районов, с 1990 по 2009 г. сельскохозяйственная занятость снизилась на 34%) [16]. Таким образом, задача выбора оптимальной агротехнологии с экономической точки зрения заключается в выборе таких условий возделывания культур, при которых будет затрачено меньше энергетических ресурсов, а также учтена потребность в механизаторах

в качестве одного из критериев оценки.

В сельскохозяйственных предприятиях машинно-тракторный парк является базой, необходимой для обеспечения выполнения технологий в агротехнические сроки конкретной зоны с учетом производственных условий хозяйства, поэтому при выборе технологий необходимо учитывать качественный и количественный состав технических средств. Расходы на содержание и эксплуатацию машин, прямые затраты на возделывание культур, определяемые ГОСТ Р 53056–2008, являются комплексной статьей затрат в себестоимости продукции растениеводства. В связи с этим в качестве одного из критериев оценки состава парка целесообразно выбрать прямые затраты [13].

Таким образом, для повышения эффективности производства необходимо выбирать технологии и технические средства, которые обеспечат снижение затрат, энергосбережение и экономию трудовых ресурсов при соблюдении заданных агротехнических сроков выполнения технологических операций. К факторам, влияющим на решение задачи, относятся агроклиматическая зона расположения хозяйства, кадровый потенциал и ресурсообеспеченность сельхозтоваропроизводителя.

Для учета агроклиматического расположения хозяйства необходимо соблюдать следующие условия:

- ширина захвата агрегата не должна превышать максимально-возможную ширину захвата техники на поле (здесь и далее под понятием поля подразумевается рабочий участок);
- сроки посева и уборки должны соответствовать агроклиматическим срокам данной зоны.

Для выполнения заданного объема работ необходимо соблюдать следующие ограничения:

- объем работ, выполненный агрегатами на поле, должен быть равен площади данного поля;
- число тракторов и сельскохозяйственных машин, выполняющих все работы в заданном периоде, не должно превосходить их общее число в парке хозяйства.

Для учета кадрового потенциала хозяйства необходимо соблюдать следующие ограничения:

- число механизаторов конкретного разряда, выполняющих все работы в заданном периоде времени не должно превосходить их общее число в хозяйстве с учетом подготовленного резерва механизаторов;
- разряд механизатора, выполняющего заданную работу на агрегате, должен быть не ниже разряда выполняемой работы.

Тогда критерий оптимизации по прямым затратам одного из вариантов можно представить в виде выражения

$$\sum_{a,f,r_f} \left(\begin{array}{l} Gsm_{ar_f} \cdot Ga_{ar_f} \cdot CGsm \cdot k_a + \\ + AT_a + AC_a + TOT_a + TOC_a + \\ + StM_{ar_f} \cdot KM_{ar_f} \cdot nD_{ar_f} \cdot \\ \left(1 + \frac{Dr_f}{100} \right) \end{array} \right) = F_1 \rightarrow \min, (1)$$

где Gsm_{ar_f} – расход ГСМ a -го агрегата на r -й работе, кг/га; Ga_{ar_f} – объем работ a -го агрегата на r -й работе на f -м поле, га; $CGsm$ – стоимость ГСМ, р./кг; k_a – коэффициент учета стоимости смазочных материалов; AT_a , AC_a – амортизационные начисления на трактор и сельскохозяйственную машину a -го агрегата, р.; TOT_a , TOC_a – затраты на техобслуживание и ремонт для трактора и сельскохозяйственной машины a -го агрегата, р.; StM_{ar_f} – ставка механизатора, работающего на a -м агрегате на r -й работе на f -м поле, р./смена; KM_{ar_f} – число механизаторов на a -м агрегате, необходимых для выполнения r -й работы на f -м поле, шт.; Dr_f – социальные отчисления, начисляемые за выполнение r -й работы на f -м поле, %.

Критерий оптимизации по расходу ГСМ одного из вариантов представлен в виде выражения

$$\sum a_{j,f} r_f, Gsm_{ar_f} = F_2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

Критерий оптимизации по количеству механизаторов и их резерва одного из вариантов представлен в виде выражения

$$\sum a_{j,f} r_f, KM_{ar_f} = F_3 \rightarrow \min. \quad (3)$$

Таким образом, задачу по выбору технологии и технических средств можно сформулировать следующим образом: определить вариант технологии с распределением имеющейся техники в хозяйстве и такой план ее использования в течение всего года, при котором достигается совокупность минимумов критериев оптимизации (1)–(3) при условии выполнения описанных выше условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная экономико-математическая модель позволяет оценить агротехнологию и технические средства по следующим параметрам: минимальному расходу прямых затрат, расходу ГСМ и числу механизаторов, необходимых для ее выполнения. На основе данной модели в дальнейшем будет разработано программное обеспечение и проведена апробация полученных результатов на данных конкретного хозяйства Сибирского федерального округа. Это в свою очередь даст возможность повысить эффективность сельскохозяйственного производства за счет обоснованного принятия управленческих решений сельхозтоваропроизводителю в области выбора технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bavorova M., Imamverdiyev N., Ponkina E.* Farm-level economics of innovative tillage technologies: the case of no-till in the Altai Krai in Russian Siberia // *Environmental science and pollution research*. 2018. N 25. Vol. 5. P. 1016–1032. DOI: 10.1007/s11356-017-9268-y.
2. *Иванова С.В.* Наилучшие доступные технологии в растениеводстве для регионов Сибири // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. № 1(1). С. 59–67.
3. *Barnes A., De Soto I., Eory V.* Influencing factors and incentives on the intention to adopt precision agricultural technologies within arable farming systems // *Environmental Science and Policy*. 2019. N 93. P. 66–74. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.12.014.
4. *Ткаченко В.В.* Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур // *Научный журнал Кубанского ГАУ*. 2016. № 123 (09). С. 1–19.
5. *Кирюшин В.И., Иванов А.Л.* Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: монография. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.
6. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия: монография. М.: Колос, 1996. 336 с.
7. *Khondoker A.* Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country // *Technology in society*. 2018. Vol. 55. P. 126–135. DOI: 10.1016/j.techsoc.2018.07.007.
8. *Капустин С.И.* Обоснование уровня технологий полевых культур // *Сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 2 (12). С. 12–19. DOI: 10.25930/002.2.12.2019.
9. *Докин Б.Д., Степчук С.А., Елкин О.В., Чекусов М.С.* Обоснование выбора технологий и технических средств для возделывания зерновых культур в условиях Сибири // *Вестник НГАУ*. 2013. № 1 (26). С. 111–118.
10. *Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А., Елкин О.В.* Структурная схема по выбору технологий и технических средств в растениеводстве // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. № 3. С. 87–93. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-11.
11. *Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Юшкевич Л.В., Захаров А.Ф.* Фитосанитарные последствия приемов обработки почвы в лесостепи Западной Сибири // *Растениеводство, селекция и семеноводство*. 2012. № 3 (28). С. 86–91.
12. *Рзаева В.В.* Способ и глубина основной обработки почвы при влиянии на засоренность посевов яровой пшеницы // *Аграрный вестник Урала*. 2017. № 12 (166). С. 53–57.
13. *Драгайцев В.И.* Об эффективности научно-технического прогресса при производстве зерновых культур // *Техника и оборудование для села*. 2013. № 7. С. 30–34.
14. *Гостев А.В., Пыхтин А.И.* Структура нормативно-справочной базы данных системы

поддержки сельхозтоваропроизводителей по рациональному выбору высокорентабельных адаптивных технологий возделывания зерновых культур // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 2. С. 37–41. DOI: 10.17513/snt.36903.

15. Полухин А.А. Потребление энергоресурсов в сельском хозяйстве Российской Федерации // Агрофорум. 2019. № 1. С. 24–25.
16. Быченко Ю.Г., Шабанов В.Л. Современная миграция сельского населения: особенности, направления, последствия // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2012. № 2 (41). С. 136–142.

