

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 48, № 2 (261)



2018  
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. Десягин	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, Москва, Россия
Н.А. Донченко	доктор ветеринарных наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, Москва, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
В.А. Мороз	академик РАН, Ставрополь, 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
В.А. Солощенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмцов	академик РАН, Омск, Россия
И.Н. Шарков	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия

**Иностранные члены редколлегии:**

В.В. Азаренко	доктор технических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямба	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» входит в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.

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



[www.sibvest.elpub.ru](http://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](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); <http://www.sorashn.ru>

Сдано в набор 30.04.18. Подписано в печать 31.05.18. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,75.  
Уч-изд. л. 15,5. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук», 2018

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2018



## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

***РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ******PLANT GROWING AND BREEDING***

**Стёпочкин П.И.** Межфазный период всходы – колошение у яровых тритикале

**5 Stepochkin P.I.** The interphase period of shoots – earing of spring triticale

**Исачкова О.А.** Устойчивость голозерного овса к семенной инфекции

**11 Isachkova O.A.** Resistance of hulless oats to seed infection

**Лепехов С.Б.** Прогноз селекционной ценности гибридных популяций пшеницы на основе анализа родительских сортов

**17 Lepekhov S.B.** Prediction of breeding value in wheat segregating populations based on analysis of parental varieties

***КОРМОПРОИЗВОДСТВО******FODDER PRODUCTION***

**Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н.** Влияние приемов биологизации и химизации на водопотребление культур в кормовых севооборотах

**24 Galeev R.F., Shashkova O.N.** Influence of biologization and chemicalization on water consumption of crops in fodder crop rotations

***ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ******PLANT PROTECTION***

**Ашмарина Л.Ф., Ермохина А.И., Галактионова Т.А.** Особенности фитосанитарной ситуации в посевах клевера лугового в лесостепи Западной Сибири

**33 Ashmarina L.F., Erokhina A.I., Galaktionova T.A.** Features of phytosanitary situation in crops of red clover in the forest-steppe of western siberia

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

- Луницын В.Г.** Возрастная пантовая продуктивность как критерий выбраковки маралов-рогачей 42 **Lunitsin V.G.** Maral stags age-related antler velvet yield as judging and culling criteria
- Колчев А.Г.** Показатели процесса молоковыведения высокопродуктивных коров-первотелок 49 **Kolchev A.G.** Lactation performance of high-yield first-calf cows
- Давыдова Н.В., Афонюшкин В.Н., Козлова Ю.В., Филипенко М.Л., Волков Д.В.** Влияние амлодипина на устойчивость к энрофлоксацину у *Salmonella enterica* 55 **Davydova N.V., Afonyushkin V.N. Kozlova Yu.V., Filipenko M.L.** Influence of amlodipine on resistance to enrofloxacin in *Salmonella enterica*

**МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ****MECHANISATION,  
AUTOMATION, MODELLING  
AND DATAWARE**

- Тихоновский В.В., Блынский Ю.Н., Гуськов Ю.А., Тихоновская К.В.** Взаимодействие уборочно-транспортных машин при использовании большегрузного прицепа-перегрузателя 63 **Tikhonovsky V.V., Blynsky Yu.N., Guskov Yu.A., Tikhonovskaya K.V.** The interaction of harvesting and transport machinery when using the heavy-duty trailer-loader
- Алейников А.Ф., Минеев В.В.** Метод оценки зрелости ягод без их разрушения 72 **Aleinikov A.F., Mineyev V.V.** Berry maturity assessment method without ITS damage

**ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ****PROBLEMS. SOLUTIONS**

- Гурова Т.А., Осипова Г.М.** Проблема сопряженной стрессоустойчивости растений при изменении климата в Сибири 81 **Gurova T.A., Osipova G.M.** The problem of combined stress resistance of plants under climate change in Siberia
- Ермохин В.Г., Рогачёв В.А., Шелепов В. Г.** Моделирование белковой добавки из регионального сырья для органического свиноводства Сибири 93 **Ermokhin V.G., Rogachev V.A., Shelepov V. G.** Modelling of protein supplement from regional raw material for organic pig breeding of Siberia

**НАУЧНЫЕ СВЯЗИ**

**SCIENTIFIC RELATIONS**

- Наздрачёв Я.П., Филонов В.М., Мамыкин Е.В.** Особенности минерализации в почве послеуборочных остатков пшеницы и рапса 101
- Nazdrachev Ya.P., Filonov V.M., Mamykin E.V.** Features of wheat and rape residue mineralization in soil after harvesting



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-1

УДК 631.1:581.14: [633.11:633.14]

**МЕЖФАЗНЫЙ ПЕРИОД ВСХОДЫ – КОЛОШЕНИЕ У ЯРОВЫХ ТРИТИКАЛЕ\*****П.И. СТЁПОЧКИН, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник***Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства  
и селекции – филиал Института цитологии и генетики СО РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: petstep@ngs.ru*

Представлены результаты изучения в 2012, 2014 и 2017 гг. в условиях лесостепи Новосибирской области форм и гибридов яровых тритикале по признаку число дней от всходов до колошения растений. Из мировой коллекции ВИР выделено пять источников раннеспелости со средней продолжительностью межфазного периода всходы – колошение 35–37 сут, которые рекомендуется использовать в дальнейшей селекционной работе для создания раннеспелых сортов пшенично-ржаных амфиплоидов в лесостепной зоне Приобья Западной Сибири. Наиболее короткий этот межфазный период по результатам изучения в 2012, 2014 и 2017 гг. у образцов Presto//2\* Tesmo 1 (к-3883), IRA-M2A (к-688), Скорый (к-3745), Fahad 8-2\*2//PTR... (к-3878) и POP-WG (к-3882). Из новых образцов коллекции ВИР выделились Trl-216-78-01(к-3991), Лт-F6-540-4 (к-3992), Лт-F6-544-4 (к-3993), Лт-F6-544-6 (к-3994), Лт-F6-546-2 (к-3995) и Лт-F6-546-3 (к-3996), у которых в 2017 г. период от всходов до колошения составил 36–38 дней. В популяциях гибридов третьего поколения озимого тритикале сорта Сирс 57 с двумя яровыми коллекционными образцами IRA-M2A (к-688) и Арсенал (к-3874) не найдено растений, достигающих продолжительности межфазного периода всходы – колошение отцовских яровых форм. Яровые тритикале, полученные в потомствах спонтанно возникших мутантных яровых растений, выделенных из популяций озимых форм амфиплоидов, характеризовались более длительным межфазным периодом всходы – колошение (51–56 сут), чем изученные коллекционные яровые гексаплоидные образцы. Наиболее длительный этот период (62–72 сут) у четырех семей октаплоидных тритикале.

**Ключевые слова:** тритикале, межфазный период всходы – колошение, гексаплоидные образцы, пшенично-ржаные амфиплоиды.

Гексаплоидные (6х) и октаплоидные (8х) тритикале ( $\times$  *Triticosecale* Wittmack), или пшенично-ржаные амфиплоиды (ПРА), более позднеспелые, чем исходные родительские виды, у которых достигнуты определенные успехи по созданию раннеспелых сортов. Основное количество работ по генетике вегетационного периода у пшеницы связано с изучением продолжительности периода всходы – колошение [1]. Известно, что этот межфазный период на 70% детерминирован системой генов *Vrn* [2].

В Сибирском научно-исследовательском институте растениеводства и селекции (СибНИИРС) – филиале ИЦиГ СО РАН создана серия октаплоидных тритикале с доминантными генами *Vrn*, унаследованными от почти изогенных линий мягкой пшеницы Triple Dirk [3], различающиеся по длительности вегетационного периода. Наиболее скороспелые из них те, которые несут гены *VrnA1* и *VrnD1* [4]. Однако их вегетационный период более длительный по сравнению с изученными в тех же условиях выращивания 6х формами [5].

\*Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № 0324-2018-0018.

В последние два десятилетия созданы сорта пшеницы, сочетающие раннеспелость и хорошую урожайность зерна – Новосибирская 22, Новосибирская 15, Полюшко. Эти признаки детерминированы набором генов *Vrn A1a*, *VrnB1a* (Новосибирская 15) и *Vrn A1a*, *VrnB1c* (Полюшко) [1]. У тритикале по сравнению с пшеницей и рожью фазы колошения, цветения и созревания наступают позднее и длятся дольше [6–9]. Из-за позднего выколашивания растений ПРА в северных районах зерно не успевает созреть до начала осенних холодов [10]. Тритикале с коротким периодом от всходов до колошения обладают высокой фертильностью колоса [11]. Раннеспелые ПРА имеют повышенное содержание белка за счет морщинистости зерна [12]. Длительная вегетация растений ПРА имеет свое преимущество для применения сортов на корм. Благодаря более позднему, чем у ржи, выколашиванию, амфилоиды можно использовать в зеленом конвейере до созревания многолетних трав [13].

Цель работы – изучить разнообразие имеющихся в СибНИИРСе коллекционных форм и гибридов яровой тритикале по признаку число дней от всходов до колошения.

#### МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Длительность межфазного периода всходы – колошение изучали у выращенных в 2012, 2014 и 2017 гг. в открытом грунте 42 образцов яровых 6х тритикале из коллекции ВИР (Всероссийского института растениеводства им. Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург). На делянках площадью 0,2 м<sup>2</sup>, расположенных рандомизированно, высевали по 100 семян коллекционного образца. Через каждые 10 образцов высевали стандарт сорт Укро.

В 2017 г., кроме них, изучали 14 новых коллекционных образцов, 31 линию яровых мутантных форм, выделенных в СибНИИРСе из популяций озимых тритикале Сирс 57, О.312, ЛМК 462 и УК 30 [8, 14], 56 популяций из созданных ранее [3] серии октаплоидных (8х) тритикале – носителей одного из четырех доминантных генов *Vrn1*,

2 популяции гибридов  $F_3$  от скрещиваний в 2015 г. озимого сорта тритикале Сирс 57 с яровыми коллекционными образцами Арсенал (к-3874) и IRA-M2A (к-688). Семена  $F_3$  высевали вручную в 0,8-метровые рядочки по 35–40 семян в рядок. Число рядков каждой популяции гибридов 14, расстояние между рядками 15 см.

Условия вегетации в 2012 г. характеризовались дефицитом влаги при повышенной температуре. Сумма эффективных температур к концу августа достигла 1736°, что было выше среднемноголетней почти на 25%. Вегетационный период 2014 г. отличался повышенным накоплением суммы эффективных температур за период вегетации (1577,4°) по сравнению со среднемноголетней (1317°). Количество осадков за вегетационный период составило 193,2 мм, или 91,0% от среднемноголетнего значения. В 2017 г. осадков выпало несколько больше нормы. Сумма эффективных температур достигла 1523°, что было близко к условиям 2014 г.

Материал статистически обрабатывали по общепринятой методике [15].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные за 3 года коллекционные образцы по группам спелости применительно к яровым тритикале в основном можно отнести к среднеранним. Короткий межфазный период всходы – колошение (31–34 дня в засушливый и жаркий 2012 г. и 36–39 дней в годы с повышенной влажностью) отмечен у Presto//2\*Тесмо 1 (к-3883), IRA-M2A (к-688), Скорый (к-3745), Fahad 8-2\*2//PTR (к-3878) и POP-WG (к-3882). У самых позднеспелых из изученных форм тритикале Хлібодар Харківський (к-3872), СПТГ1-2 (к-3112) и EMBRARA 18 (к-3537) колошение начиналось в 2012 г. на 39–43-й день, в увлажненные годы – на 45–47-й (табл. 1).

Гибриды  $F_3$  от скрещиваний озимого сорта Сирс 57 с раннеспелыми коллекционными образцами IRA-M2A (к-688) и Арсенал (к-3874) были более позднеспелыми, чем исходные яровые родительские формы, хотя в  $F_2$  для дальнейшей работы отбирали

Таблица 1. Межфазный период всходы – колошение у 42 образцов тритикале по годам исследования  
 Table 1. Interphase period of shoots – earing of 42 samples of triticale by the years of research

Образец, номер каталога	Межфазный период всходы – колошение, сут			
	2012 г.	2014 г.	2017 г.	Среднее
Presto//2*Тесмо 1, к-3883	31	38	37	35 ± 4
IRA-M2A, к-688	32	38	39	36 ± 4
Скорый, к-3745	34	38	36	36 ± 2
Fahad 8-2*2//PTR..., к-3878	34	39	37	37 ± 3
POP-WG, к-3882	33	39	38	37 ± 4
Anoas 5/Faras 1, к-3884	36	41	37	38 ± 3
PCН $\alpha$ Trl 238, к-3499	34	40	41	38 ± 4
PCН $\alpha$ Trl 170, к-3500	37	41	39	39 ± 2
M2A/Cin, к-1072	34	42	40	39 ± 5
Арсенал, к-3874	34	42	42	39 ± 5
Мыкола, к-3890	36	43	42	40 ± 4
Gabo, к-3722	37	42	42	40 ± 3
ЗГ-186, к-3907	37	43	39	40 ± 3
PCН $\alpha$ Trl 216, к-3498	39	39	41	40 ± 1
Kargo, к-3724	37	43	41	40 ± 3
Eriso 12/2*Nimir 3//Rondo, к-3880	38	40	42	40 ± 2
Фаса, к-3683	37	42	41	40 ± 3
Fahad 5, к-3720	37	41	41	40 ± 3
Sh1/Senst × Hurlan, к-3533	37	42	42	40 ± 3
SuSi2, к-3535	38	42	41	40 ± 2
Fahad 4/ Faras 1, к-3885	38	41	41	40 ± 2
Dahbi/3/Fahad8-2, к-3886	38	43	41	41 ± 3
Ardi/Торо 1419, к-3879	37	43	42	41 ± 4
Pollmer 2.1.1., к-3877	39	44	41	41 ± 3
Жайворонок Харьківський, к-3871	37	44	43	41 ± 4
Узор, к-3888	37	46	41	41 ± 5
Wahad, к-3723	36	44	42	41 ± 5
Kissa, к-3721	38	42	44	41 ± 3
Мієсгка, к-3725	39	42	42	41 ± 2
Ульяна, к-3887	39	44	43	42 ± 3
Соловей Харьківський, к-3873	37	45	45	42 ± 5
Укро, к-3644	36	46	42	42 ± 5
Panda «S» Octo Bulk Bush, к-2321	39	44	44	42 ± 3
Ярило, к-3895	38	43	44	42 ± 3
279 A/01, к-3744	38	44	44	42 ± 4
Sandro, к-3532	40	43	42	42 ± 2
Dahbi 6/3 Ardi 1/Торо 1419/..., к-3881	39	43	45	42 ± 3
M2A – CnI, к-3276	41	45	43	43 ± 2
Лотас, к-3889	39	46	45	43 ± 4
Хлібодар Харьківський, к-3872	39	45	47	44 ± 5
СПТГ1-2, к-3112	41	45	45	44 ± 3
EMBRARA 18, к-3537	43	43	45	44 ± 1
Средняя	37,3	42,5	42,0	
НСР <sub>0,05</sub>	0,7	0,7	0,4	

растения самые раннеспелые для данной комбинации скрещивания. Тем не менее все они были более позднеспелыми, чем яровые родители. У самых раннеспелых растений популяции  $F_3$  из комбинации Сирс 57 × IRA-M2A выколашивание отмечено на 2 дня позднее, чем у яровой родительской формы, из комбинации Сирс 57 × Арсенал – на один день. Видимо, помимо ожидаемых гомозигот по доминантным генам *Vrn* (которые априори обладают яровые формы) у гибридов есть гены, замедлившие развитие растений, или в популяциях этих гибридов еще не появились гомозиготные растения по всем доминантным генам *Vrn1*.