REFERENCES

1. Bavorova M., Imamverdiyev N., Ponkina E. Farm-level economics of innovative tillage technologies: the case of no-till in the Altai Krai in Russian Siberia. *Environmental science and pollution research*, 2018, no. 25, vol. 5, pp. 1016–1032. DOI: 10.1007/s11356-017-9268-y.
2. Ivanova S. V. Nailuchshie dostupnye tekhnologii v rastenievodstve dlya regionov Sibiri [The best available technologies in Siberian agricultural industry]. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'* [XXI Century. Technosphere Security], 2016, no. 1(1), pp. 59–67. (In Russian).
3. Barnes A., De Soto I., Eory V. Influencing factors and incentives on the intention to adopt precision agricultural technologies within arable farming systems. *Environmental Science and Policy*, 2019, no. 93, pp. 66–74. DOI: 10.1016/j.envsci.2018.12.014.
4. Tkachenko V. V. Metodika mnogokriterial'noi kompleksnoi otsenki i vybora tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methods of multicriterial comprehensive assessment and selection of the technology for growing crops]. *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo GAU* [Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2016, no. 123 (09), pp. 1–19. (In Russian).
5. Kiryushin V.I., Ivanov A.L. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Agroecological assessment of land, design of adaptive landscape systems of agriculture and agricultural technologies]. M.: Rosinformagrotekh Publ., 2005, 784 p. (In Russian).
6. Kiryushin V.I. *Ekologicheskie osnovy zemledeliya* [Ecological basis of agriculture]. M.: Kolos Publ., 1996, 336 p.
7. Khondoker A. Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country. *Technology in society*, 2018, vol. 55, pp. 126–135. DOI: 10.1016/j.techsoc.2018.07.007.
8. Kapustin S.I. Obosnovanie urovnya tekhnologii polevykh kul'tur [Justification of field crop technology]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [Agricultural Journal], 2019, no. 2 (12), pp. 12–19. DOI: 10.25930/002.2.12.2019. (In Russian).
9. Dokin B.D., Stepchuk S.A., Elkin O.V., Chekusov M.S. Obosnovanie vybora tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v usloviyakh Sibiri [Justification of the choice of technologies and technical means for the cultivation of grain crops in Siberia]. *Vestnik NGAU* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2013, no. 1 (26), pp. 111–118. (In Russian).
10. Al't V.V., Isakova S.P., Lapchenko E.A., Elkin O.V. Strukturnaya skhema po vyboru tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv v rastenievodstve [Structural scheme for the choice of technologies and technical means in plant growing]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 3, pp. 87–93. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-11. (In Russian).
11. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Yushkevich L.V., Zakharov A.F. Fitosanitarnye posledstviya priemov obrabotki pochvy v lesostepi Zapadnoi Sibiri [Phytosanitary consequences of tillage methods in forest-steppe zone of West Siberia]. *Rastenievodstvo, selektsiya i semenovodstvo* [Crop Production, Breeding and Seed Production], 2012, no. 3 (28), pp. 86–91. (In Russian).
12. Rzaeva V.V. Sposob i glubina osnovnoi obrabotki pochvy pri vliyanii na zasorennost' posevov yarovoi pshenitsy [Method and depth of the main processing of the soil in the impact on the weediness of crops of spring wheat]. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2017, no. 12 (166), pp. 53–57. (In Russian).
13. Dragaitsev V.I. Ob effektivnosti nauchno-tekhnicheskogo progressa pri proizvodstve zernovykh kul'tur [On the effectiveness of scientific and technological progress in the pro-

- duction of grain crops]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and Equipment for Rural Area], 2013, no. 7, pp. 30–34. (In Russian).
14. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Struktura normativno-spravochnoi bazy dannykh sistemy podderzhki sel'khozvaroproizvoditelei po ratsional'nomu vyboru vysokorentabel'nykh adaptivnykh tekhnologii vozdelevaniya zernovykh kul'tur [Normative-reference database structure for agricultural manufactures support system and rational choice of cost-effective adaptive technologies for grain crops cultivation]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern Science-Intensive Technologies], 2018, no. 2, pp. 37–41. DOI: 10.17513/snt.36903. (In Russian).
15. Polukhin A.A. Potreblenie energoresursov v sel'skom khozyaistve Rossiiskoi Federatsii [Energy Consumption in Agriculture of the Russian Federation]. *Agroforum* [Agro-Forum], 2019, no. 1, pp. 24–25. (In Russian).
16. Bychenko Yu.G., Shabanov V.L. Sovremennaya migratsiya sel'skogo naseleniya: osobennosti, napravleniya, posledstviya [Modern migration of rural population: trends and consequences]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta* [Vestnik of Saratov State Socio-Economic University], 2012, no. 2 (41), pp. 136–142. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Альт В.В., академик РАН, профессор, доктор технических наук, руководитель структурного подразделения; e-mail: altviktor@ngs.ru

Балущкина Е.А., старший научный сотрудник; e-mail: elpice@yandex.ru

✉ **Исакова С.П.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН; а/я 463, e-mail: isakova.s.p@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Alt V.V., Academician of Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Science in Engineering, Head of the Structural Unit; e-mail: altviktor@ngs.ru

Balushkina E.A., Senior Researcher; e-mail: elpice@yandex.ru

✉ **Isakova S.P.**, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCARAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: isakova.s.p@yandex.ru

Финансовая поддержка

Исследования проведены в рамках темы НИР 0778-2019-0013 «Разработать программно-технологическое обеспечение сопровождения машинных технологий и энергонасыщенной техники».

Дата поступления статьи 20.12.2019
Received by the editors 20.12.2019

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

¹Гребенникова И.Г., ¹Чешкова А.Ф., ^{2,1}Стёпочкин П.И., ^{1,3}Алейников А.Ф., ¹Чанышев Д.И.

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

²Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал
Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

³Новосибирский государственный технический университет
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Гребенникова И.Г., Чешкова А.Ф., Стёпочкин П.И., Алейников А.Ф., Чанышев Д.И. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 100–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-12.

For citation: Grebennikova I.G., Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleinikov A.F., Chanyshv D.I. Metodika otsenki ekologicheskoi plastichnosti sortov zlakovykh kul'tur [Method of assessment ecological plasticity of cereal crop varieties]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp. 100–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-12.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты тестирования новой компьютерной программы Agrostab «Показатели стабильности сортов сельскохозяйственных культур» на основе многолетних (2017–2019) данных полевых исследований в Новосибирской области. Программа реализует современные методы оценки экологической пластичности сортов и позволяет оценивать стабильность генотипов по комплексу фенотипических признаков. Материалом исследований служили сорта яровой мягкой пшеницы селекции Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (Новосибирская 15, Новосибирская 31, Сибирская 12), коллекционные формы яровой гексаплоидной тритикале из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (Лт-F6-544-6 – к-3992, сорт Укро – к-3644) и селекционная форма – гибрид Сирс 57 × Укро. Образцы имели различное эколого-географическое происхождение и относились к разным группам спелости. Растения выращивали в условиях органического земледелия без применения удобрений и пестицидов. Посев выполняли в различные сроки по чистому пару в четырехкратной повторности. В ходе эксперимента определяли следующие показатели стабильности генотипов:

METHOD OF ASSESSMENT ECOLOGICAL PLASTICITY OF CEREAL CROP VARIETIES

¹Grebennikova I.G., ¹Cheshkova A.F., ^{1,2}Stepochkin P.I., ^{1,3}Aleynikov A.F., ¹Chanyshv D.I.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Siberian Institute of Plant Growing and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

³Novosibirsk State Technical University
Novosibirsk, Russia

The results of testing new Agrostab computer program “Indicators of stability of agricultural crops varieties” based on long-term (2017–2019) field research data in Novosibirsk region are presented. The program implements modern methods for assessing the ecological plasticity of varieties and allows to evaluate the stability of genotypes by a set of phenotypic characters. The research material was common spring wheat varieties from the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirskaya 15, Novosibirskaya 31, Sibirskaya 12), and collection forms of spring hexaploid triticale from the VIR world collection Lt-F6-544-6 (k-3992), variety Ukro (k-3644) and Sears 57 × Ukro hybrid received as a result of breeding. The samples had a different ecological and geographical origin and belonged to different ripeness groups. Plants were grown organically without the use of fertilizers and pesticides. They were sown at different times after bare fallow in four repetitions.