Из новых поступлений из мировой коллекции ВИР в 2017 г. по короткому межфазному периоду всходы – колошение (36–38 дней) выделились образцы Tr1-216-78-01 (к-3991), Лт-F6-540-4 (к-3992), Лт-F6-544-4 (к-3993), Лт-F6-544-6 (к-3994), Лт-F6-546-2 (к-3995) и Лт-F6-546-3 (к-3996). У остальных восьми новых форм этот период длился 40–42 дня.

У 56 линий четырех различных по доминантным генам *Vrn* семей 8х тритикале межфазный период всходы – колошение более чем на 15 сут продолжительней, чем у изученных коллекционных образцов 6х ПРА (табл. 2). У самой раннеспелой из них семьи 8х*VrnA1* он оказался на 10 сут короче, чем у самой позднеспелой 8х*VrnD4*.

Коллекция мутантных яровых форм создана в СибНИИРСе в разные годы [14, 15], для поддержания их всхожести высевают

Таблица 2. Продолжительность межфазного периода всходы – колошение у 56 линий четырех семей 8х ПРА с доминантными генами *Vrn*, 2017 г.

Table 2. Duration of shoots – earing interphase period of 56 lines of four families 8хPRA with dominant *Vrn* genes, 2017

Название семей 8х ПРА	Число линий	Период всходы-колошение, сут	
		средний	варьирование
8х <i>VrnA1</i>	23	62,1 ± 1,2	59–67
8х <i>VrnD1</i>	16	63,9 ± 1,0	59–68
8х <i>VrnB1</i>	8	69,6 ± 3,0	64–76
8х <i>VrnD4</i>	9	72,3 ± 2,0*	68–76

Примечание. Отличие от семей 8х*VrnA1* и 8х*VrnD1* при  $p < 0,05$ .

семяна через 5–6 лет. Выращенные в 2017 г. в полевых условиях линии, выделенные из четырех озимых форм тритикале, различались по изучаемому признаку (табл. 3). Этот период у них был почти на 10 дней продолжительней, чем у изученных 6х тритикале из мировой коллекции ВИР, однако даже у самых позднеспелых мутантных форм он был короче, чем у семей 8х ПРА. Самым длительным периодом ( $55,6 \pm 2,2$  сут) отличились линии из УК 30. Однако в пределах этой группы тритикале достоверной разности средних нет.

Проблема раннеспелости актуальна в лесостепной зоне Приобья Западной Сибири, где лето короткое и жаркое, запасы зимневесенней влаги в почве быстро заканчиваются. Раннеспелые формы пшеницы в данном регионе успевают ее использовать к середине июня, когда заканчивается формирование органов плодоношения и растения готовятся к выколашиванию.

Сортов тритикале ярового типа развития пока в данном регионе нет. Их абсолютная устойчивость к мучнистой росе и видам головни вызывает необходимость проводить селекционные работы по яровым формам тритикале, так как уменьшается потребность в применении химикатов против этих заболеваний. Большое значение имеет создание раннеспелых форм тритикале, которые по данному признаку были бы на уровне раннеспелых сортов яровой пшеницы.

Таблица 3. Продолжительность периода всходы – колошение у яровых линий, выделенных из популяций четырех озимых форм тритикале, 2017 г.

Table 3. Duration of shoots – earing interphase period of spring lines isolated from the populations of four winter forms of triticale, 2017

Исходные озимые популяции тритикале	Число линий	Период всходы – колошение, сут	
		средний	варьирование
Сирс 57	4	51,7 ± 1,3	50–63
ЛМК 462	10	51,6 ± 0,7	50–53
О.312	8	55,6 ± 2,2	49–59
УК 30	9	51,2 ± 0,7	50–54

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из мировой коллекции ВИР яровых тритикале выделено пять источников короткого межфазного периода всходы – колошение (до 39 сут), которые рекомендуется использовать в дальнейшей селекционной работе для создания раннеспелых сортов пшенично-ржаных гибридов в лесостепной зоне Приобья Западной Сибири. В популяциях гибридов  $F_3$  озимого тритикале сорта Сирс 57 с двумя яровыми коллекционными образцами IRA-M2A (к-688) и Арсенал (к-3874) не найдено растений, достигающих продолжительности межфазного периода всходы – колошение отцовских яровых форм. Яровые тритикале, полученные в потомствах растений, выделенных из популяций озимых форм ПРА, имеют более длительный межфазный период всходы – колошение (51–56 сут), чем у изученных коллекционных образцов. Наиболее длительный этот период (62–72 сут) отмечен у четырех семей октаплоидных тритикале.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихенко И.Е., Стасюк А.И., Щербань А.Б., Зырянова А.Ф., Лихенко Н.И., Салина Е.А. Изучение аллельного состава генов *vrn-1* и *ppd-1* у раннеспелых и среднеранних сортов яровой мягкой пшеницы Сибири // Вавил. журн. генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, № 4/1. – С. 691–703.
2. Стельмах А.Ф. Изучение генетики типа и скорости развития мягких пшениц во ВСГИ // Генетико-цитологические аспекты селекции сельскохозяйственных растений: сб. науч. тр. – Одесса, 1984. – С. 5–15.
3. Стёпочкин П.И. Создание и изучение серии по генам *vrn* форм тритикале // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 11. – С. 26–32.
4. Стёпочкин П.И. Изучение продолжительности фазы «всходы – колошение» у гибридов ранних поколений яровых тритикале разных уровней плоидности // Вестн. АПК Ставрополья. – 2017. – № 1 (25). – С. 148–152.
5. Стёпочкин П.И., Емцева М.В. Изучение межфазного периода «всходы – колошение» у исходных родительских форм и гибридов тритикале с разными генами *Vrn* // Вавил. журн. генетики и селекции. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 530–533.
6. Федорова Т.Н. Проблемы селекции и цитогенетики тритикале // С.-х. биология. – 1983. – № 10. – С. 95–101.
7. Махалин М.А. Межродовая гибридизация зерновых колосовых культур. – М.: Наука, 1992. – 236 с.
8. Стёпочкин П.И. Формообразование в популяциях тритикале, пшеницы, ржи и его использование в селекции для условий Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Новосибирск, 2008. – 36 с.
9. Алферова П.А., Нагирняк И.Н. Семенная продуктивность яровой тритикале в Восточном Забайкалье // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2012. – № 6. – С. 17–19.
10. Сечняк Л.К., Сулима Ю.Г. Тритикале. – М.: Колос, 1984. – 317 с.
11. Ukalska J., Kociuba W. Phenotypical diversity of winter triticale genotypes collected in the Polish gene bank between 1982 and 2008 with regard to major quantitative traits // Field Crops Research. – 2013. – Vol. 149. – P. 203–212. – DOI: 10.1016/j.fcr.2013.05.010.
12. Kociuba W., Kramek A. Variability of yield traits and disease resistance in winter triticale genetic resources accessions // Acta Agrobotanica. – 2014. – Vol. 67, N 2. – P. 67–76. – DOI: 10.5586/aa.2014.027.
13. Ригин Б.В., Орлова Н.И. Пшенично-ржаные амфидиплоиды. – Л.: Колос, 1977. – 279 с.
14. Стёпочкин П.И. Изучение факторов, влияющих на частоту возникновения яровых растений в популяциях озимой тритикале // Докл. РАСХН. – 2005. – № 2. – С. 3–5.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований); 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## REFERENCES

1. Likhenko I.E., Stasyuk A.I., Shcherban' A.B., Zyryanova A.F., Likhenko N.I., Salina E.A. Izuchenie allelnogo sostava genov *vrn-1* i *ppd-1* u ran-nespelykh i srednerannikh sortov yarovoï myagkoï pshenitsy Sibiri // Vavil. zhurn. genetiki i selektsii. – 2014. – T. 18. – № 4/1. – S. 691–703.
2. Stel'makh A.F. Izuchenie genetiki tipa i skorosti razvitiya myagkikh pshenits vo VSGI // Genetiko-tsitologicheskie aspekty selektsii sel'skokhozyai-stvennykh rastenii: sb. nauch. tr. – Odessa, 1984. – S. 5–15.
3. Stepochkin P.I. Sozdanie i izuchenie serii po genam *vrn* form tritika-le // Sib. vestnik s.-kh. nauki. – 2009. – № 11. – S. 26–32.

4. **Stepochkin P.I.** Izuchenie prodolzhitel'nosti fazy «vskhody – kolo-shenie» u gibrinov rannikh pokolenii yarovykh tritikale raznykh urovnei plo-idnosti // Vestn. APK Stavropol'ya. – 2017. – № 1 (25). – S. 148–152.
5. **Stepochkin P.I., Emtseva M.V.** Izuchenie mezhfaznogo perioda «vskho-dy – koloshenie» u iskhodnykh roditel'skikh form i gibrinov tritikale s raznymi genami Vrn // Vavil. zhurn. genetiki i selektsii. – 2017. – T. 21. – № 5. – S. 530–533.
6. **Fedorova T.N.** Problemy selektsii i tsitogenetiki tritikale // S.-kh. biologiya. – 1983. – № 10. – S. 95–101.
7. **Makhalin M.A.** Mezhdodovaya gibrinizatsiya zernovykh kolosovykh kul'tur. – M.: Nauka, 1992. – 236 s.
8. **Stepochkin P.I.** Formoobrazovanie v populyatsiyakh tritikale, pshenitsy, rzhii i ego ispol'zovanie v selektsii dlya uslovii Zapadnoi Sibiri: avtoref. dis. d-ra s.-kh. nauk. – Novosibirsk, 2008. – 36 s.
9. **Alferova P.A., Nagirnyak I.N.** Semennaya produktivnost' yarovoii tritikale v Vostochnom Zabaikal'e // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2012. – № 6. – S. 17–19.
10. **Sechnyak L.K., Sulima Yu.G.** Tritikale. – M.: Kolos, 1984. – 317 s.
11. **Ukalska J., Kociuba W.** Phenotypical diversity of winter tritikale genotypes collected in the Polish gene bank between 1982 and 2008 with regard to major quantitative traits // Field Crops Research. – 2013. – Vol. 149. – P. 203–212. – doi: 10.1016/j.fcr.2013.05.010.
12. **Kociuba W., Kramek A.** Variability of yield traits and disease resistance in winter tritikale genetic resources accessions // Acta Agrobotanica. – 2014. – Vol. 67. – N 2. – P. 67–76. – doi: 10.5586/aa.2014.027.
13. **Rigin B.V., Orlova N.I.** Pshenichno-rzhanye amfidiploidy. – L., Kolos, 1977. – 279 s.
14. **Stepochkin P.I.** Izuchenie faktorov, vliyayushchikh na chastotu voznikno-veniia yarovykh rastenii v populyatsiyakh ozimoi tritikale // Dokl. RASKhN. – 2005. – № . – S. 3–5.
15. **Dospikhov B.A.** Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniia); 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agro-promizdat, 1985. – 351 s.

## THE INTERPHASE PERIOD OF SHOOTS – EARING OF SPRING TRITICALE

**P.I. STEPOCHKIN, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher**

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia  
e-mail: petstep@ngs.ru*

The work presents the results of the study of forms and hybrids of spring tritikale by the trait specified as the number of days from shooting to earing carried out in 2012, 2014 and 2017 under the conditions of the forest-steppe of the Novosibirsk region. From the world collection of The N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Genetic Resources, there were selected 5 sources of early maturity with an average duration of the interphase period of shoots-ears 35-37 days, which are recommended for use in further breeding work to create early varieties of wheat-rye amphiploids in the forest-steppe zone of Western Siberia. The results of the study demonstrated that in 2012, 2014 and 2017 the samples Presto/2\*Tesmo 1 (κ-3883), IRA-M2A (κ-688), Skory (κ-3745), Fahad 8-2\*2//PTR... (κ-3878) and POP-WG (κ-3882) had the shortest interphase period. Among new samples there were marked Trl-216-78-01 (κ-3991), LT-F6-540-4 (κ-3992), LT-F6-544-4 (κ-3993), LT-F6-544-6 (κ-3994), LT-F6-546-2 (κ-3995) and LT-F6-546-3 (κ-3996), whose period from shooting to earing was 36-38 days in 2017. In the hybrid populations of the third generation of winter tritikale, variety Sirs 57, and two spring collection samples, IRA-M2A (κ-688) and Arsenal (κ-3874), plants reaching the duration of the shoots-earing interphase period of the spring parental forms were not found. Spring tritikale obtained in the offspring of spontaneous mutant spring plants isolated from populations of winter forms of amphiploids were characterized by a longer interphase period of shoots-earing (51-56 days) than the studied spring hexaploid samples. Four families of octaploid tritikale had the longest period (62-72 days).