средовую вариацию, коэффициент гомеостатичности, взвешенный показатель гомеостатичности, устойчивость индекса стабильности, коэффициент мультипликативности, специфическую адаптивную способность, индекс превосходства, экологическую валентность, регрессию на индекс среды и непараметрические оценки стабильности. Показана необходимость использования комплексной величины интегральной селекционной оценки для расчета параметров пластичности и стабильности генотипов. Тестирование программы Agrostab по селекции яровой тритикале позволило определить целенаправленный вектор отбора сортов для агроклиматических условий Западной Сибири и адаптивные образцы для включения в гибридизацию. Применение новых моделей и методов статистического анализа данных для определения экологической пластичности сортов и гибридов позволит повысить эффективность селекционного процесса.

Ключевые слова: компьютерная программа, интегральная оценка, адаптивность, экологическая пластичность, стабильность, яровая тритикале

ВВЕДЕНИЕ

Решающее условие успешного внедрения нового сорта – экологическая пластичность, преимущество по урожайности и другим хозяйственно биологическим свойствам по сравнению с сортами, на замену которых он рекомендуется. В благоприятных условиях возделывания преимущество следует отдавать сортам с высокой потенциальной продуктивностью, тогда как в неблагоприятных и экстремальных условиях потенциальная продуктивность должна сочетаться с достаточно высокой экологической устойчивостью. Взаимодействие генотип \times среда означает, что сорта по-разному реагируют на изменение условий произрастания. Если сорт генетически не способен реагировать на широкий спектр почвенно-климатических условий, т.е. обладает узкой экологической устойчивостью, то он не может противостоять воздействию различных биотических и абиотических стрессов. Адаптивный сорт – это экологически пластичный сорт, приспособленный к различным сочетаниям условий среды [1, 2].

In the course of the experiment, the following genotype stability indicators were determined: environmental variance, coefficient of homeostaticity, weighted homeostaticity index, steadiness of stability index, coefficient of multiplicativity, specific adaptive ability, superiority measure, ecovalence, regression to environmental index, non-parametric stability index. The necessity of using the complex value of the integrated selection index to calculate the parameters of plasticity and genotype stability is shown. Testing of the Agrostab program for breeding of spring triticale made it possible to determine the targeted vector for the selection of varieties in the agroclimatic conditions of Western Siberia and adaptive samples to be included in hybridization. The use of new models and methods of statistical data analysis to determine the environmental plasticity of varieties and hybrids will increase the efficiency of the breeding process.

Keywords: computer program, integrated assessment, adaptability, environmental plasticity, stability, spring triticale

Зерновая продуктивность растения складывается из таких взаимосвязанных показателей, как число продуктивных побегов, число зерен в колосе, масса зерен и число колосков колоса, масса 1000 зерен. Эти показатели формируются последовательно при прохождении различных этапов органогенеза растений. Показатели, формирующиеся на ранних стадиях развития растений, влияют на показатели более поздних стадий. В условиях стресса проявляются компенсационные механизмы как результат конкуренции за ограниченные ресурсы [3].

Анализ наиболее информативных методов оценки генотипов в сериях многосредовых испытаний показал, что не существует универсального способа, способного адекватно оценить адаптивность исследуемых образцов, так как ответ генотипа на факторы окружающей среды всегда является многомерным. В связи с этим возникает необходимость использования комплекса параметров для оценки фенотипического проявления генов широкой адаптации (гомеоадаптивности) [4–6].

Цель исследований – на основе агротехнических и физиологических исследований по этапам органогенеза разработать и испытать на экспериментально полученном материале яровой пшеницы и тритикале метод оценки экологической пластичности сортов злаковых культур

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящее время для оценки взаимодействия генотип \times среда разработаны различные методы расчета параметров, характеризующих степень реакции генотипа на изменяющиеся условия среды [6–9]. При этом используются разные термины: адаптивность, приспособляемость, гомеостатичность, пластичность, стабильность и др.

В основе используемых методов оценки лежат статистические процедуры анализа данных, для выполнения которых необходимо наличие специализированного программного обеспечения. Применяемые в современных исследованиях программные продукты по расчету параметров стабильности и используемые в них методы оценки экологической пластичности не учитывают физиологические особенности растений разных сортов: длительность прохождения отдельных этапов органогенеза, на которые влияют условия окружающей среды (длина дня, спектр и интенсивность солнечной инсоляции, температура, влажность почвы и воздуха и т.д.). Это вносит элемент неопределенности в прогнозирование урожайности сортов в разных экологических зонах. Один и тот же сорт может определяться как самый стабильный теми методами, в которых наибольшее значение имеет вариация признаков, и, наоборот, как самый нестабильный в методах, акцентирующихся на средней величине признака¹. В связи с этим в качестве комплексной интегральной оценки экологической пластичности предложено использование величины селекционного индекса и разработан алгоритм его расчета.

Обозначим (X_1, \dots, X_k) значения признаков продуктивности, включенных в комплексный показатель. В связи с тем, что разные критерии могут иметь различные шкалы измерения, необходимо нормировать значения признаков и вместо величины X_k рассмотреть нормализованную величину

$$Y_k = \frac{X_k - X_{\min(k)}}{X_{\max(k)} - X_{\min(k)}}, \quad (1)$$

где $X_{\max(k)}$, $X_{\min(k)}$ – максимальное и минимальное значения k -го признака.

Селекционный индекс растения определяется как взвешенная сумма нормализованных признаков продуктивности по формуле

$$Y = \sum_{k=1}^K q_k \cdot Y_k, \quad (2)$$

где K – количество признаков, Y_k ($k = 1, 2, \dots, K$) – нормированные значения признаков, рассчитанные по формуле (1), q_k – весовые экспертные коэффициенты, удовлетворяющие условию $\sum_{k=1}^K q_k = 1$.

После расчета селекционного индекса для каждого растения требуется провести оценку стабильности генотипов на основе данного показателя одним из известных методов. В исследованиях применяли методики В.В. Хангильдина [10], Т.Р. Francis, L.W. Kannenberg [11], S.A. Eberhart, W.A. Russell [12], R. Nassar, M. Huehn [13]. Расчеты проводили с использованием разработанного программного обеспечения.

Материалом исследований служили сортообразцы яровой мягкой пшеницы селекции Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (Новосибирская 15, Новосибирская 31, Сибирская 12) и коллекционные формы яровой гексаплоидной тритикале из мировой коллекции ВИР Лт-Ф6-544-6 (к-3992), сорт Укро (к-3644), а также селекционная форма – гибрид Сирс 57 \times Укро. Образцы имели

¹Отчет о НИР 0778-2018-0003 (Исп.: А.Ф. Алейников, И.Г. Гребенникова, А.Ф. Чешкова и др.) / СФНЦА РАН. Краснообск, 2018. 38 с.

различное эколого-географическое происхождение и относились к разным группам спелости.

Для оценки особенностей реакции исследуемых образцов на изменения погодных условий и различных сроков сева в течение 2017–2019 гг. проведен полевой опыт на земельном участке биополигона Сибирского физико-технического института аграрных проблем Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук. Формирование экологического градиента заключалось в параллельном испытании совместного селекционного материала по множеству хозяйственно ценных признаков при различных сроках сева. Схема опыта включала три варианта длительности светового дня с интервалом в одну неделю: 1-й срок посева (оптимальный) – при наступлении физической спелости почвы (ФСП); 2-й – через 7 дней после ФСП; 3-й – через 14 дней после 1-го срока. Посев выполняли по чистому пару методом рандомизированных повторений в четырехкратной повторности. Растения выращивали в условиях органического земледелия без применения удобрений и пестицидов².

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными как по температурному режиму, так и по количеству осадков, что обеспечило контрастные условия выращивания. Это дало возможность учитывать девять вариантов сред для анализа стабильности и выявить адаптивный потенциал исследуемых образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для реализации эксперимента создана компьютерная программа, позволяющая проводить оценку экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур различными методами в зависимости от целей селекционных исследований. В программной среде *R* в виде пакета функций раз-

работана компьютерная программа *Agrostab* «Показатели стабильности сортов сельскохозяйственных культур». Программа предназначена для расчета параметров стабильности сортов сельскохозяйственных культур методами статистического анализа данных. Она позволяет определять следующие показатели стабильности генотипов: средовую вариацию, коэффициент гомеостатичности, взвешенный показатель гомеостатичности, устойчивость индекса стабильности, коэффициент мультипликативности, специфическую адаптивную способность, индекс превосходства, экологическую валентность, регрессию на индекс среды и непараметрические оценки стабильности³.