**Keywords:** tritikale, the interphase period of shoots-earing, hexaploid samples, wheat-rye amphiploids

*Поступила в редакцию 16.03.2018*

## УСТОЙЧИВОСТЬ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА К СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ

**О.А. ИСАЧКОВА<sup>1,2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

<sup>1</sup> Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал СФНЦА РАН  
650510, Россия, Кемеровская область, пос. Новостройка, ул. Центральная, 47

<sup>2</sup> Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт

650056, Россия, Кемерово, ул. Марковцева, 5

e-mail: isachkova2410@mail.ru

Представлены результаты изучения устойчивости голозерного овса к поражению семян внутренней инфекцией. Исследования проведены на 34 образцах мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова и сортах местной селекции урожая 2013–2015 гг. в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Зараженность семян голозерного овса гельминтоспориозом, фузариозом, альтернариозом и бактериозом определяли методом влажной камеры с применением бумажных рулонов. Выявлена зависимость интенсивности заражения от метеорологических условий в период роста и развития растений голозерного овса. Отмечено, что при низких температурах воздуха и высокой влагообеспеченности вегетационного периода степень заражения семян грибными и бактериальными инфекциями увеличивается. Выявлено, что на сортах голозерного овса большее распространение имеют грибы рода *Alternaria* sp. от 18,6 до 46,7% и бактериозы 6,3–24,1%. Зараженность семян *Helminthosporium avenae* Eidam. и *Fusarium* sp. не превышала 15%. Показано, что от 55 до 76% образцов овса имеют практическую устойчивость к патогенам – менее 10% заражения, слабую восприимчивость – 10–25%. В среднем за годы испытаний ни у одного сорта голозерного овса зараженность семенной инфекцией не превысила 35%, что говорит о наличии у голозерных форм овса уникальных механизмов устойчивости, защищающих зерно от проникновения фитопатогенов. Из проанализированных образцов практической устойчивостью к грибным и бактериальным инфекциям обладают сорта Гаврош (Кемерово), к-7776 (США), Nakota (США), которые могут быть использованы в процессе создания сортов голозерного овса как источники устойчивости к внутренней инфекции семян.

**Ключевые слова:** овес голозерный, устойчивость к патогенам, семенная инфекция.

Усиливающийся интерес к голозерным сортам овса обусловлен его исключительно ценным аминокислотным составом белка, наличием в зерне большого количества витаминов, масла и крахмала, а также антиаллергическими свойствами, что позволяет использовать его как в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы, так и в производстве различных видов продуктов функционального питания. Широкое использование голозерного овса подразумевает получение исходной продукции высокого качества. Однако серьезную преграду к формированию полноценного высококачественного урожая не перестают создавать некоторые серьезные заболевания растений и семян овса.

Семена являются источником и передатчиком инфекции болезней овса, вызываемых *Fusarium* sp., *Helminthosporium avenae*

Eidam., *Alternaria* sp., *Drechlera avenae* (Eidam.) Ito et Kuribay., *Septoria avenae* Frank., бактериозов, которые в последние годы получают все большее распространение [1–4].

Наиболее простой и действенный способ борьбы с болезнями овса – выращивание устойчивых к ним сортов, что способствует снижению пестицидной нагрузки на агроценоз, получению экологически чистой продукции. Однако устойчивость сорта – качество непостоянное, которое со временем может значительно ослабеть или полностью исчезнуть вследствие постоянного процесса образования новых рас возбудителей болезней [5, 6].

Многие исследователи отмечают, что голозерные сорта овса более устойчивы к поражению зерна грибными болезнями по сравнению с пленчатыми сортами [7–10].

Тем не менее сортов голозерного овса с иммунитетом к инфекционным заболеваниям пока нет. Успехов в создании таких сортов можно достигнуть лишь при наличии соответствующего исходного генетического материала.

Цель исследования – изучение и отбор лучших генотипов голозерного овса с устойчивостью к поражению семенной инфекцией.

### УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на 34 образцах голозерного овса мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, а также сортов и гибридов собственной селекции урожая 2013–2015 гг. в условиях северной лесостепи Западной Сибири в Кемеровском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук.

Метеорологические условия в период формирования урожая различались нестабильностью по годам и в пределах одной вегетации, что сказалось на степени поражения полученных семян коллекционных образцов голозерного овса. Климатические условия 2013 г. отличались пониженными температурами воздуха и большим количеством влаги, гидротермический коэффициент (ГТК) 2,1. В 2014 г. зарегистрированы пониженная температура воздуха (менее 10 °С) и большое количество осадков в мае – I декаде июня и высокая температура воздуха с низкой влагообеспеченностью в июле–августе (ГТК = 1,2). Вегетационный период голозерного овса в 2015 г. сопровождался стабильно высокими температурами воздуха с резким недостатком влаги в мае–августе (ГТК = 1,0).

Зараженность семян голозерного овса внутренней инфекцией (гельминтоспориоз, фузариоз, альтернариоз, бактериоз) определяли методом влажной камеры с применением бумажных рулонов по ГОСТ 12044–93 [11].

Процент развития болезни проростков, отражающий усредненную степень поражения, рассчитывали по формуле

$$R = \sum(a \times b) \times 100 / N \times K,$$

где  $R$  – развитие болезни (%);  $\sum(a \times b)$  – сумма произведений числа больных растений ( $a$ ) на соответствующий им балл поражения ( $b$ );  $N$  – общее количество растений в пробе (больных и здоровых);  $K$  – высший балл шкалы учета.

Учеты, наблюдения и оценки по видам возбудителей болезней проводились согласно «Методическим указаниям по изучению генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам» и «Методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса» [12, 13]. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Snedecor [14].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что зараженность семян голозерного овса инфекционными заболеваниями увеличивается при низких температурах воздуха ( $r = -0,8268 \dots -0,9962$  при  $R = 0,4970$ ) и высокой влагообеспеченности вегетационного периода ( $r = 0,8209 \dots 0,9979$  при  $R = 0,4970$ ). При этом высокая степень зараженности альтернариозом наблюдалась при пониженном температурном режиме и большом количестве осадков первой половины вегетации ( $r = -0,8268$  и  $0,9983$  соответственно при  $R = 0,4970$ ). Сильная зараженность альтернариозом, фузариозом, бактериозом отмечена при неблагоприятных погодных условиях июня–августа ( $r = -0,8636 \dots -0,9962$  (температура воздуха) и  $r = 0,9164 \dots 0,9948$  (количество осадков) при  $R = 0,4970$ ). Так, более высокое развитие инфекционных заболеваний зарегистрировано в 2013 г. с высокой влагообеспеченностью (35,1%), при засушливых метеорологических условиях 2015 г. отмечено снижение инфекционной нагрузки (26,0%) (табл. 1).

Наиболее многочисленным представителем микробиоты зерна являются грибы

Таблица 1. Развитие инфекции семян голозерного овса (2013–2015 гг.)

Table 1. Infection development in the seeds of hulless oats (2013–2015)

Год	Развитие болезни проростков, %	Зараженность, %			
		<i>Alternaria</i> sp.	<i>Helminthosporium avenae</i> Eidam.	<i>Fusarium</i> sp.	Бактериоз
2013	35,1	46,7	12,8	14,8	24,1
2014	33,4	29,6	15,0	2,4	16,3
2015	26,0	18,6	9,8	1,1	6,3

рода *Alternaria* sp., которые всегда заселяют семена [15]. Из изученных заболеваний во все годы исследований зараженность семян голозерного овса *Alternaria* sp. имела наибольшее распространение (от 18,6 до 46,7% в среднем по питомнику). Распределение образцов по группам устойчивости к альтернариозу показало, что до 65% сортов голозерного овса являются слабовосприимчивыми к данному патогену, 9 сортов имели зараженность альтернариозом до 50%. Сорт голозерного овса с высокой устойчивостью к альтернариозу не выявлено (табл. 2).

В среднем за годы исследований практическую устойчивость (менее 10%) к заражению семян *Alternaria* sp. показали сорта Гаврош (Кемерово), MF 9224–164 (США) и Gehl (Канада).

Гельминтоспориоз и фузариоз – одни из наиболее вредоносных заболеваний, так как приводят к накоплению в зерне опасных для человека и животных вторичных метаболитов. Возбудители болезни – грибы рода *Helminthosporium avenae* Eidam. и *Fusarium* sp. в процессе жизнедеятельности продуцируют различные микотоксины, большинство из которых при попадании в организм оказывают токсическое действие [9, 10, 16, 17]. В настоящем исследовании зараженность

семян голозерных сортов овса гельминтоспориозом и фузариозом не превышала 15% (см. табл. 1). Более низкий процент заражения данными патогенами отмечен при засушливых условиях вегетационного периода 2015 г. (9,8 и 1,1% соответственно).

Преобладающее большинство сортов показали высокую и практическую устойчивость к фузариозу (8 и 26 образцов соответственно). До 10% заражения гельминтоспориозом отмечено у 59% изученных сортов, 13 образцов имели зараженность от 10 до 25%. Сорт с отсутствием признаков заражения гельминтоспориозом не выявлено. Комплексная высокая устойчивость к фузариозу и практическая устойчивость к гельминтоспориозу отмечена у сортов Гаврош (Кемерово), Помор (Кемерово), к-7776 (США), Nakota (США), James (США), Izak (Чехия), MF 9621–280 (США), Gehl (Канада).

Отмеченная многими учеными [7–10] невысокая интенсивность заражения семян голозерного овса грибными заболеваниями подтверждена и данными исследованиями. В среднем за годы испытаний ни у одного сорта голозерного овса зараженность семенной инфекцией не превысила 35% и незначительное число образцов (от 1 до 9 шт.)

Таблица 2. Устойчивость генотипов голозерного овса к семенной инфекции (2013–2015 гг.)

Table 2. Resistance of hulless oat genotypes to seed infection (2013–2015)

Градация	Устойчивость	Зараженность, %	Число образцов, шт.			
			<i>Alternaria</i> sp.	<i>Helminthosporium avenae</i> Eidam.	<i>Fusarium</i> sp.	Бактериоз
О	Высокая устойчивость	0	0	0	8	1
I	Практическая устойчивость	<10	3	20	26	11
II	Слабая восприимчивость	10–25	22	13	0	19
III	Средняя восприимчивость	25–50	9	1	0	3
IV	Сильная восприимчивость	>50	0	0	0	0

проявили среднюю восприимчивость к патогенам.

Вместе с тем голозерные сорта овса в значительной степени подвержены заражению бактериальными инфекциями, которые проявляются в виде слизистых образований и пузырьков на корнях или ростках и побурении тканей в местах внедрения фитопатогенных бактерий. Эти заболевания могут снизить урожайность зерна до 30–60%, а также негативно влиять на качественные показатели получаемого урожая [18, 19]. Заражение бактериозами коллекционных образцов составило в 2013 г., характеризующемся переувлажнением вегетационного периода, 24,1%, в 2014 г. – 16,3, в засушливом 2015 г. – 6,3%. В среднем за период исследований высокую устойчивость к бактериозу проявил сорт Nakota (США). 11 сортов показали практическую устойчивость к патогену, 19 – слабую восприимчивость, 3 – среднюю.

Общее развитие болезней проростков, отражающее усредненную степень поражения, за период исследований составило от 15,3 до 49,0%. Меньшей степенью зараженности болезнями (менее 20%) отмечены среднеспелые сорта Гаврош (Кемерово), к-7776 (США), Nakota (США). Эти сорта также отличались высокой урожайностью зерна: Гаврош – 237 г/м<sup>2</sup>, к-7776 – 253, Nakota – 204 г/м<sup>2</sup>, превышающей среднее значение урожайности по сравнению с другими сортами в питомнике на 8–31%. Вместе с тем представленные образцы обладают устойчивостью к полеганию и поражению головневыми грибами. Данные образцы представляют селекционную ценность и должны быть включены в процесс создания сортов голозерного овса с устойчивостью к внутренней инфекции семян.

### ВЫВОДЫ

1. Результаты изучения коллекционных образцов голозерного овса показали, что на зараженность фитопатогенными инфекциями и развитие болезни влияют низкие температуры воздуха ( $r = -0,8268 \dots -0,9962$ ) и большое количество осадков ( $r = 0,8209 \dots 0,9979$ ) в период формирования урожая.

2. Из изученных заболеваний семян голозерного овса в условиях северной лесостепи наибольшее развитие имели альтернариоз (18,6–46,7%) и бактериоз (6,3–24,1%). Зараженность семян гельминтоспориозом и фузариозом не превышала 15,0%.

3. Высокую устойчивость как к отдельным заболеваниям, так и к общему развитию болезней проростков в совокупности с высокой урожайностью зерна показали сорта Гаврош, к-7776, Nakota, которые могут служить источниками устойчивости к фитопатогенам при создании новых сортов голозерного овса.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Loskutov I.G., Rines H.W. *Avena* L. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Cereals. Ed. C. Kole. Springer, Heidelberg, Berlin, New York. – 2011. – N 1. – P. 109–184.
2. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Защита зерновых культур от болезней. – Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. – 172 с.
3. Дабаева М.Д. Влияние протравливания на морфологические особенности проростков и урожайность овса // Вестн. Бурят. гос. с.-х. акад. им. В.Р. Филиппова. – 2016. – № 1. – С. 36–40.
4. Заушинцева А.В., Комарова Г.Н., Сайнакова А.Б. Болезни овса в таежной зоне Западной Сибири // Вестн. Кемеровского ГАУ. – 2011. – № 1. – С. 5–9.
5. Койшибаев М., Шаманин В.П., Моргунов А.И. Скрининг пшеницы на устойчивость к основным болезням: методические указания. – Анкара: ФАО-СЕК, 2014. – 64 с.
6. Санин С.С., Черкашин В.И., Назарова Л.Н. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений). – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2002. – 140 с.
7. Tekauz A.B., Fetch M.J., Rosnagel B.G., Savard M.E. Progress in assessing the impact of Fusarium head blight on oat in western Canada and screening of *Avena* germplasm for resistance // Cereal Res. Comm. – 2008. – N 36. – P. 49–56.
8. Yan W., FregeauReid J., Rioux S., Pageau D., Xue A., Martin R., Fedak G., de Haan B.,

- Lajeunesse J., Savard M. Response of oat genotypes to Fusarium head blight in Eastern Canada // *Crop Sci.* – 2010. – N 50. – P. 134–142.
9. Лоскутов И.Г., Блинова Е.В., Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. Разнообразие культурного овса по хозяйственно ценным признакам и их связь с устойчивостью к фузариозу // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2016. – № 20 (3). – С. 286–294.
  10. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П. Особенности поражения овса фузариозом // *С.-х биол.* – 2011. – № 6. – С. 3–10.
  11. ГОСТ 12044–93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. – М.: Стандартинформ, 2011. – 57 с.
  12. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / Под. ред. Е.Е. Радченко. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 417 с.
  13. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / И.Г. Лоскутов, О.Н. Ковалева, Е.В. Блинова. – СПб.: ООО «Копи-Р», 2012. – 30 с.
  14. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
  15. Ганнибал Ф.Б. Альтернариоз зерна – современный взгляд на проблему // *Защита и карантин растений.* – 2014. – № 6. – С. 11–15.
  16. Литовка Ю.А. Видовой состав и представленность грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах пшеница и ячмень выращиваемых в условиях Средней Сибири // *Вестн. Красноярского ГАУ.* – 2017. – № 6. – С. 140–149.
  17. Немченко В.В., Кекало А.Ю., Заргарян Н. Ю., Цыпышева М.Ю., Шатских М.В. Рисковать, отказываясь от обеззараживания семян, не стоит! // *Нивы Зауралья.* – 2014. – № 2 (113). – С. 14–20.
  18. Matveeva E.V., Pekhtereva S.H. Distribution and virulence of *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*, causal agent of basal glume rot, in Russia // *Book abstracts (6-th Inter. Conf. on Pseudomonas syringae path. and related pathogens).* – Italy, 2002. – P. 97–105.
  19. Котляров В.В. Бактериальные болезни зерновых культурных растений. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 325 с.
- ## REFERENCES
1. Loskutov I.G., Rines H.W. Avena L. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. *Cereals.* Ed. C. Kole. Springer, Heidelberg, Berlin, New York. – 2011. – N 1. – P. 109–184.
  2. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. Zashchita zernovykh kul'tur ot boleznei. – Kurtamysh: OOO «Kurtamyshskaya tipografiya», 2017. – 172 s.
  3. Dabaeva M.D. Vliyanie protravlivaniya na morfologicheskie osobennosti prorostkov i urozhaiznost' ovsa // *Vestn. Buryat. gos. s.-kh. akad. im. V.R. Filippova.* – 2016. – № 1. – S. 36–40.
  4. Zaushintsena A.V., Komarova G.N., Sainakova A.B. Bolezni ovsa v taezh-noi zone Zapadnoi Sibiri // *Vestn. Kemerovskogo GAU.* – 2011. – № 1. – S. 5–9.
  5. Koishibaev M., Shamanin V.P., Morgunov A.I. Skrining pshenitsy na ustoichivost' k osnovnym boleznyam: metodicheskie ukazaniya. – Ankara: FAO-SEK, 2014. – 64 s.
  6. Sanin S.S., Cherkashin V.I., Nazarova L.N. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovykh kul'tur (bolezni rastenii). – M.: FGNU Rosinformagrotekh, 2002. – 140 s.
  7. Tekauz A.B., Fetch M.J., Rosnagel B.G., Savard M.E. Progress in assessing the impact of Fusarium head blight on oat in western Canada and screening of Avena germplasm for resistance // *Cereal Res. Comm.* – 2008. – N 36. – P. 49–56.
  8. Yan W., FregeauReid J., Rioux S., Pageau D., Xue A., Martin R., Fedak G., de Haan B., Lajeunesse J., Savard M. Response of oat genotypes to Fusarium head blight in Eastern Canada // *Crop Sci.* – 2010. – N 50. – P. 134–142.
  9. Loskutov I.G., Blinova E.V., Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Yu. Raznoobrazie kul'turnogo ovsa po khozyaistvenno tsennym priznakam i ikh svyaz' s ustoichivost'yu k fuzariozu // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii.* – 2016. – № 20 (3). – S. 286–294.
  10. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P. Osobennosti porazheniya ovsa fuzariozom // *S.-kh biol.* – 2011. – № 6. – S. 3–10.
  11. GOST 12044–93 Semena sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami. – M.: Standartinform, 2011. – 57 s.

12. **Izuchenie** geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustoichivosti k vrednym organizmam: metod. posobie / Pod. red. E.E. Radchenko. – M.: Rossel'khozakademiya, 2008. – 417 s.
13. **Metodicheskie** ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoi kolleksii yachmenya i ovsa / I.G. Loskutov, O.N. Koval'eva, E.V. Blinova. – S Pb.: OOO «Kopi-R», 2012. – 30 s.
14. **Sorokin O.D.** Prikladnaya statistika na komp'yutere. – Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2004. – 162 s.
15. **Gannibal F.B.** Al'ternarioz zerna – sovremenniy vzglyad na problemu // Zashchita i karantin rastenii, 2014. – № 6. – S. 11–15.
16. **Litovka Yu.A.** Vidovoi sostav i predstavlenost' gribov roda *Fusarium* na zernovykh kul'turakh pshenitsa i yachmen' vyrashchiyaemykh v usloviyakh srednei Sibiri // Vestn. Krasnoyarskogo GAU. – 2017. – № 6. – S. 140–149.
17. **Nemchenko V.V., Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu., Shatskikh M.V.** Riskovat', otkazyvayas' ot obezrazazhivaniya semyan, ne stoit! // Nivy Zaural'ya. – 2014. – № 2 (113). – S. 14–20.
18. **Matveeva E.V., Pekhtereva S.H.** Distribution and virulence of *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*, causal agent of basal glume rot, in Russia // Book abstracts (6-th Inter. Conf. on *Pseudomonas syringae* path. and related pathogens). – Italy, 2002. – P. 97–105.
19. **Kotlyarov V.V.** Bakterial'nye bolezni zernovykh kul'turnykh rastenii. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 325 s.

## RESISTANCE OF HULLESS OATS TO SEED INFECTION

**O.A. ISACHKOVA<sup>1,2</sup>, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher**

<sup>1</sup> *Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS  
47 Tsentralnaya street, Novostroika, Kemerovo region, 650510, Russia*

<sup>2</sup> *Kemerovo State Agricultural Institute  
Markovtseva street, Kemerovo, 650056, Russia  
e-mail: isachkova2410@mail.ru*

The work presents the results of studying resistance of hulless oats to internal seed infection. The research was carried out by using 34 samples of the world collection of The N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Genetic Resources and locally-bred varieties from the harvest of 2013–2015 in the conditions of Northern forest-steppe of Western Siberia. Contamination of hulless oat seeds with *helminthosporium*, *fusarium*, *alternaria* and *bacteriosis* was revealed by the method of moist chamber with the use of paper rolls. The study showed the dependence of the infection intensity on the prevailing meteorological conditions during the growth and development of hulless oat plants. It was registered that at low air temperatures and high humidity of vegetation period, seed contamination rate with fungal and bacterial infections increases. It was revealed that hulless oat varieties are more susceptible to the fungi of the genus *Alternaria sp.* from 18.6 to 46.7% and bacterial diseases from 6.3 to 24.1%. Seed infection with *Helminthosporium avenae* Eidam and *Fusarium sp.* did not exceed 15%. Distribution of samples by groups of resistance to seminal infection showed that 55 to 76% of samples have practical resistance (less than 10% of infection) or weak susceptibility (10–25% of infection) to pathogens. On average, over the years of testing the seed infection of any variety of hulless oats did not exceed 35%, indicating the presence of unique resistant mechanisms in the naked forms of oats that protect the grain against the penetration of phytopathogens. Of all the samples analyzed, varieties Gavroche (Kemerovo), k-7776 (USA) and Nakota (USA) displayed practical resistance to fungal and bacterial diseases. Thus, they can be used in the process of creating varieties of hulless oats as sources of resistance to internal infection of seeds.

**Keywords:** oats, hulless oats, resistance, seed infection.

*Поступила в редакцию 14.03.2018*

## ПРОГНОЗ СЕЛЕКЦИОННОЙ ЦЕННОСТИ ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РОДИТЕЛЬСКИХ СОРТОВ

**С.Б. ЛЕПЕХОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

*Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий  
656910, Алтайский край, Барнаул, Научный городок, 35  
e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru*

Изучено влияние показателей 32 родительских сортов на селекционную ценность их гибридных популяций от парных скрещиваний в селекции яровой мягкой пшеницы. Исследование проведено в 2008–2016 гг. в селекционных питомниках первого и второго года, расположенных в Алтайском крае. Родительские генотипы изучены по основным признакам продуктивности растений. Определены параметры родительских сортов: среднеродительская урожайность, разность урожайности, среднеродительское значение признаков продуктивности, разность признаков продуктивности, наличие хотя бы одного низкоурожайного родителя, взаимное дополнение у родительских форм одного элемента продуктивности колоса – количество зерен другим – масса 1000 зерен. О селекционной ценности комбинации скрещивания судили по количеству отобранных линий в селекционном питомнике второго года. Комбинации скрещивания разделены на две группы: обычные, у которых за два года отобрано менее 4 семей (44 шт.), и лучшие комбинации – с количеством семей более 4 (12 шт.). Лучшими комбинациями скрещивания отмечены: Саратовская 70 × Алтайская жница, Тобольская степная × Алтайская жница, Алтайская жница × Омская 36, Дуэт × Омская 36, Сибирская 99 × Саратовская 68, Омская 28 × Степная волна, Толькин × Саратовская 70, Лютесценс 16/с × Степная волна, Степная нива × Алтайская 50, Тулеевская × Саратовская 70, Степная волна × Алтайская жница, Омская 28 × Саратовская 71. Лучшие комбинации скрещивания обладали большей среднеродительской урожайностью и среднеродительским количеством колосков в колосе, чем обычные комбинации (246 против 229 г/м<sup>2</sup> и 12,6 против 12,2 штук соответственно). Низкоурожайные сорта отмечены среди родительских форм лучших комбинаций скрещивания в 42% случаев и в 64% – среди родительских форм обычных комбинаций. На селекционную ценность гибридной популяции не влияют различия по урожайности и контрастность признаков продуктивности колоса родительских сортов.

**Ключевые слова:** селекция, яровая мягкая пшеница, урожайность, гибридизация.

Успех селекции растений в большой степени определяется правильным выбором родительских форм для гибридизации. Важно, чтобы сорта, используемые в скрещиваниях, были хорошо адаптированы к местным почвенно-климатическим условиям. Использование в качестве одной из родительских форм географически отдаленного сорта, плохо приспособленного к местным условиям, ведет к тому, что большая часть потомства имеет низкую продуктивность [1].

В ряде исследований показано, что парные скрещивания с высокой среднеродительской урожайностью ведут к формированию высокоурожайных гибридных популяций [2, 3] и линий [4]. Предполагается,

что урожайные генотипы в потомстве появляются в том случае, когда оба родителя близки по урожайности, но отличаются по генетическому происхождению [5] и распределению между родителями генов, способных вызвать положительную трансгрессию [6, 7]. В то же время генетическая дистанция между родителями, измеренная посредством молекулярных маркеров, в слабой степени коррелирует с генетическим разнообразием в потомстве и частотой трансгрессий [8]. Исследователями отмечено, что на частоту появления трансгрессивных линий влияют фенотипические

различия между родительскими генотипами [9], которые могут быть оценены посредством многомерного анализа. Последний более эффективен, чем подбор пар по эколого-географическому принципу [10].

Цель исследования – выявить взаимосвязь между параметрами родительских сортов яровой мягкой пшеницы (среднеродительская урожайность, разность урожайности, среднеродительское значение признаков продуктивности, разность признаков продуктивности, наличие хотя бы одного низкоурожайного родителя, взаимное дополнение у родительских форм одного элемента продуктивности колоса другим) и селекционной ценностью комбинаций скрещивания.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основой исследования послужил анализ селекционного процесса выведения яровой мягкой пшеницы с 2008 по 2016 г. В 2008 г. осуществлено 16 парных скрещиваний, в 2009 г. – 22, в 2010 г. – 18, испытание отобранных семей в селекционном питомнике второго года (СП-2) – в 2013 и 2014, 2014 и 2015, 2015 и 2016 гг. соответственно. В питомнике гибридных популяций отбирали в среднем по 100 колосьев с делянки. В ходе лабораторной оценки отобранных колосьев по крупности, выполненности и стекловидности зерна, на посев в селекционном питомнике первого года (СП-1) оставляли по 30–40 потомств на комбинацию скрещивания. В СП-1 проводили визуальную оценку генотипов по устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам и отбор образцов с хорошей выраженностью морфологических признаков, характерных для степного экотипа пшеницы. Интенсивность отбора в СП-1 составляла в среднем 15%. За время проведения исследования приблизительное число отобранных из гибридных популяций колосьев составило 11 200. Из 3584 линий, посеянных в СП-1, отобрано 538 шт., из 223 линий, посеянных в СП-2, – 145 шт.