В качестве оцениваемого параметра может выступать как единичный признак, например, урожайность, так и комплексный показатель – селекционный индекс, рассчитываемый по формуле (2).

При тестировании программы на экспериментально полученном материале в интегральную селекционную оценку включены показатели продуктивности растений с весовыми коэффициентами, представленными в табл. 1.

Средние значения урожайности и селекционного индекса исследуемых образцов приведены в табл. 2, 3. Ранжирование сортов по урожайности отличается от ранжирования по селекционному индексу. Тем не

Табл. 1. Показатели продуктивности, включенные в селекционный индекс

Table 1. Productivity indicators included in the integrated selection index

Код	Наименование признака	Коэффициент
X_1	Длина колоса	1
X_2	Число колосков в колосе	1
X_3	Число зерен в колосе	1
X_4	Масса зерен колоса	1
X_5	Масса 1000 зерен	1

²Отчет о НИР 0778-2019-0001 (Исп.: А.Ф. Алейников, И.Г. Гребенникова, А.Ф. Чешкова, и др.) / СФНЦА РАН. Краснообск, 2019. 48 с.

³Чешкова А.Ф., Стёпочкин П.И., Гребенникова И.Г. Применение программной среды *R* для оценки параметров стабильности сортов озимой пшеницы // Фундаментальные основы технологического развития сельского хозяйства: материалы российской науч. конф. Оренбург, 2019. С. 345–349.

Табл. 2. Средние значения урожайности сортов яровой пшеницы и форм яровой тритикале при разных сроках посева, ц/га

Table 2. Mean yield of spring wheat varieties and spring triticale varieties at different sowing dates, centner/ha

Сорт	2017 г.			2018 г.			2019 г.			Среднее	Ранг
	Срок посева										
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й		
Новосибирская 15	15	16	13	19	37	29	38	28	28	25	6
±	2	8	1	2	9	2	11	3	6		
Новосибирская 31	19	21	16	29	55	30	50	42	36	33	3
±	3	9	2	6	7	4	4	3	14		
Сибирская 12	23	21	19	32	54	46	56	41	35	36	2
±	8	2	2	4	7	3	10	8	8		
к-3992	20	23	14	41	37	17	41	33	26	28	4
±	5	1	2	8	6	2	8	6	5		
Сирс 57 × Укро	18	15	12	26	26	19	48	48	35	27	5
±	5	4	3	6	2	5	11	13	9		
Укро	31	37	27	41	94	32	42	51	37	44	1
±	6	2	5	16	5	4	4	11	6		
Среднее	21	22	17	31	51	29	46	41	33		

Табл. 3. Средние значения селекционного индекса сортов яровой пшеницы и форм яровой тритикале при разных сроках посева

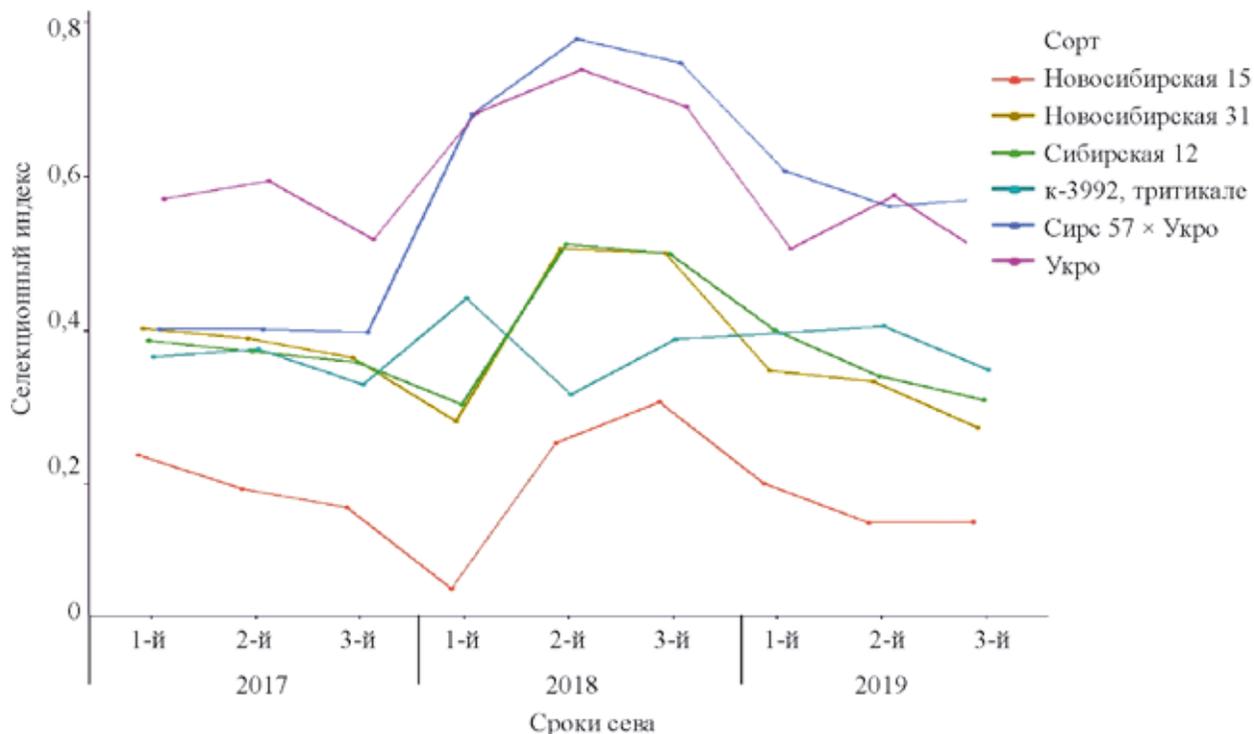
Table 3. Mean values of integrated selection index for spring wheat varieties and spring triticale varieties at different sowing dates

Сорт	2017 г.			2018 г.			2019 г.			Среднее	Ранг
	Срок посева										
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й		
Новосибирская 15	0,24	0,19	0,17	0,06	0,25	0,31	0,20	0,15	0,15	0,19	6
Новосибирская 31	0,40	0,39	0,36	0,28	0,51	0,50	0,35	0,33	0,27		
Сибирская 12	0,39	0,37	0,36	0,30	0,51	0,50	0,40	0,34	0,31	0,39	3
к-3992	0,37	0,38	0,33	0,44	0,32	0,39	0,40	0,41	0,35		
Сирс 57 × Укро	0,40	0,40	0,40	0,68	0,78	0,75	0,61	0,56	0,57	0,57	2
Укро	0,57	0,59	0,52	0,68	0,74	0,69	0,51	0,57	0,49		
Среднее	0,39	0,39	0,36	0,41	0,52	0,52	0,41	0,39	0,36	0,42	

менее, максимальное значение обоих показателей продуктивности имеет сорт тритикале Укро, минимальное – пшеница Новосибирская 15.

На рисунке графически представлены средние по повторностям значения селекционного индекса исследуемых образцов в различных вариантах сред.

Оценка экологической пластичности сортов на основе селекционного индекса проводилась различными методами. В табл. 4 приведены значения коэффициентов вариации, рассчитанные по методике Т.Р. Francis, L.W. Kannenberg [11], и гомеостатичности – по методике В.В. Хангильдина [10]. Показатели характеризуют стабильность генотипа



Средние значения селекционного индекса сортов яровой пшеницы и форм яровой тритикале при разных сроках сева (2017–2019 гг.)

Mean values of integrated selection index for spring wheat varieties and spring triticale varieties at different sowing dates (2017–2019)

Табл. 4. Показатели вариации селекционного индекса
Table 4. Indicators of variation of the integrated selection index

Сорт	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Гомеостатичность
Новосибирская 15	0,07	38,92	2,04
Новосибирская 31	0,09	24,12	6,76
Сибирская 12	0,08	19,74	9,41
к-3992	0,06	17,35	17,28
Сирс 57 × Укро	0,15	26,70	5,63
Укро	0,10	16,29	14,51

в соответствии со статической концепцией стабильности⁴. Наиболее высокими показателями характеризовались форма тритикале к-3992 и сорт Укро, наименее стабильным отмечен сорт пшеницы Новосибирская 15.