Испытание 32 родительских сортов, участвовавших в скрещиваниях (Алтайская

98, Степная нива, Степная волна, Алтайская жница, Тобольская степная, Лютесценс 899, Лютесценс 16/с, Лютесценс 36/с, Лютесценс 43/с, Алтайская 50, Памяти Азиева, Омская 28, Омская 36, Тулеевская, Сибирская 99, Удача, Дуэт, Саратовская 68, Саратовская 70, Саратовская 71, Саратовская 73, Фаворит, Лебедушка, Тулайковская золотистая, Астана, Целинная 3/с, Толькын, Актюбе 32, Астана 2, Степная 15, Степная 17, Лютесценс 53-95), проведено в коллекционном питомнике в 2010–2012 гг. Площадь делянки 2 м<sup>2</sup>, норма высева 500 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup>. Повторность в СП-2 однократная, в коллекционном питомнике трехкратная с рендомизацией внутри блоков. Уборку делянок проводили селекционным комбайном Сампо-130. В СП-1 посев осуществляли сеялкой СПР-2 на делянках площадью 200 см<sup>2</sup>, расположенных в центре квадрата 70 × 70 см. Л.И. Волошина и Л.А. Животков [11] селекционную ценность комбинации скрещивания определяли по количеству отобранных линий с комплексом хозяйственно ценных признаков в СП-1. В настоящем исследовании использовали для этой цели СП-2, поскольку в нем селекционный материал проходит испытания в условиях, близких к производственным. В коллекционном питомнике на 30 растениях каждого сорта изучали биомассу одного растения, высоту растения, количество колосков в колосе (ККК), озерненность главного колоса (ОЗГК), массу 1000 зерен (МТЗ), массу зерна главного колоса (МЗГК), массу зерна растения (МЗР) и коэффициент хозяйственного использования фотосинтеза ( $K_{\text{хоз}}$ ). Для каждой пары скрещивания вычисляли среднеродительское значение признака и абсолютную разность признаков родителей в среднем за 3 года. Низкоурожайным считался тот компонент скрещивания, чья средняя урожайность за 3 года была достоверно ниже средней по опыту. О взаимном дополнении признаков продуктивности колоса у родителей (высокая МТЗ, низкая ОЗГК и низкая МТЗ, высокая ОЗГК) судили по одновременному наличию достоверных различий данных характеристик. В среднем

в СП-2 было отобрано по 1,2–1,3 семьи на одну комбинацию скрещивания ежегодно, поэтому семьи от комбинаций разных лет скрещивания рассматривались совместно. Статистическая обработка результатов проведена по Г.Ф. Лакину [12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о значимых различиях по всем исследуемым признакам родительских сортов. Данные о распределении комбинаций скрещивания, по количеству отобранных из них семей в СП-2 свидетельствуют о том, что выдающиеся гибридные популяции, в которых за двухлетний срок в СП-2 отобрано 10 и 12 семей, встречались редко (< 5% случаев). Чаще всего из потомств одной комбинации скрещивания в СП-2 отбиралось от 0 до 4 семей (табл. 1).

По результатам исследования все комбинации скрещивания разделены на две группы: обычные, у которых за два года в СП-2 отобрано менее 4 семей (44 шт.), и лучшие комбинации с числом семей более 4 (12 шт.). К последним относились следующие гибридные популяции: Саратовская 70 × Алтайская жница, Тобольская степная × Алтайская жница, Алтайская жница × Омская 36,

Дуэт × Омская 36, Сибирская 99 × Саратовская 68, Омская 28 × Степная волна, Толькин × Саратовская 70, Лютеценс 16/с × Степная волна, Степная нива × Алтайская 50, Тулеевская × Саратовская 70, Степная волна × Алтайская жница, Омская 28 × Саратовская 71.

Лучшие комбинации скрещивания характеризовались большим количеством колосков в колосе и среднеродительской урожайностью, чем обычные комбинации (табл. 2). Отмечена тенденция в превосходстве родительских форм лучших комбинаций над обычными по высоте растения, биомассе, озерненности главного колоса и  $K_{\text{ХОЗ}}$ , однако существенность данных различий не доказана для порога надежности  $p = 0,05$ . Не обнаружено ни одного признака, по которому разность между родительскими формами влияла бы на количество отбираемых селекционером линий при испытании в СП-2.

Показано, что генетическая дистанция между сортами озимой пшеницы, оцененная посредством морфологических признаков, достоверно коррелирует с генетической дистанцией, определенной с помощью генетических маркеров (*SSR*), и коэффициентами родства ( $r = 0,21$ ) [13]. В то же время отмечено, что разнообразные сочетания аллелей в локусах с различной локализацией могут вести к схожему фенотипическому проявлению признаков у сортов [14], поэтому от скрещивания генотипов с одинаковой выраженностью признаков продуктивности можно ожидать получение гибридов с различной селекционной ценностью. Также известно о компенсации одних признаков другими [15], что является дополнительной проблемой в селекции. Таким образом, скрещивания сортов на основе оценки их морфологических признаков менее эффективны, чем скрещивания на основе оценки урожайности. Селекционерам известно, что новый сорт может быть создан различными путями, что не существует одного универсального способа [16]. Вероятно, этим и объясняется тот факт, что в настоящем исследовании вариационные ряды для признаков продуктивности родительских форм,

Таблица 1. Распределение комбинаций скрещивания яровой мягкой пшеницы по количеству отобранных из них семей в селекционном питомнике второго года

Table 1. Distribution of spring bread wheat crosses by the number of lines obtained from them in the breeding nursery of the second year

Группа комбинаций скрещивания	Число отобранных семей	Число комбинаций
Обычные комбинации	0	7
	1	13
	2	12
	3	12
Лучшие комбинации	4	6
	5	2
	8	2
	10	1
	12	1

Таблица 2. Количественные признаки родительских сортов у обычных и лучших комбинаций скрещивания (в среднем за 2010–2012 гг.)

Table 2. Quantitative traits of parental varieties from ordinary and outstanding crosses (on average, over the period 2010–2012)

Признак родительских сортов	Среднеродительское значение признака			Абсолютная разность родительских признаков		
	ОбКС	ЛКС	НСР <sub>05</sub>	ОбКС	ЛКС	НСР <sub>05</sub>
Биомасса растения, г	1,91	1,99	–	0,18	0,30	–
Высота растения, см	72,0	73,2	1,6	6,1	5,6	3,3
ККК, шт.	12,2	12,6	0,2	1,0	1,2	0,4
ОЗГК, шт.	17,9	18,9	1,1	2,4	3,3	–
МТЗ, г	34,2	34,3	1,1	3,1	3,0	1,5
МЗГК, г	0,62	0,65	–	0,06	0,09	–
МЗР, г	0,75	0,80	–	0,08	0,15	–
К <sub>хоз</sub> , %	39,0	39,7	1,3	2,8	2,8	–
Урожайность, г/м <sup>2</sup>	229	246	12	36	50	–

Примечание. ОбКС – обычные комбинации скрещивания, ЛКС – лучшие комбинации скрещивания; прочерк означает, что  $F_{\text{факт}} < F_{\text{табл}}$

давших гибридные популяции с различной селекционной ценностью, значительно перекрывались.

Ранее Л.Г. Ильина [17] указывала на то, что при выборе компонента для скрещивания яркая выраженность интересующего признака будет ценна только в случае, если ею обладает форма, давшая (устойчиво в среднем за 3–4 года) урожай не ниже 70% к стандарту. Анализ зерновой продуктивности родительских сортов показал, что низкоурожайные генотипы часто использовали в гибридизации в 2008–2010 гг. В группе лучших комбинаций скрещивания в 1,5 раза реже встречались варианты, когда один или оба родителя были низкоурожайными, чем в группе обычных комбинаций (42% против 64%). Таким образом, при вовлечении источника хозяйственно ценных признаков в гибридизацию, выбор должен быть сделан в пользу адаптированного к местным условиям сортообразца.

Среди лучших комбинаций скрещивания в 25% случаев отмечены пары, в которых один родитель дополнял другого по признаку продуктивности колоса, среди обычных гибридов – в 27% случаев. Данный результат подтверждает выводы Ю.Б. Коновалова и Н.М. Власенко о том, что селекционная ценность гибридных комбинаций у яровой

мягкой пшеницы не зависит от контрастности элементов продуктивности колоса у родительских форм [18].

Отмечено, что селекционная ценность гибридных популяций пшеницы, определенная с помощью количества отобранных из них линий, не лишена недостатка из-за утраты потенциально лучших линий в ранних поколениях при малоэффективном отборе и браковке [19, 20]. Однако отбор, проведенный на большом количестве комбинаций скрещивания за двухлетний период, и испытание потомств на делянках с производственной плотностью посева способствуют снижению вероятности такого смещения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вовлекаемые в скрещивания пары сортов с высокой среднеродительской урожайностью и количеством колосков в колосе, чаще дают потомства, отбираемые селекционером при испытании в селекционном питомнике второго года. Не удалось обнаружить конкретных признаков продуктивности родительских форм, на основании разности которых возможно спрогнозировать селекционную ценность гибридной популяции. В группе лучших комбинаций скрещивания в 1,5 раза реже встречаются случаи, когда

один или оба родителя низкоурожайные, чем в группе обычных комбинаций. Различия по урожайности и контрастность признаков продуктивности колоса родительских сортов не влияют на селекционную ценность их гибридных популяций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Souza E., Sorrells M.E.** Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships // *Theoretical and applied genetics*. – 1991. – Vol. 82, Iss. 2. – P. 233–241.
2. **Kotzamanidis S.T., Lithourgidis A.S., Mavromatis A.G., Chasioti D.I., Roupakias D.G.** Prediction criteria of promising F3 populations in durum wheat: A comparative study // *Field crops research*. – 2008. – Vol. 107. – P. 257–264.
3. **Hamblin J., Evans A.M.** The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) // *Euphytica*. – 1976. – Vol. 25. – P. 515–520.
4. **Nass H.G.** Selecting superior spring wheat crosses in early generations // *Euphytica*. – 1979. – Vol. 28. – P. 161–167.
5. **Jinks J.L., Pooni H.S.** Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent // *Heredity*. – 1976. – Vol. 36. – P. 253–266.
6. **Chahota R.K., Kishore N., Dhiman K.C., Sharma T.R., Sharma S.K.** Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micromacrosperma gene pool of lentil (*Lens culinaris* Medikus) // *Euphytica*. – 2007. – Vol. 156. – P. 305–310.
7. **Мазер К., Джинкс Дж.** Биометрическая генетика. – М.: Мир, 1985. – 463 с.
8. **Bohn M., Utz H.F., Melchinger A.E.** Genetic similarities among winter wheat cultivars determined on the basis of RFLPs, AFLPs, and SSRs and their use for predicting progeny variance // *Crop Science*. – 1999. – Vol. 39. – P. 228–237.
9. **Kuczynrska A., Surma M., Kaczmarek Z., Adamski T.** Relationship between phenotypic and genetic diversity of parental genotypes and the frequency of transgression effects in barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Plant Breeding*. – 2007. – Vol. 126. – P. 361–368.

10. **Bhatt G.M.** Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Australian journal of agricultural research*. – 1973. – Vol. 24, Iss. 4. – P. 457–464.
11. **Волошина Л.И., Животков Л.А.** Селекционная ценность образцов озимой пшеницы западно-европейского экотипа // *Селекция и семеноводство*. – 1982. – № 2. – С. 21–23.
12. **Лакин Г.Ф.** Биометрия. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
13. **Fufa H., Baenziger P.S., Beecher B., Dweikat I., Graybosch R.A., Eskridge K.M.** Comparison of phenotypic and molecular marker-based classifications of hard red winter wheat cultivars // *Euphytica*. – 2005. – Vol. 145, Iss. 1–2. – P. 133–146.
14. **Смиряев А.В., Дивашук М.Г., Хуцацария Т.И., Баженова С.С., Нгуен. Т.Т.** Прогноз эффективности отбора в популяциях потомства по косвенным оценкам генетической дивергенции родителей на примере мягкой яровой пшеницы // *Изв. ТСХА*. – 2013. – Вып. 1. – С. 57–70.
15. **Sharma R.C.** Selection for biomass yield in wheat // *Euphytica*. – 1993. – Vol. 70. – P. 35–42.
16. **Hunt L.A.** Designing improved plant types: a breeder's viewpoint // *Systems approaches for agricultural development*. – Dordrecht: Springer, 1993. – P. 3–17.
17. **Ильина Л.Г.** Селекция яровой мягкой пшеницы на Юго-Востоке. – Саратов, изд-во Саратовского ун-та, 1989. – 134 с.
18. **Коновалов Ю.Б., Власенко Н.М.** О подборе пар для скрещивания у мягкой яровой пшеницы при селекции на продуктивность // *Известия ТСХА*. – 1981. – № 1. – С. 40–46.
19. **Atkins R.E., Murphy H.C.** Evaluation of yield potentialities of oat crosses from bulk hybrid tests // *Agronomis journal*. – 1949. – Vol. 41, Iss. 1. – P. 41–45.
20. **Simmonds N.W.** How frequent are superior genotypes in plant breeding populations? // *Biological reviews*. – 1989. – Vol. 64, Iss. 4. – P. 341–365.

#### REFERENCES

1. **Souza E., Sorrells M.E.** Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships // *Theoretical and applied genetics*. – 1991. – Vol. 82, Iss. 2. – P. 233–241.

2. **Kotzamanidis S.T., Lithourgidis A.S., Mavromatis A.G., Chasioti D.I., Roupakias D.G.** Prediction criteria of promising F3 populations in durum wheat: A comparative study // *Field crops research*. – 2008. – Vol. 107. – P. 257–264.
3. **Hamblin J., Evans A.M.** The estimation of cross yield using early generation and parental yields in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) // *Euphytica*. – 1976. – Vol. 25. – P. 515–520.
4. **Nass H.G.** Selecting superior spring wheat crosses in early generations // *Euphytica*. – 1979. – Vol. 28. – P. 161–167.
5. **Jinks J.L., Pooni H.S.** Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent // *Heredity*. – 1976. – Vol. 36. – P. 253–266.
6. **Chahota R.K., Kishore N., Dhiman K.C., Sharma T.R., Sharma S.K.** Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micromacrosperma genepool of lentil (*Lens culinaris* Medikus) // *Euphytica*. – 2007. – Vol. 156. – P. 305–310.
7. Mazer K., Dzhinks Dzh. *Biometricheskaya genetika*. – M.: «Mir», 1985. – 463 s.
8. **Bohn M., Utz H.F., Melchinger A.E.** Genetic similarities among winter wheat cultivars determined on the basis of RFLPs, AFLPs, and SSRs and their use for predicting progeny variance // *Crop Science*. – 1999. – Vol. 39. – P. 228–237.
9. **Kuczynrska A., Surma M., Kaczmarek Z., Adamski T.** Relationship between phenotypic and genetic diversity of parental genotypes and the frequency of transgression effects in barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Plant Breeding*. – 2007. – Vol. 126. – P. 361–368.
10. **Bhatt G.M.** Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Australian journal of agricultural research*. – 1973. – Vol. 24, Iss.4. – P. 457–464.
11. **Voloshina L.I., Zhivotkov L.A.** Seleksiionnaya tsennost' obraztsov ozimoi pshenitsy zapadnoevropeiskogo ekotipa // *Selektsiya i semenovodstvo*. – 1982. – № 2. – S. 21–23.
12. **Lakin G.F.** *Biometriya*. – M.: Vysshaya shkola, 1980. – 293 s.
13. **Fufa H., Baenziger P.S., Beecher B., Dweikat I., Graybosch R.A., Eskridge K.M.** Comparison of phenotypic and molecular marker-based classifications of hard red winter wheat cultivars // *Euphytica*. – 2005. – Vol. 145, Iss. 1–2. – P. 133–146.
14. **Smiryaev A.V., Divashuk M.G., Khupatsariya T.I., Bazhenova S.S., Nguen. T.T.** Prognoz effektivnosti otbora v populyatsiyakh potomstva po kosvennym otsenkam geneticheskoi divergentsii roditelei na primere myagkoi yarovoi pshenitsy // *Izv. TSKhA*. – 2013. – Vyp. 1. – S. 57–70.
15. **Sharma R.C.** Selection for biomass yield in wheat // *Euphytica*. – 1993. – Vol. 70. – P. 35–42.
16. **Hunt L.A.** Designing improved plant types: a breeder's viewpoint // *Systems approaches for agricultural development*. – Dordrecht: Springer, 1993. – P. 3–17.
17. **Il'ina L.G.** Seleksiya yarovoi myagkoi pshenitsy na Yugo-Vostoke. – Saratov, izd-tvo Saratovskogo un-ta, 1989. – 134 s.
18. **Konovalov Yu.B., Vlasenko N.M.** O podbore par dlya skreshchvaniya u myagkoi yarovoi pshenitsy pri seleksii na produktivnost' // *Izvestiya TSKhA*. – 1981. – № 1. – S. 40–46.
19. **Atkins R.E., Murphy H.C.** Evaluation of yield potentialities of oat crosses from bulk hybrid tests // *Agronomis journal*. – 1949. – Vol. 41, Iss. 1. – P. 41–45.
20. **Simmonds N.W.** How frequent are superior genotypes in plant breeding populations? // *Biological reviews*. – 1989. – Vol. 64, Iss. 4. – P. 341–365.

## **PREDICTION OF BREEDING VALUE IN WHEAT SEGREGATING POPULATIONS BASED ON ANALYSIS OF PARENTAL VARIETIES**

**S.B. LEPEKHOV, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher**

*Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies  
35, Nauchny Gorodok, Barnaul, Altai territory, 656910, Russia  
e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru*

Selecting parents for hybridization is the key problem in wheat breeding. The study assessed the influence of the traits of 32 parental varieties on the breeding value of their segregating populations from biparental mating. Investigations were carried out in the wheat breeding nurseries of the first and second years at the Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies, in 2008–2016. The object of the study was spring bread wheat. The main productivity traits of parental varieties were studied. Midparent yield, yield difference, midparent productivity traits, productivity traits difference, presence of at least one low-yield variety in a cross, mutual addition from the first variety to the second variety by spike productivity traits (grain per spike and grain weight 1000 grains) were measured. The relative merit of the population breeding value was assessed by the number of lines in the breeding nursery of the second year. Crosses were divided into two groups: the ordinary one, giving less than 4 lines in the breeding nursery over two years (44 crosses), and the outstanding one, giving more than 4 lines in the breeding nursery over two years (12 crosses). Outstanding crosses were Saratovskaya 70 × Altajskaya zhnica, Tobol'skaya stepnaya × Altajskaya zhnica, Altajskaya zhnica × Omskaya 36, Dueht × Omskaya 36, Sibirskaya 99 × Saratovskaya 68, Omskaya 28 × Stepnaya volna, Tol'kyn × Saratovskaya 70, Lyutescens 16/s × Stepnaya volna, Stepnaya niva × Altajskaya 50, Tuleevskaya × Saratovskaya 70, Stepnaya volna × Altajskaya zhnica, Omskaya 28 × Saratovskaya 71. Outstanding crosses had a higher midparent yield and higher midparent number of spikelets per spike than ordinary crosses (246 g/m<sup>2</sup> against 229 g/m<sup>2</sup> and 12.6 spikelets per spike against 12.2 respectively). Low-yield varieties occurred among parents of outstanding crosses in 42% of all cases and among parents of ordinary crosses in 64% of all cases. Differences in yield and differences in spike productivity traits of parental varieties do not affect the breeding value of segregating population.

**Keywords:** breeding value, spring bread wheat, yield, segregating population.

*Поступила в редакцию 01.03.2018*

---



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-4

УДК 631.582:631.671

## ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ХИМИЗАЦИИ НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КУЛЬТУР В КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТАХ

**Р.Ф. ГАЛЕЕВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий сектором,  
**О.Н. ШАШКОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: onklin@mail.ru*

Представлены результаты исследований влияния приемов биологизации (подсева бобового компонента к злаковым культурам) и химизации (внесение минеральных удобрений) в каждое поле кормовых севооборотов на влагообеспеченность чернозема выщелоченного лесостепной зоны Западной Сибири. Изучены водопотребление и продуктивность культур в шестипольных кормовых севооборотах за четыре года 2-й ротации. В опыте возделывали районированные сорта сельскохозяйственных культур местной селекции: овес Краснообский, ячмень Ача, горох Новосибирец, вика Приобская 25, люцерна Флора, костреч безостый Рассвет, кукуруза гибрид Обский 140 СВ, бобы кормовые Сибирские. Установлено, что подсев бобового компонента увеличивает расход запасов продуктивной влаги из почвы кормовыми агроценозами от 66 до 84 мм, внесение минеральных удобрений – до 74 мм. Использование приемов улучшения злакового севооборота увеличило суммарное водопотребление кормовых культур: при внесении минеральных удобрений от 244 до 252 мм, при подсева бобового компонента до 262 мм. По увеличению расхода продуктивной влаги из слоя почвы 0–100 см культуры севооборотов располагаются следующим образом: многолетние травы – силосные культуры – зернофуражные – покровные, по возрастанию суммарного водопотребления – в обратном порядке. Показано, что применение средств химизации увеличило сбор сухой массы в 1,6 раза, коэффициент водопотребления снизился в среднем по севообороту в 2,2 раза, прием биологизации способствовал росту урожайности в 1,4 раза, снижая коэффициент водопотребления в 1,9 раза. В контрольном севообороте наименьший расход влаги отмечен у кукурузы – 346 м<sup>3</sup>/т сухой массы, наибольший – зерновой части ячменя – 2933 м<sup>3</sup>/т. При внесении минеральных удобрений максимум и минимум водопотребления зафиксирован на этих же культурах – 290 и 1087 м<sup>3</sup>/т сухой массы. При подсева бобового компонента в каждое поле севооборота минимальный расход влаги отмечен на полях костреча с подсевом люцерны – 384 м<sup>3</sup>/т сухой массы, максимальный – в посевах на зерно ячменя и гороха – 1199 м<sup>3</sup>/т сухой массы.

**Ключевые слова:** кормовой севооборот, продуктивная влага, бобовый компонент, минеральные удобрения, продуктивность, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления.

Влага – один из лимитирующих факторов формирования урожая кормовых культур в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Нестабильность урожайности кормовых культур обусловлена не только недостаточным увлажнением в течение года, но и неравномерным распределением осадков всего вегетационного периода, зачастую

это распределение не соответствует биологическим особенностям растений. Поэтому изучение приемов рационального использования влаги атмосферных осадков и продуктивной влаги из почвы имеет актуальное значение [1–8].

Использование приемов химизации и биологизации, которые могут обеспечить

сохранение плодородия почвы, более экономное расходование влаги и повышение рентабельности возделывания кормовых культур – одно из наиболее перспективных направлений развития земледелия. Важная роль при этом отводится внесению минеральных удобрений и насыщению севооборотов бобовыми культурами, которые способствуют обогащению почвы органическим веществом и азотом, мобилизуют труднодоступные формы фосфора и калия, улучшают водно-физические свойства почвы. В годы с недостаточным увлажнением возрастает роль научно обоснованных севооборотов в повышении урожайности культур [8–11].

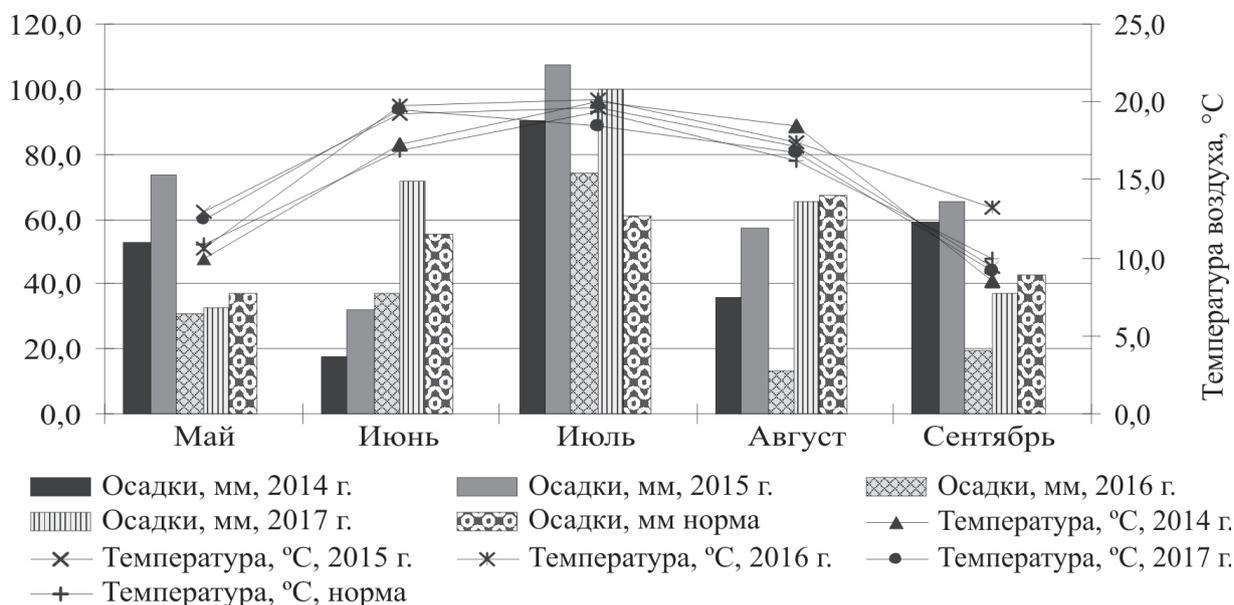
Цель исследований – оценить влияние подсева бобового компонента и внесения минеральных удобрений на водопотребление культур кормовых севооборотов на выщелоченных черноземах лесостепной зоны Западной Сибири.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2014–2017 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института кормов (СибНИИ

кормов), расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Почва опытного участка – чернозём слабовыщелоченный среднемогучий среднесуглинистый. По результатам агрохимических анализов исходных образцов содержание гумуса в пахотном слое почвы (0–0,2 м) составляет от 3,5 до 5%; подвижных форм азота 2,2–4,2 мг/кг; фосфора – 16,0 мг/кг почвы. Климат Приобской лесостепи резко континентальный, характерный суровой и продолжительной зимой, сравнительно жарким сухим коротким летом. Среднегодовое количество осадков 350–400 мм, за вегетационный период выпадает 200–250 мм. Сумма активных температур выше +10 °С составляет 1800 градусов, продолжительность безморозного периода – 120–130 дней. Гидротермический коэффициент находится в пределах 1,0–1,2 [12].

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований представлены на рисунке. Максимальное количество осадков за период вегетации (май – сентябрь) выпало в 2015 г. 335 мм (127% от нормы), 2017 г. 306 мм (116%). В 2014 г. сумма осадков составила 253 мм (96% от нормы),



Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2014–2017 гг. (метеостанция Огурцово, Новосибирская область)  
 Agrometeorological conditions of vegetation periods 2014–2017 (Weather station Oгурtsovo, Novosibirsk region)

2016 г. – 175 мм (66%). Во все годы исследований, кроме мая 2014 г. и июля 2017 г., среднесуточная температура воздуха в период вегетации растений была на 0,8–2,8 °С выше среднеемноголетних значений. Высокие температуры воздуха на фоне достаточного увлажнения, особенно в июле, во все годы исследований способствовали формированию второго укоса многолетних трав, силосные культуры в сложившихся погодных условиях обеспечили получение высокого урожая. Для однолетних покровных культур в годы проведения исследований погодные условия были благоприятными. Для зернофуражных культур при возделывании на зерно неблагоприятные условия сложились в условиях вегетационных периодов 2015 и 2016 гг.

Наступление жаркой сухой погоды в июне послужило быстрому иссушению и растрескиванию почвы, что привело к отставанию в росте и гибели всходов и снизило урожайность культур.

В стационарном опыте изучалось влияние систематического применения минеральных удобрений и подсева бобового компонента на водопотребление культур в шестипольном кормовом севообороте. В контрольном севообороте все поля были засеяны злаковыми культурами: однолетние травы (овес) с подсевом костреца безостого, три поля костреца безостого, зернофуражные (ячмень) и силосные культуры (кукуруза). Внесение минеральных удобрений в каждое поле злакового севооборота рассматривается как прием химизации. Прием биологизации – подсев бобового компонента в каждое поле злакового севооборота без внесения минеральных удобрений. В результате сформирован злаково-бобовый севооборот: однолетние травы (овес + вика) с подсевом костреца безостого и люцерны, три поля костреца безостого с люцерной, зернофуражные (ячмень + горох) и силосные культуры (кукуруза + бобы кормовые).

Дозы минеральных удобрений установлены в ранее проведенных исследованиях СибНИИ кормов [13]. В качестве азотного

удобрения использовали аммиачную селитру, фосфорного – простой суперфосфат. Система удобрений злакового севооборота: под овес, ячмень и кукурузу весной под предпосевную культивацию вносили удобрения в дозе  $N_{60}P_{20}$ . В посевах костреца безостого весной через 10–15 дней после начала отрастания вносили азотные удобрения в количестве  $N_{60}$ . Фосфорные удобрения  $P_{80}$  на четыре года жизни костреца безостого заделывали в почву осенью после уборки кукурузы под основную обработку. Нормы высева зерновых культур в двухкомпонентных смесях установлены по результатам ранее проведенных исследований [10]. Они составили 70% от полной в чистом виде, зернобобовых – 40, покровных культур (овес + вика) – 50% от полной нормы, люцерны – 8 кг/га, костреца безостого – 15 кг/га. Совместные посева кукурузы с бобами кормовыми высевали через рядок с размещением на одном погонном метре рядка 10 всхожих семян кукурузы и 20 бобов кормовых. Исследования проводили по общепринятым методикам [14–16]. Влажность почвы определяли на двух повторениях опыта термостатно-весовым методом. Расчет запасов продуктивной влаги осуществляли по разности между общими запасами и содержанием недоступной для растений воды с учетом плотности сложения почвы. В статье представлены усредненные данные по годам пользования многолетних трав.