Для оценки стабильности методами динамической концепции рассматривалась двухфакторная модель дисперсионного анализа. Первый фактор – сорт (шесть вариантов), второй – среда (девять вариантов). На основе анализа данных установлено, что взаимодействие генотип × среда – статистически значимо. Следовательно, сорта по-разному реагируют на изменение условий среды. Выполнение анализа стабильности (пластичности) сортов возможно одним из методов динамической концепции (см. табл. 5).

В табл. 6 приведены показатели стабильности сортов, рассчитанные по двум методикам:

1. Eberhart & Russell, наиболее широко используемая для оценок специфики взаимодействия генотип × среда в программах сортоизучения и основанная на расчете коэффициента линейной регрессии (b_i), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (s^2_{di}), определяющего стабильность сорта в различных условиях среды [12];

2. Nassar & Huehn, основанная на относительном ранжировании данных и расчете непараметрического показателя стабильности S_2 [13].

Регрессионный подход к оценке параметров стабильности позволил определить, что сорт Сибирская 12 с коэффициентом регрессии наиболее близким к единице ($b_i = 1,078$), имеет среднюю отзывчивость на изменение условий среды. Такая оценка генотипа свидетельствует о его агрономической (динамической) стабильности, т.е. о проявлении средней реакции на изменения условий возделывания. Показатели сорта соответствуют среде: высокие – благоприятной, незначительно уменьшенные – на бедном агрофоне.

Сорта Новосибирская 31, Сирс 57 × Укро и Укро с коэффициентом регрессии $b_i > 1$ обладают большей отзывчивостью на изменение условий произрастания и требуют более высокого уровня агротехники. Однако в неблагоприятные по погодным условиям годы, а также на низком агрофоне у этих сортов резко снижается продуктивность и возникает потребность в более пластичных сортах с высоким адаптивным потенциалом.

Сорта Новосибирская 15 и к-3992 с коэффициентом регрессии $b_i < 1$ меньше зависят от внешних условий, но имеют низкую продуктивность по сравнению с остальными сортами в опыте. Их можно рекомендовать для возделывания на бедном агрофоне или при неблагоприятных климатических условиях. Второй показатель стабильности – вариация отклонения от линии регрессии – характеризует сорт Сибирская 12 как наиболее стабильный в опыте, Сирс 57 × Укро – как

Табл. 5. Результаты дисперсионного анализа
Table 5. Analysis of variance

Источник варьирования	Степень свободы	Сумма квадратов	Средний квадрат	F	p
Генотип	5	3,982	0,796	301,114	< 0,001*
Среда	8	0,730	0,091	34,488	< 0,001*
Генотип × среда	40	0,827	0,021	7,818	< 0,001*
Ошибка	162	0,428	0,003		

*Значимо на уровне 0,001.

Табл. 6. Показатели стабильности сортов
Table 6. Indicators of varietal stability

Сорт	b_i	s^2_{di}	S_2
Новосибирская 15	0,750	0,003	2,500
Новосибирская 31	1,114	0,002	3,194
Сибирская 12	1,078	0,001	1,000
к-3992	0,042	0,002	3,028
Сирс 57 × Укро	1,896	0,009	5,944
Укро	1,205	0,003	2,444

⁴Чешкова А.Ф., Алеиников А.Ф., Гребенникова И.Г., Стёпочкин П.И.. Сравнительный анализ и классификация методов оценки фенотипической стабильности сельскохозяйственных растений // Информационные технологии, системы и приёмы в АПК: материалы 7-й Международной науч. конф. «Агроинфо-2018». Новосибирск, 2018. С. 99–109.

наименее стабильный. Непараметрический показатель S_2 дал аналогичную оценку стабильности.

Все исследуемые образцы показали высокую способность развиваться при различных условиях внешней среды. Полученные результаты будут использованы для повышения методического уровня и эффективности селекционного процесса за счет применения моделей и методов статистического анализа данных для определения экологической пластичности сортов и гибридов.

ВЫВОДЫ

1. В многосредовых испытаниях не существует универсального способа оценки таких параметров, как экологическая пластичность, гомеостатичность, стабильность. Необходимо использовать комплексную оценку фенотипического проявления генов широкой адаптации.

2. Разработана методика оценки экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур, основанная на использовании интегральной величины селекционного индекса.

3. Разработана компьютерная программа *Agrostab*, реализующая современные методы оценки экологической пластичности сортов и позволяющая оценивать стабильность генотипов по комплексу фенотипических признаков.

4. На основе тестирования компьютерной программы по селекции зерновых культур определен целенаправленный вектор отбора сортов для агроклиматических условий Западной Сибири и адаптивные образцы для включения в гибридизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаманин В.П., Трущенко А.Ю. Общая селекция и сортоведение полевых культур: монография. Омск: ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 400 с.
2. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1980, 587 с.
3. Коваль С.Ф., Шаманин В.П. Растение в опыте: монография / ИЦиГ СО РАН, ОмГАУ. Омск: Омскбланкиздат, 1999. 204 с.

4. Mohammadi R., Farshadfar E., Amri A. Comparison of rank-based stability statistics for grain yield in rainfed durum wheat // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2016. Vol. 44. P. 25–40. DOI 10.1080/01140671.2015.1100126.
5. Woyann L.G., Zdziarski A.D., Baretta D., Meira D., Dallacorte L.V. Selection of high-yielding, adapted and stable wheat lines in preliminary trials // *Crop breeding and applied biotechnology*. 2019. Vol. 19 (4). P. 412–419. DOI: 10.1590/1984-70332019v19n4a58.
6. Kendal E. Comparing durum wheat cultivars by genotype x yield x trait and genotype x trait biplot method // *Chilean journal of agricultural research*. 2019. Vol. 79 (4). P. 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512.
7. Abdenmour S., Houcine B., Rhouma S., Sahbi F., Tahar S. Stability and adaptability concepts of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the north-west of Tunisia // *Biologia futura*. 2019. Vol. 70 (3). P. 240–250. DOI: 10.1556/019.70.2019.28.
8. Bicalho T.F., Oliveira N., Hamawaki O.T., Costa S.C., De Moraes Junior I., Silva N.S., Hamawaki R.L. Adaptability and stability of soybean cultivars in four sowing seasons // *Bioscience journal*. 2019. Vol. 35 (5). P. 1450–1462. DOI: 10.14393/BJ-v35n5a2019-42351.
9. Grebennikova I., Cheshkova A., Stepochkin P., Chanyshev D., Aleinikov A. Forecast of economic and valuable properties of grain crops // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 403. P. 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012051.
10. Хангильдин В.В., Шахметов И.Ф., Мардамшин А.Г. Гомеостаз компонентов урожая и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы / Генетический анализ количественных признаков растений. Уфа. 1979. С. 5–39.
11. Francis T.R., Kannenberg L.W. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes // *Canadian Journal of Plant Science*. 1978. Vol. 58. P. 1029–1034.
12. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties // *Crop Science*. 1966. Vol. 6. N 1. P. 36–40.
13. Nassar R., Huhn M. Studies on Estimation of Phenotypic Stability: Tests of Significance for Nonparametric Measures of Phenotypic Stability // *Biometrics*. 1987. Vol. 43, N 1. P. 45–53.