В опыте возделывали районированные сорта сельскохозяйственных культур местной селекции: овес Краснообский, ячмень Ача, горох Новосибирец, вика Приобская 25, люцерна Флора, кострец безостый Рассвет, кукуруза гибрид Обский 140 СВ, бобы кормовые Сибирские.

Агротехника в опыте общепринятая для зоны. Общая площадь делянки 252 м<sup>2</sup>, учетная – 126 м<sup>2</sup>, повторность вариантов трехкратная. Рельеф опытного участка равнинный, отсутствует боковой приток воды, почвенный профиль не подвержен влиянию грунтовых вод. Общее водопотребление кормовых культур состояло из суммы осад-

ков периода вегетации растений и расхода продуктивной влаги из почвы к моменту уборки. Статистическая обработка результатов исследований проводилась по Б.А. Доспехову [17] с помощью пакета прикладных программ Snedecor [18].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по расходу запасов продуктивной влаги из метрового профиля чернозема выщелоченного и суммарному водопотреблению культур кормовых севооборотов за 2014–2017 гг. представлены в табл. 1. Изучаемые приемы увеличили потребление кормовыми культурами запасов продуктивной влаги из почвы: система удобрений злакового севооборота от 66 до 74 мм, подсев бобового компонента – до 84 мм. Оба приема достоверно превысили по расходу запасов почвенной влаги контрольный сево-

оборот. При подсеве бобового компонента расходовалось на 10 мм продуктивной влаги почвы больше, чем при внесении минеральных удобрений, так как на почвенный профиль воздействовало большее количество растений. Подсевали бобовые, корневая система которых имеет отличия от корневой системы растений злаковых. В вегетационный период 2016 г. внесение минеральных удобрений способствовало более сильному иссушению почвенного профиля, чем подсев бобового компонента.

За период исследований в среднем максимальный расход продуктивной влаги почвы отмечен под покровными культурами (овес и овес + вика), так как уборка покровных культур была проведена в первой половине июля, в период интенсивного роста и активного потребления влаги из почвы растениями. В среднем за 2014–2017 гг. расход почвенной влаги под покровными культурами

Таблица 1. Влияние подсева бобового компонента и внесения удобрений на расход продуктивной влаги почвы и суммарное водопотребление культур кормовых севооборотов, 2-я ротация  
Table 1. Influence of legume component intercropping and application of fertilizers on productive soil moisture consumption and total water consumption of crops in fodder crop second rotation

Культура	Расход почвенной влаги, мм					Суммарное водопотребление, мм				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
<i>Злаковый севооборот без удобрений (контроль)</i>										
Однолетние (покров)	123	117	78	25	86	241	271	173	161	211
Многолетние травы	101	54	49	17	55	299	324	197	287	277
Зернофуражные	129	75	60	6	67	278	274	188	225	241
Силосные	78	66	59	11	54	228	310	190	253	245
Среднее	108	78	62	15	66	261	295	187	231	244
<i>Злаковый севооборот удобренный</i>										
Однолетние (покров)	119	110	75	27	83	237	264	167	162	208
Многолетние травы	128	64	59	22	68	326	334	207	292	290
Зернофуражные	128	94	64	10	74	277	294	192	229	248
Силосные	95	77	101	7	70	245	322	232	249	262
Среднее	118*	86	75	17	74*	271*	304	200	233	252*
<i>Злаково-бобовый севооборот</i>										
Однолетние (покров)	124	145	73	40	96	243	299	166	175	221
Многолетние травы	122	68	61	31	70	320	338	209	301	292
Зернофуражные	137	95	93	36	90	285	294	224	256	265
Силосные	105	123	66	24	79	255	368	197	266	272
Среднее	122*	108	73	33*	84*	276*	325	199	249*	262*
НСР <sub>05</sub> А - прием	8,4	3,1	19,0	15,7	7,2	8,3	3,2	19,0	15,5	7,2
В – культура	9,7	3,6	22,0	18,2	8,4	9,6	3,6	22,0	17,9	8,3
АВ – взаимодействие	16,9	6,2	38,1	31,5	14,5	16,7	6,3	38,1	31,0	14,4

\* Различие с контролем значимо на 5%-м уровне.

составил 88 мм, зернофуражными – 77, силосными – 68 мм, наименьшее значение отмечено в полях многолетних трав – 65 мм.

Использование приемов улучшения злакового севооборота существенно ( $НСР_{05} = 8,3$  мм) увеличило суммарное водопотребление кормовых культур. Внесение минеральных удобрений увеличило этот показатель от 244 до 252 мм, подсев бобового компонента – до 262 мм. Количество выпавших осадков в среднем по севооборотам не изменилось, поэтому эти различия обусловлены расходом запасов влаги из почвы. В 2016 г. общее водопотребление культур удобренного севооборота превышало севооборот с подсевом бобового компонента на 1 мм, в остальные годы 2-й ротации севооборота уступало по этому показателю на 5–21 мм.

При сравнении культур севооборотов установлено, что все культуры достоверно превышали по суммарному водопотреблению покровные (213 мм) как в среднем за годы 2-й ротации, так и в каждом отдельно взятом году. В среднем за 2014–2017 гг. суммарное водопотребление достигло максимума под многолетними травами – 286 мм, силосными культурами – 260 и зернофуражом – 251 мм. Отмечено, что покровные больше других культур севооборота расходовали почвенную влагу, влагу атмосферных осадков – меньше.

Данные по сбору сухой массы и коэффициентам водопотребления кормовых культур в севооборотах за годы 2-й ротации представлены в табл. 2. Приемы улучшения злакового севооборота в среднем за 2014–2017 гг. достоверно увеличили сбор сухой массы: при внесении минеральных удобрений от 3,88 до 6,28 т/га (в 1,6 раза), при

Таблица 2. Влияние подсева бобового компонента и внесения удобрений на продуктивность и коэффициент водопотребления культур кормовых севооборотов, 2-я ротация

Table 2. Influence of legume component intercropping and application of fertilizers on the yield and water consumption coefficient of crops in fodder crop second rotation

Культура	Сбор сухой массы, т/га					Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее
<i>Злаковый севооборот без удобрений (контроль)</i>										
Однолетние (покров)	3,35	3,09	3,07	3,99	3,37	719	877	564	404	641
Многолетние травы	2,40	3,46	2,49	2,43	2,69	1246	936	791	1181	1039
Зернофуражные	1,31	0,52	0,61	1,79	1,06	2122	5269	3082	1257	2933
Силосные	8,05	4,57	10,59	10,41	8,41	283	678	179	243	346
Среднее	3,78	2,91	4,19	4,65	3,88	1093	1940	1154	771	1240
<i>Злаковый севооборот удобренный</i>										
Однолетние (покров)	3,84	5,71	4,02	5,82	4,84	617	462	415	278	443
Многолетние травы	5,06	8,23	5,66	6,25	6,30	644	406	366	467	471
Зернофуражные	2,17	3,00	1,30	3,73	2,55	1276	980	1477	614	1087
Силосные	9,83	5,43	14,47	15,99	11,43	249	593	160	156	290
Среднее	5,23*	5,59*	6,36*	7,95*	6,28*	697*	610*	605*	379*	573*
<i>Злаково-бобовый севооборот</i>										
Однолетние (покров)	3,28	5,19	3,10	5,40	4,25	741	576	535	324	544
Многолетние травы	5,95	9,12	7,55	8,63	7,81	538	371	277	349	384
Зернофуражные	2,35	1,89	1,98	2,86	2,27	1213	1556	1131	895	1199
Силосные	6,42	4,35	9,66	10,04	7,61	397	846	204	265	428
Среднее	4,50*	5,14*	5,57*	6,73*	5,49*	722*	837*	537*	458*	639*
$НСР_{05}$ А – прием	0,63	0,61	0,54	0,86	0,29	154	248	139	92	83
В – культура	0,73	0,71	0,63	0,99	0,34	178	286	160	106	96
АВ – взаимодействие	1,26	1,23	1,09	1,72	0,59	309	495	228	184	167

\*Различие с контролем значимо на 5% -м уровне.

подсева бобового компонента – до 5,49 т/га (в 1,4 раза).

С 2014 до 2017 г. отмечен рост урожайности в изучаемых севооборотах, в среднем по приемам улучшения севооборота от 4,50 т/га в 2014 г. до 6,45 т/га в 2017 г. За период исследований в злаковом (контрольном) севообороте урожайность сухой массы повысилась от 3,78 до 4,65 т/га, при внесении удобрений – от 5,22 до 7,95 т/га; в злаково-бобовом – от 4,50 до 6,73 т/га. Это обусловлено благоприятными погодными условиями и почвенными процессами, протекающими при освоении севооборотов и разложении органических остатков предшествующих культур (корней, соломы, дернины и др.).

В контрольном севообороте и при внесении удобрений самой урожайной культурой отмечена кукуруза, в среднем за годы 2-й ротации урожайность сухой массы составила 8,41 и 11,43 т/га соответственно. При подсева бобового компонента самыми продуктивными стали многолетние травы (кострец + люцерна) – 7,81 т/га, они превышали урожайность кукурузы с подсевом кормовых бобов – 7,61 т/га. При чередном посеве кормовых бобов и кукурузы происходит снижение урожайности по сравнению с чистыми посевами кукурузы. Урожайность покровной культуры в злаковом (контрольном) севообороте превышала урожайность многолетних трав на 25% (3,37 и 2,69 т/га соответственно). Внесение удобрений и подсев бобового компонента увеличивали урожайность многолетних трав в несколько большей степени, чем урожайность покровной культуры. Самые низкие показатели сбора сухой массы отмечены у зернофуражных культур, так как была учтена только зерновая часть урожая, солому измельчали и оставляли на поле. По сравнению с контролем система удобрений злакового севооборота снизила коэффициент водопотребления в среднем по севообороту в 2,2 раза, подсев бобового компонента в 1,9 раза. Это обусловлено повышением урожайности кормовых культур при использовании данных приемов и благоприятными

для большинства культур агрометеорологическими условиями вегетационных периодов. Приемы биологизации и химизации создают благоприятные условия для роста и развития кормовых растений, улучшается их пищевой режим, наблюдается быстрое нарастание листовой поверхности, формирование оптимального травостоя, тем самым уменьшается физическое испарение с почвы, увеличивая потребление влаги растениями.

Анализ значений коэффициентов водопотребления показывает достоверное их различие по культурам севооборотов. Наиболее эффективно расходовала влагу кукуруза, наименее – зернофуражная культура.

Коэффициент водопотребления кукурузы был минимальным на фоне внесения минеральных удобрений – 290 м<sup>3</sup>/т, при этом он незначительно отличался от контрольного варианта – 346 м<sup>3</sup>/т. Подсев бобового компонента, повысил этот показатель и составил 428 м<sup>3</sup>/т сухой массы. Это увеличение водопотребления связано, с одной стороны, с формированием меньшего урожая совместных посевов с бобами, с другой – с повышенным испарением с поверхности почвы из-за того, что бобы медленнее закрывают почвенное пространство при широкорядном посеве.

Подсев бобового компонента и внесение минеральных удобрений в посевах зернофуражных культур способствовали снижению коэффициента водопотребления от 2933 до 1087–1199 м<sup>3</sup>/т, однако относительно других культур севооборота он был высоким, так как рассчитан только на зерновую часть урожая. Коэффициенты водопотребления многолетних трав существенно снижались под влиянием приемов улучшения злакового севооборота. Наиболее экономно расходовали влагу многолетние травы при подсева бобового компонента.

## **ВЫВОДЫ**

1. В ходе исследований в лесостепной зоне Западной Сибири отмечено, что внесение минеральных удобрений и подсев бобового компонента в поля кормовых севооборотов увеличили расход запасов продук-

тивной почвенной влаги от 66 до 74–84 мм, суммарное водопотребление – от 244 мм до 252–262 мм соответственно.

2. В среднем за годы исследований расход запасов продуктивной влаги под покровными культурами составил 88 мм, под зернофуражными – 77, силосными – 68, наименьшее значение отмечено в полях многолетних трав – 65 мм. По возрастанию суммарного водопотребления культуры севооборотов расположены в обратном порядке.

3. Применение удобрений увеличило сбор сухой массы в 1,6 раза, при этом коэффициент водопотребления в среднем по севообороту снизился в 2,2 раза, прием биологизации способствовал росту урожайности в 1,4 раза и уменьшению коэффициента водопотребления в 1,9 раза.