REFERENCES

1. Shamanin V.P., Trushchenko A.Yu. *Obshchaya selektsiya i sortovedenie polevykh kul'tur: monografiya* [General selection and cultivation of field crops], Omsk: FGOU VPO OmGAU Publ., 2006. 400 p. (In Russian).
2. Zhuchenko A.A. *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenii* [Ecological genetics of cultivated plants], Kishinev: Shtiintsa Publ., 1980, 587 p. (In Russian).
3. Koval' S.F., Shamanin V.P. *Rastenie v opyte* [Plant in experiment], Omsk: Omskblankizdat, 1999, 204 p. (In Russian).
4. Mohammadi R., Farshadfar E., Amri A. Comparison of rank-based stability statistics for grain yield in rainfed durum wheat. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2016, vol. 44, pp. 25–40. DOI: 10.1080/01140671.2015.1100126.
5. Woyann L.G., Zdziarski A.D., Baretta D., Meira D., Dallacorte L.V. Selection of high-yielding, adapted and stable wheat lines in preliminary trials. *Crop breeding and applied biotechnology*, 2019, vol. 19 (4), pp. 412–419. DOI: 10.1590/1984-70332019v19n4a58.
6. Kendal E. Comparing durum wheat cultivars by genotype x yield x trait and genotype x trait biplot method. *Chilean journal of agricultural research*, 2019, vol. 79 (4), pp. 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512.
7. Abdennour S., Houcine B., Rhouma S., Sahbi F., Tahar S. Stability and adaptability concepts of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the northwest of Tunisia. *Biologia future*, 2019, vol. 70 (3), pp. 240–250. DOI: 10.1556/019.70.2019.28.
8. Bicalho T.F., Oliveira N., Hamawaki O.T., Costa S.C., De Moraes Junior I., Silva N.S., Hamawaki R.L. Adaptability and stability of soybean cultivars in four sowing seasons. *Bio-science journal*, 2019, vol. 35 (5), pp. 1450–1462. DOI: 10.14393/BJ-v35n5a2019-42351.
9. Grebennikova I., Cheshkova A., Stepochkin P., Chanyshv D., Aleinikov A. Forecast of economic and valuable properties of grain crops. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 403, pp. 012051. DOI:10.1088/1755-1315/403/1/012051.
10. Khangil'din V.V., Shayakhmetov I.F., Mardamshin A.G. Gomeostaz komponentov urozhaya i predposylki k sozdaniyu modeli sorta yarovoi pshenitsy [Homeostasis of crop components and preconditions for creating a model of spring wheat variety]. *Geneticheskii analiz kolichestvennykh priznakov rastenii* [Genetic analysis of quantitative features of plants], Ufa, 1979, pp. 5–39. (In Russian).
11. Francis T.R., Kannenberg L.W. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 1978, vol. 58, pp. 1029–1034.
12. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*, 1966, vol. 6, no. 1, pp. 36–40.
13. Nassar R., Huhn M. Studies on Estimation of Phenotypic Stability: Tests of Significance for Nonparametric Measures of Phenotypic Stability. *Biometrics*, 1987, vol. 43, no. 1, pp. 45–53.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Гребенникова И.Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibfti.grig@ngs.ru

Чешкова А.Ф., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

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

Алейников А.Ф., доктор технических наук, старший научный сотрудник

Чанышев Д.И., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Grebennikova I.G.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibfti.grig@ngs.ru

Cheshkova A.F., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Lead Researcher

Stepochkin P.I., Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher

Aleynikov A.F., Doctor of Science in Engineering, Head Researcher

Chanyshv D.I., Researcher

Финансовая поддержка

Работа поддержана бюджетными проектами СФНЦА СО РАН № 0778-2019-0001 и ИЦиГ СО РАН № 0324-2019-0039-С-01.

Дата поступления статьи 12.02.2020
Received by the editors 12.02.2020



DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-13

УДК: 636.293.1

ИММУНОБИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ МАРАЛОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Кузьмина Е.Е.

Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Республика Тыва, Россия

Для цитирования: Кузьмина Е.Е. Иммунобиохимические показатели крови маралов в условиях Республики Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 109–115. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-13.

For citation: Kuzmina E.E. Immunobiokhimicheskie pokazateli krovi maralov v usloviyakh Respubliki Tyva [Immunobiochemical parameters of maral blood in the Republic of Tuva] *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2020, vol. 50, no. 2, pp.109–115. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-13.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения гематологических и биохимических показателей крови маралов алтае-саянской породы. Исследованы показатели крови маралов-рогачей 5–6-летнего возраста, завезенных в 2014–2015 гг. из Республики Алтай и разводимых в настоящее время в Республике Тыва. Содержание в крови общего белка было ниже установленных нормативных показателей крови маралов на 12,8%, альбуминов на 51,5, бета-глобулинов на 72,4, холестерина на 59,5%. Превышало нормативные показатели количество лейкоцитов (на 40,4%), альфа-глобулинов (на 21,0%), гамма-глобулинов (в 2,1 раза), АсАт (на 6,8%), глюкозы (на 16,4%). Среднее содержание IgA в крови исследуемых животных составило 0,022 мг/мл, IgG – 0,039, IgM – 0,020 мг/мл. Установлена слабая отрицательная корреляция между содержанием IgG и количеством лейкоцитов ($r = -0,38$), а также средняя положительная корреляция между уровнем IgA и концентрацией мочевины в крови ($r = 0,47$). При исследовании фагоцитарной системы маралов-рогачей тувинской популяции установлены значения фагоцитарной активности на уровне $25,4 \pm 0,29$, фагоцитарного индекса $4,33 \pm 0,09$, фагоцитарного числа $1,03 \pm 0,03$. Выявленные взаимосвязи гематологических, биохимических

IMMUNOBIOCHEMICAL PARAMETERS OF MARAL BLOOD IN THE REPUBLIC OF TUVA

Kuzmina E.E.

Tuva Research Institute of Agriculture
Republic of Tuva, Kyzyl, Russia

The results of the study of hematological and biochemical blood parameters of Altai-Sayan breed of marals are presented. Blood parameters of 5–6 year-old stag marals brought from the Altai Republic in 2014–2015 and currently bred in the Republic of Tuva were studied. Content of total protein in blood was lower than the established standard indicators for maral blood by 12.8%, albumin by 51.5, beta-globulin by 72.4, and cholesterol by 59.5%. The following indicators exceeded the standard: number of leukocytes – by 40.4%, alpha-globulins – by 21.0%, gamma-globulins – 2.1 times, AcAt – by 6.8%, glucose – by 16.4%. The average IgA content in the blood of the studied animals was 0.022 mg/ml, IgG – 0.039, IgM – 0.020 mg/ml. A weak negative correlation was found between the content of IgG and the number of leukocytes ($r = -0.38$), as well as an average positive correlation between the level of IgA and the concentration of urea in the blood ($r = 0.47$). In the study of the phagocytic system of stag marals of the Tuvan population, the values of phagocytic activity were established at the level of 25.4 ± 0.29 , the phagocytic index – 4.33 ± 0.09 , and the phagocytic number – 1.03 ± 0.03 . The revealed interconnections of the hematological, biochemical and immunological parameters of blood of stag marals brought from the Altai Republic and kept in the Republic of Tuva differ both in strength and in

мических и иммунологических показателей крови маралов-рогачей, завезенных из Республики Алтай, содержащихся в Республике Тыва, различаются как по силе, так и по направлению. Средние отрицательные корреляции составили 41,9% от общего количества, средние положительные – 38,7, высокие положительные – 12,9, высокие отрицательные – 6,5%. Различия в морфологическом и иммунобиохимическом составе крови маралов, разводимых в условиях Республики Тыва, с нормативными показателями являются результатом оптимального приспособления к условиям существования.

Ключевые слова: марал, адаптация, морфологические и иммунобиохимические показатели, кровь, корреляция

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время пантовое мараловодство – самостоятельная отрасль животноводства, основное значение которой состоит в получении ценного сырья для изготовления лекарственных препаратов. Повышение эффективности отрасли и увеличение производства продукции мараловодства возможно не только за счет роста численности животных, но и при рациональном использовании генетического потенциала маралов с учетом их биологических и хозяйственных особенностей [1–4].

Пантовое мараловодство на территории Республики Тыва после многолетнего перерыва вновь получило развитие в 2012 г., когда была разработана и утверждена республиканская целевая программа «Развитие пантового мараловодства в Республике Тыва на 2013–2017 годы». В июле 2013 г. создано государственное унитарное предприятие «Мараловодческое хозяйство "Туран"». Маралов алтае-саянской породы на территорию маральника завозили с 2014 г. из СПК «Абайский» Республики Алтай, имеющего статус «племенной завод», основной отраслью животноводства которого является мараловодство [5]. В конце 2014 г. в мараловодческом хозяйстве «Туран» насчитывали 645 гол. маралов, по состоянию на 1 января 2020 г. поголовье маралов составляет 820 гол.

direction. Average negative correlations amounted to 41.9% of the total, average positive – 38.7, high positive – 12.9, high negative – 6.5%. Differences in the morphological and immunobiochemical composition of the blood of marals bred in the conditions of the Republic of Tuva from standard indicators are the result of optimal adaptation to the living conditions.

Keywords: maral, adaptation, morphological and immunobiochemical parameters, blood, correlation.

В России до 50-х годов XX в. кровь маралов не изучали. Первые исследования морфологического состава крови маралов проведены М.Н. Кутеповой в 1953 г. Позднее рядом авторов изучены морфобиохимические показатели маралов в сезонном и половозрастном аспекте [6]. Всесторонние исследования продуктивных, экстерьерных и интерьерных показателей маралов проведены во Всероссийском научно-исследовательском институте пантового оленеводства [7].

Поддерживая относительное постоянство своего состава, кровь обеспечивает гомеостаз внутренней среды, что необходимо для нормальной жизнедеятельности клеток и тканей. Однако сохраняя постоянство состава, кровь является достаточно лабильной системой, быстро отражающей происходящие в организме изменения как в норме, так и в патологии. Гематологические и биохимические показатели крови могут меняться в связи с изменением физиологического состояния животных, условий кормления, содержания, эксплуатации, среды обитания, сохраняя свои индивидуальные и видовые особенности [8–13].

Цель работы – определить гематологические и иммунобиохимические показатели крови маралов-рогачей, завезенных в Республику Тыва из Республики Горный Алтай, и провести сравнительный анализ с нормативными показателями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в мараловодческом хозяйстве «Туран» (Пий-Хемский район Республики Тыва). Объектом исследования стали маралы (30 гол. 2013 и 2014 г. рождения), завезенные из племенного завода «Абайский» Республики Горный Алтай.

Забор крови для проведения исследований производили непосредственно перед срезкой пантов в июне 2019 г. Биохимический анализ крови и определение иммуноглобулинов крови проведены в лаборатории болезней молодняка Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН.

Статистическая обработка осуществлена с помощью программы Snedecor V4¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что гематологические показатели крови маралов, разводимых в Туве, находятся в пределах нормы, за исключением количества лейкоцитов. Данный показатель превышает верхнюю границу нормы в 1,4 раза (см. табл. 1).

Вероятнее всего, в наших исследованиях наблюдали физиологический лейкоцитоз, проявляемый после физической нагрузки, а также стресса, обусловленного нахождением маралов в загоне и тисках перед срезкой пантов.

В результате проведения биохимического анализа крови рогачей опытной группы

установлено, что содержание в крови аспаратаминотрансферазы (АсАт), щелочной фосфатазы, глюкозы незначительно превышает нормативные показатели (см. табл. 2).

Количество аланинаминотрансферазы (АлАт), как и мочевины, в крови маралов опытной группы находилось в пределах установленных нормативных показателей. Концентрация холестерина в крови исследуемых животных в 2,5 раза ниже установленной нормы.

Количество общего белка в сыворотке крови маралов меньше нижней границы нормы на 11 г/л, альбуминов – ниже в 2,1 раза нормативных показателей.

Отмечены различия содержания глобулиновых фракций крови маралов Тувы по сравнению с установленными нормативными показателями алтайских маралов: количество альфа- и гамма-глобулинов превышало верхние границы нормы соответственно в 1,2 и 2,1 раза, количество бета-глобулинов, напротив, было ниже установленной нормы в 3,6 раза.

Иммуноглобулины – важнейший фактор иммунной системы. Содержание иммуноглобулинов в крови маралов опытной группы представлено в табл. 3.

В крови исследуемых животных среди изученных иммуноглобулинов наибольшее количество отмечено IgG – в 2 раза выше IgA и IgM. Как известно, IgG составляет основную массу противобактериальных, противовирусных и других антител, анти-

Табл. 1. Гематологические показатели крови маралов в мараловодческом хозяйстве «Туран»
Table 1. Hematological parameters of maral blood on Maral breeding farm Turan

Показатель	$\bar{x} \pm S_x$	Cv, %	lim	Нормативный показатель ²
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	10,0 \pm 0,20	10,7	7,8–11,9	9,2–12
Гемоглобин, г/л	139,1 \pm 2,89	11,4	108–162	153–176
Гематокрит, %	48,0 \pm 1,01	11,5	37,5–55,7	46,4–52,2
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	10,87 \pm 0,42	21,1	7,3–16,5	6,0–7,74

¹Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: РПО СО РАСХН. 2004. 162 с.

²Луницын В.Г., Неприятель А.А., Малинкин В.В., Никитин С.А. Нормативные показатели крови пантовых оленей, прогнозирование пантовой продуктивности рогачей в зависимости от гормонального статуса: рекомендации ВНИИПО. Барнаул. 2004. 17 с.

Табл. 2. Иммунобиохимические показатели крови маралов в мараловодческом хозяйстве «Туран»
Table 2. Immunobiochemical parameters of maral blood on Maral breeding farm Turan

Показатель	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v, \%$	lim	Нормативный показатель (см. сноску 2)
АсАт, ед./л	135,6 ± 4,2	17,2	74,3–172,0	85,2–127,0
АлАт, ед./л	43,29 ± 2,26	26,7	22,3–69,0	45,2–49,7
ЩФ, ед./л	65,32 ± 7,55	63,3	22,4–245,9	35,48–64,59
Холестерин, ммоль/л	1,62 ± 0,04	12,5	1,32–2,1	4,0–4,6
Мочевина, ммоль/л	6,05 ± 0,31	28,2	3,58–11,1	4,9–6,7
Глюкоза, мг%	7,63 ± 0,47	33,8	3,97–13,6	4,84–6,56
Общий белок, г/л	74,84 ± 0,77	5,65	65,3–85,2	85,8–94,2
Альбумины, %	21,5 ± 0,36	9,1	17,3–25,0	44,36–53,4
Глобулины, %	53,34 ± 0,91	9,32	43,6–65,6	Нет данных
Альфа-глобулин, %	20,05 ± 1,22	33,3	1,36–29,6	15,28–16,57
Бета-глобулин, %	3,49 ± 0,43	67,8	0,33–8,65	12,63–16,25
Гамма-глобулин, %	48,1 ± 1,29	14,7	37,5–64,8	18,72–22,98
ЛАСК, %	37,77 ± 1,72	27,9	13,7–48,3	Нет данных
БАСК, %	39,24 ± 3,69	51,4	8,99–73,4	37,05–60,9

токсинов. Также в наших исследованиях IgG характеризовался высокой фенотипической изменчивостью.

Уровень резистентности организма к бактериальным инфекциям определяется фагоцитарной активностью лейкоцитов. Анализ крови на фагоцитарную активность лейкоцитов позволяет оценить резерв моноцитов и нейтрофилов к перевариванию чужеродных агентов. В наших исследованиях показатель фагоцитарной активности составил $25,4 \pm 0,29\%$ (22,0–28,0%).

Фагоцитарный индекс, характеризующий интенсивность фагоцитоза, определяют сред-

ним числом фагоцитированных микробов, приходящихся на один лейкоцит. Фагоцитарный индекс маралов опытной группы в мараловодческом хозяйстве «Туран» находился в пределах 2,9–5,2 микробных тел и составил в среднем $4,33 \pm 0,09$ микробных тел.

Фагоцитарное число отражает поглотительную способность нейтрофилов. В наших исследованиях среднее количество микробных тел, поглощенных одним нейтрофилом, в среднем составило $1,03 \pm 0,03$ и находилось в пределах 0,76–1,4.

Проведен корреляционный анализ, позволивший выявить связи между гематологическими, биохимическими и иммунологическими показателями крови маралов-рогачей, завезенных из Республики Алтай, содержащихся в мараловодческом хозяйстве «Туран» Республики Тыва (см. табл. 4).

Большинство определенных связей имеют среднюю силу разной направленности. Доля средних отрицательных корреляций составила 41,9% от общего количества взаимосвязей, средних положительных – 38,7, высоких положительных – 12,9, высоких отрицательных – 6,5%.

Табл. 3. Иммуноглобулины крови маралов в мараловодческом хозяйстве «Туран», мг/мл
Table 3. Immunoglobulins in maral blood on Maral breeding farm Turan mg/ml

Показатель	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v, \%$	lim
IgA	0,02 ± 0,001	22,0	0,02–0,04
IgG	0,04 ± 0,005	68,2	0,01–0,12
IgM	0,02 ± 0,002	43,2	0,01–0,04

Табл. 4. Взаимосвязь морфологических и иммунобиохимических показателей крови маралов-рогачей в мараловодческом хозяйстве «Туран»

Table 4. Interrelation of morphological and immunobiochemical parameters of maral blood on Maral breeding farm Turan

Коррелирующие признаки	<i>r</i>
Эритроциты – лейкоциты	-0,39
Эритроциты – тромбоциты	-0,47
Эритроциты – гемоглобин	0,71
Эритроциты – гематокрит	0,88
Эритроциты – гранулоциты	-0,40
Эритроциты – лимфоциты	0,40
Эритроциты – глюкоза	0,37
Эритроциты – щелочная фосфатаза	-0,40
Лейкоциты – моноциты	-0,36
Тромбоциты – гемоглобин	-0,47
Тромбоциты – гематокрит	-0,52
Тромбоциты – гранулоциты	0,48
Тромбоциты – лимфоциты	-0,48
Тромбоциты – гамма-глобулин	-0,36
ФИ – ЛАСК	0,45
ФЧ – ЛАСК	0,61
Гемоглобин – гематокрит	0,78
Гемоглобин – гранулоциты	-0,44
Гемоглобин – лимфоциты	0,45
Гемоглобин – общий белок	0,47
Гемоглобин – глобулины	0,37
Гемоглобин – глюкоза	0,43
Гемоглобин – щелочная фосфатаза	-0,81
Гематокрит – гранулоциты	-0,37
Гематокрит – лимфоциты	0,37
Гематокрит – глюкоза	0,47
Гематокрит – щелочная фосфатаза	-0,47
Гранулоциты – лимфоциты	-0,99
Общий белок – глобулины	0,92
Бета-глобулин – мочевины	0,41
Гамма-глобулин – ФИ	-0,52
Ig G – лейкоциты	-0,38
Ig A – мочевины	0,47

Примечание. Пороги достоверности: на уровне 5%: $r = 0,3610$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установленные различия морфологических и иммунобиохимических показателей крови маралов, разводимых в Республике Тыва, и нормативных показателей, разработанных Всероссийским научно-исследовательским институтом пантового оленевод-

ства, являются результатом оптимального приспособления к изменившимся условиям существования.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о необходимости создания отдельных нормативов в зависимости от географических зон, различающихся природно-климатическим и кормовыми условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Растопшина Л.В., Казанцев Д.А.* Исследование взаимосвязи показателей крови с пантовой продуктивностью маралов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 115–119.
2. *Исламова А.А., Степанов А.В.* История пантового оленеводства в России // Молодежь и наука. 2019. № 3. С. 26.
3. *Тишкова Е.В.* Продуктивные качества теньгинского внутривидового типа алтае-саянской породы маралов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 2 (55). С. 96–103. DOI: 10.34655/bgsha.2019.55.2.013
4. *Камбалин В.С.* Оценка развития и перспектив мараловодства в Сибирском федеральном округе // Вестник охотоведения. 2015. Т. 12. № 2. С. 193–198.
5. *Макарова Е.Ю., Оюн С.М., Чысыма Р.Б., Кузьмина Е.Е.* Возрождение мараловодства в Туве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 86–90.
6. *Луницын В.Г.* Иммунобиохимические показатели крови маралов в норме и при патологии: монография. Барнаул: Азбука, 2009. 145 с.
7. *Луницын В.Г., Огнев С.И.* Характеристика экстерьерных и продуктивных качеств маралов алтае-саянской породы: монография. Барнаул: Азбука. 2010. 283 с.
8. *Луду Б.М.* Динамика показателей крови якоматок в сезонном аспекте // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 5. С. 42–44.
9. *Макарова Е.Ю., Чысыма Р.Б., Самбу-Хоо Ч.С., Двалишвили В.Г.* Показатели крови коз, разводимых в разных районах Республики Тыва // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 4. С. 49–50.
10. *Колганов А.Е., Якименко Н.Н., Клетикова Л.В., Турков В.Г., Мартынов А.Н.* Влия-

- ние физиологического статуса на показатели крови коров ярославской породы // Ветеринария и кормление. 2019. № 1. С. 14–17. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-5.
11. Матвеева А.В., Сайтханов Э.О. Изменения в гематологическом и биохимическом профиле у коров при стрессе, вызванном патологиями конечностей // Международный вестник ветеринарии. 2019. № 3. С. 109–113.
 12. Хомушку Ч.М. Сравнительная характеристика морфофизиологических и биохимических показателей крови аборигенного скота // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2019. № 2 (28). С. 100–103.
 13. Кузьмина Е.Е., Луду Б.М. Изменения интегральных показателей яков в условиях антропогенного загрязнения // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 8. С. 40–43.
 5. Makarova E.Yu., Oyun S.M., Chysyma R.B., Kuz'mina E.E. Vozrozhdenie maralovodstva v Tuve [The revival of maral deer farming in Tyva]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2018, no. 7 (165), pp. 86–90. (In Russian).
 6. Lunitsyn V.G. *Immunobiokhimicheskie pokazateli krovi maralov v norme i pri patologii* [Immunobiochemical parameters of maral blood in the norm and with pathology]. Barnaul: Azbuka Publ., 2009, 145 p. (In Russian).
 7. Lunitsyn V.G., Ognev S.I. *Kharakteristika ekster'ernykh i produktivnykh kachestv maralov altae-sayanskoi porody* [Characteristic of the exterior and productive qualities of marals of the new Altai-Sayan breed]. Barnaul: Azbuka Publ., 2010, 283 p. (In Russian).
 8. Ludu B.M. Dinamika pokazatelei krovi yakomatok v sezonnom aspekte [The dynamics of the blood parameters of female yaks in the seasonal aspect]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2018, no. 5, pp. 42–44. (In Russian).
 9. Makarova E.Yu., Chysyma R.B., Sambukhoo Ch.S., Dvalishvili V.G. *Pokazateli krovi koz, razvodimykh v raznykh raionakh Respubliki Tyva* [Blood parameters of goats bred in different regions of the Republic of Tuva]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats and wool business], 2018, no. 4, pp. 49–50. (In Russian).
 10. Kolganov A.E., Yakimenko N.N., Kletikova L.V., Turkov V.G., Martynov A.N. Vliyanie fiziologicheskogo statusa na pokazateli krovi korov yarovskoi porody [Influence of the physiological status on the blood parameters of cows of the Yaroslavl breed]. *Veterinariya i kormlenie*. [Journal Veterinaria i Kormlenie], 2019, no. 1, pp. 14–17. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-5.
 11. Matveeva A.V., Saitkhanov E.O. Izmeneniya v gematologicheskom i biokhimicheskom profile u korov pri stresse, vyzvannom patologiyami konechnostei [Changes in the hematological and biochemical profile of cows under stress caused by pathologies of the limbs]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine], 2019, no. 3, pp. 109–113. (In Russian).
 12. Khomushku Ch.M. Sravnitel'naya kharakteristika morfofiziologicheskikh i biokhimi-

REFERENCES

cheskikh pokazatelei krovi aborigennogo skota [Comparative characteristic of morphophysiological and biochemical blood parameters of native cattle]. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova* [Bulletin of Khakass State University named after N.F. Katanov], 2019, no. 2 (28), pp. 100–103. (In Russian).

13. Kuz'mina E.E., Ludu B.M. Izmeneniya inter'ernykh pokazatelei yakov v usloviyakh antropogenного zagryazneniya [Changes in the interior indicators of yaks under the conditions of anthropogenic pollution]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2019, no. 8, pp. 40–43. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Кузьмина Е.Е., кандидат биологических наук; **адрес для переписки:** Россия, 667005, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Бухтуева, 4; e-mail: kusmina_77@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kuzmina E.E.**, Candidate of Science in Biology; **address:** 4, Bukhtueva St., Kyzyl, Republic of Tuva, 667005, Russia; e-mail: kusmina_77@mail.ru

*Дата поступления статьи 30.01.2020
Received by the editors 30.01.2020*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи (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 yarovoii 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 фабрикации данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзывная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

*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 50, No 2 (273)



2020
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. Afanasenko	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	Corresponding Member, Novosibirsk, Russia
N.M. Ivanov	Corresponding Member, 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 Republic of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

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 these 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