4. В контрольном севообороте наименьший расход влаги на посевах кукурузы (346 м<sup>3</sup>/т сухой массы), наибольший – у ячменя на зерно (2933 м<sup>3</sup>/т). При внесении минеральных удобрений, максимум и минимум водопотребления приходится на эти же культуры – 290 и 1087 м<sup>3</sup>/т сухой массы, но значения показателей значительно ниже вследствие роста урожайности. При подсеве бобового компонента самой урожайной культурой в севообороте стал кострец с подсевом люцерны. Многолетние травы эффективнее других культур по водопотреблению – 384 м<sup>3</sup>/т сухой массы, максимальный расход влаги отмечен на полях ячменя с подсевом гороха – 1199 м<sup>3</sup>/т сухой массы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Корчагина И.А.** Водный режим почвы и водопотребление яровой пшеницы по группам спелости в южной лесостепи Западной Сибири // Бюл. науки и практики. – 2017. – № 1 (14). – С. 93–99.
2. **Семина С.А.** Водный режим и водопотребление кукурузы в зависимости от приемов возделывания // Нива Поволжья. – 2015. – № 2 (35). – С. 63–68.
3. **Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н.** Приемы эффективного снижения водопотребления посевов в кормовых севооборотах // Земледелие. – 2017. – № 7. – С. 32–35.
4. **Гилев С.Д., Цымбаленко И.Н., Курлов А.П., Бастрычкина О.С.** Водный режим выщелочного чернозема и водопотребление зерновых культур в центральной лесостепной зоне Зауралья // Аграрный вестн. Урала: Уральский ГАУ (Екатеринбург). – 2015. – № 5 (135). – С. 6–9.
5. **Петрова Л.Н., Дридигер В.К., Кашаев Е.А.** Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на содержание продуктивной влаги и плотность почвы в севообороте // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 16–18.
6. **Адаптивно-ландшафтные** системы земледелия Новосибирской области // РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2002. – 388 с.
7. **Моисеев А.Н., Еремин Д.И.** Оценка севооборотов по влагообеспеченности культур в условиях лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестн. Урала – 2012. – № 11 (103). – С. 18–20.
8. **Айтемиров А.А., Бабаев Т.Т.** Севооборот как фактор биологической интенсификации // ФГБНУ Дагестанский НИИСХ им. Ф.Г. Кифиева. – 2016. – С. 203–207.
9. **Дедов А.В., Кузнецова Т.А., Несмеянова М.А.** Бинарные посева с бобовыми травами // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 2 (6). – С. 10–18.
10. **Бенц В.А.** Поливидовые посева в кормопроизводстве: теория и практика. – Новосибирск, 1996. – 228 с.
11. **Изместьев В.М., Свечников А.К.** Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность кормовых севооборотов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 4. – С. 29–34.
12. **Агроклиматические** ресурсы Новосибирской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 156 с.
13. **Демарчук Г.А., Данилов В.П.** Использование азотных, бактериальных и биологических удобрений на многолетних травах в лесостепной зоне Западной Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1998. – № 1–2. – С. 49–53.
14. **Методика** полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1971. – 158 с.
15. **Рекомендации** по проведению опытов с кормовыми севооборотами / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1974. – 81 с.
16. **Василько В.П. и др.** Мелиоративное земледелие: метод. указания к лабораторным и практическим занятиям для бакалавров по

направлениям «Агрономия» и «Садоводство». – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 95 с.

17. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (С основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 35 с.
18. **Сорокин О.Д.** Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.

#### REFERENCES

1. **Korchagina I.A.** Vodnyi rezhim pochvy i vodopotreblenie yarovoi pshenitsy po grupam spelosti v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri // Byul. nauki i praktiki. – 2017. – № 1 (14). – S. 93–99.
2. **Semina S.A.** Vodnyi rezhim i vodopotreblenie kukuruzy v zavisimosti ot priemov vozdelevaniya // Niva Povolzh'ya. – 2015. – № 2 (35). – S. 63–68.
3. **Galeev R.F., Shashkova O.N.** Priemy effektivnogo snizheniya vodopotrebleniya posevov v kormovykh sevooborotakh // Zemledelie. – 2017. – № 7. – S. 32–35.
4. **Gilev S.D., Tsymbalenko I.N., Kurlov A.P., Bastrychkina O.S.** Vodnyi rezhim vyshchelochnogo chernozema i vodopotreblenie zernovykh kul'tur v tsentral'noi lesostepnoi zone Zaural'ya // Agrarnyi vestn. Urala: Ural'skii GAU (Ekaterinburg). – 2015. – № 5 (135). – S. 6–9.
5. **Petrova L.N., Dridiger V.K., Kashchaev E.A.** Vliyanie tekhnologii vozdelevaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na sodержanie produktivnoi vlagi i plotnost' pochvy v sevooborote // Zemledelie. – 2015. – № 5. – S. 16–18.
6. **Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya** Novosibirskoi oblasti // RASKhN. Sib. otd-nie. SibNIIZKhim. – Novosibirsk, 2002. – 388 s.
7. **Moiseev A.N., Eremin D.I.** Otsenka sevooborotov po vlogoobespechennosti kul'tur v usloviyakh lesostepnoi zony Zaural'ya // Agrarnyi vestn. Urala – 2012. – № 11 (103). – S. 18–20.
8. **Aitemirov A.A., Babaev T.T.** Sevooborot kak faktor biologicheskoi intensivifikatsii // FG-BNU Dagestanskii NIISKh im. F.G. Kifieva – 2016. – S. 203–207.
9. **Dedov A.V., Kuznetsova T.A., Nesmeyanova M.A.** Binarnye posevy s bobovymi travami // Permskii agrarnyi vestnik. – 2014. – № 2 (6). – S. 10–18.
10. **Bents V.A.** Polivodovye posevy v kormoproizvodstve: teoriya i praktika. Novosibirsk, 1996. – 228 s.
11. **Izmest'ev V.M., Svechnikov A.K.** Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobrenii na produktivnost' kormovykh sevooborotov // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2015. – № 4. – S. 29–34.
12. **Agroklimaticheskie resursy** Novosibirskoi oblasti. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 156 s.
13. **Demarchuk G.A., Danilov V.P.** Ispol'zovanie azotnykh, bakterial'nykh i biologicheskikh udobrenii na mnogoletnikh travakh v lesostepnoi zone Zapadnoi Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 1998. – № 1–2. – S. 49–53.
14. **Metodika** polevykh opytov s kormovymi kul'turami / VNII kormov im. V.R. Vil'yamsa. – M., 1971. – 158 s.
15. **Rekomendatsii** po provedeniyu opytov s kormovymi sevooborotami / VNII kormov im. V.R. Vil'yamsa. – M., 1974. – 81 s.
16. **Vasil'ko V.P.** i dr. Meliorativnoe zemledelie: metod. ukazaniya k laboratornym i prakticheskim zanyatiyam dlya bakalavrov po napravleniyam «Agronomiya» i «Sadovodstvo». – Краснодар: KubGAU, 2014. – 95 s.
17. **Dospikhov B.A.** Metodika polevogo opyta (S osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya) – M.: Agropromizdat, 1985. – 35 s.
18. **Sorokin O.D.** Prikladnaya statistika na komp'yutere. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.

---

**INFLUENCE OF BIOLOGIZATION AND CHEMICALIZATION ON WATER CONSUMPTION OF CROPS IN FODDER CROP ROTATIONS**

**R.F. GALEEV, Candidate of Science in Agriculture, Head of the Sector**  
**O. N. SHASHKOVA, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher**

**Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS**

*Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia*

e-mail: onklin@mail.ru

The work presents the results of research into the effect of biologization (intercropping legume component with grain crops) and chemicalization (use of mineral fertilizers) applied in each field of fodder crop rotation on the moisture content of leached chernozem in the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia. Water consumption and crop productivity in six-field fodder crop rotations over four years of the second rotation were studied. Only recognized locally-bred crop varieties were cultivated in the experiment, such as *Krasnoobsky* oat, *Acha* barley, pea *Novosibirets*, vetch *Priobskaya 25*, alfalfa *Flora*, awnless brome *Rassvet*, hybrid maize *Obsky 140 SV* and fodder bean *Sibirskiye*. It was established that intercropping of the legume component caused the increase in the consumption of productive moisture reserves from the soil by fodder agrocenoses from 66 mm to 84 mm and the application of mineral fertilizers resulted in the moisture consumption increase of up to 74 mm. The use of methods for fodder crop rotation improvement led to the increase in the total water consumption of fodder crops. As a result of mineral fertilizer input it increased from 244 mm to 252 mm, and due to the intercropping of legume component it rose up to 262 mm. With regard to increasing the consumption of productive moisture reserves from the soil layer of 0-100 cm, crops ranked in the following order: perennial grasses – silos – fodder-grain crops – cover crops, whereas with regard to increasing the total water consumption they ranked in reverse order.

The use of chemical agents increased the yield of dry matter by 1.6 times, while water consumption coefficient decreased by an average of 2.2 times in the crop rotation. Application of biologization led to the yield increase by 1.4 times, reducing water consumption coefficient by 1.9 times. In the control crop rotation, maize consumed the least amount of moisture (346 m<sup>3</sup>/ton of dry weight), and the most moisture was consumed by the grain part of barley (2933 m<sup>3</sup>/t of dry weight). When applying mineral fertilizers, the maximum and minimum water consumption fell on the same crops – 290 m<sup>3</sup>/t and 1087 m<sup>3</sup>/t dry weight respectively. When the legume component was sowed in each crop rotation field, the minimum moisture consumption was in the fields with awnless brome intercropped with alfalfa, namely 384 m<sup>3</sup>/t dry weight, while the maximum consumption was in the fields with barley and pea grains – 1199 m<sup>3</sup>/t dry weight.

**Keywords:** fodder crop rotation, productive moisture, legume component, mineral fertilizers, productivity, total water consumption, water consumption coefficient.

*Поступила в редакцию 07.03.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-5

УДК 632.3: 632.4:633.321

## ОСОБЕННОСТИ ФИТОСАНИТАРНОЙ СИТУАЦИИ В ПОСЕВАХ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**Л.Ф. АШМАРИНА**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая сектором,  
**А.И. ЕРМОХИНА**, научный сотрудник,  
**Т.А. ГАЛАКТИОНОВА**, научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: alf8@yandex.ru*

Представлены результаты многолетних наблюдений за развитием болезней в посевах различных сортов клевера лугового в лесостепи Западной Сибири. Исследования проводили в 2003–2017 гг. на базе опытных полей Новосибирской области и в лабораторных условиях. Для изучения фитосанитарной ситуации применяли методы определения распространенности и развития заболеваний в полевых условиях, используя стандартные шкалы. Годы проведения исследований различались по погодным условиям и охватывали весь спектр климатических условий, характерных для лесостепной зоны Западной Сибири. Установлено, что клевер луговой поражается комплексом заболеваний различной этиологии. Преобладающими среди них были вирусная желтая мозаика, церкоспороз, стемфилиоз, антракноз, фузариозная корневая гниль, карликовость и мучнистая роса. В засушливых условиях более интенсивно проявлялись фузариозная корневая гниль и вирусная мозаика, что подтверждается тесными положительными сильными коэффициентами корреляции ( $r = 0,76$  и  $0,73$  соответственно). В годы с достаточным и избыточным увлажнением клевер луговой поражался комплексом грибных пятнистостей: церкоспорозом, стемфилиозом, антракнозом и др. Показано, что интенсивность и спектр заболеваний зависят от возраста растений. В 1-й год пользования преобладали фузариозное увядание, мучнистая роса, ржавчина и бурая пятнистость, во 2-й год – вирусная желтая мозаика, церкоспороз, стемфилиоз, антракноз, фузариозная корневая гниль и карликовость. Изучение сезонной динамики развития болезней на разных по устойчивости сортах клевера лугового позволило выяснить, что развитие и распространенность болезней зависели как от погодных условий ( $r = 0,61–0,91$ ), так и от сортовых особенностей культуры. Более выносливый скороспелый сорт Метеор эффективнее сдерживал распространение болезней по сравнению с более восприимчивым позднеспелым сортом СибНИИК 10.

**Ключевые слова:** клевер луговой, грибные заболевания, желтая мозаика, индекс развития болезни, церкоспороз, альтернариоз, стемфилиоз, пероноспороз, фузариозное увядание.

Клевер луговой – ценная бобовая культура, способная восполнить дефицит белка в кормлении животных [1–3]. Среди многолетних бобовых трав в Западной Сибири клевер луговой считается культурой, наиболее восприимчивой к болезням. Поражение его целым комплексом возбудителей заболеваний обусловлено благоприятной для питания, размножения и выживания экологической нишей, которую находят фитопатогены

на всех ярусах надземных органов, а также на корневой системе растений. Основными болезнями клевера являются заболевания различной этиологии: грибные, бактериальные, вирусные и др. [4, 5]. Болезни при их комплексном развитии приводят к снижению кормовой и семенной продуктивности (на 20–35%) и ухудшению качества корма и семян [6].

Клевер луговой – культура многолетняя, поэтому развитие и распространение патогенов в агроценозах носит хронический характер. Фитосанитарная напряженность в травостоях зависит прежде всего от гидротермических условий, влияющих на растение-хозяина и паразита; от генотипа и адаптивности сорта к условиям внешней среды, а также от агротехнических приемов возделывания и режима хозяйственного использования травостоя [7]. Теоретическая основа построения современных систем защиты – четкое представление закономерностей динамики популяции вредных и полезных организмов, специфики формирования и развития агроэкосистем [8]. От этого зависит выбор приемов оптимизации фитосанитарной обстановки, обоснование систем и технологий сбора и обработки информации для использования ее при принятии решений о целесообразности применения тех или иных приемов защиты [9]. В настоящее время основа современной концепции защиты растений – фитосанитарная оптимизация агроэкосистем, которая строится на фитосанитарном мониторинге и активизации механизмов саморегуляции агроландшафтов и использовании устойчивых к вредным организмам сортов [10]. Фитосанитарный мониторинг – изучение состава и состояния популяций вредных организмов, вычленение доминантных видов – важнейший элемент фитосанитарной оптимизации агроэкосистем [11].

Конечная цель интегрированных систем защиты растений – регулирование численности вредных объектов путем управления популяционными отношениями в агроэкосистемах, поэтому мониторинг фитосанитарной ситуации посевов в агроценозах – важная и необходимая составляющая интегрированной защиты кормовых культур.

Цель исследования – изучить развитие и распространенность болезней на клевере луговом в лесостепи Западной Сибири в разные по гидротермическим условиям годы.

## МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в Сибирском научно-исследовательском институте кормов в 2003–2017 гг. в коллекционных и селекционных питомниках. Для анализа особенностей фитосанитарной ситуации на клевере луговом использовали методы определения распространенности и развития заболеваний в полевых условиях посредством стандартных шкал [12]. Наблюдения проводили в течение всего вегетационного периода. Для определения пораженности растений корневой гнилью растения анализировали на наличие грибной инфекции. Проведен анализ растительного материала, собранного в годы исследований, путем закладки на питательную среду для определения и идентификации возбудителей. Для анализа образцы раскладывали в чашки Петри на агаризованную среду Чапека с добавлением в среду стерильного стрептомицина в дозе 100 мг/л для купирования бактерий и ограничения развития быстрорастущих почвенных грибов. Инкубирование проводили в термостате при температуре 23–24 °С. Просмотр выросших грибных колоний осуществляли на 7, 10 и 14-е сутки по соответствующим определителям [13, 14]. Скорость нарастания инфекции рассчитывали по Одуму [15].

Годы исследований были разнообразными и охватывали весь спектр климатических условий, характерных для лесостепной зоны Западной Сибири. Увлажненными были 2005–2007, 2009 гг. (ГТК 1,2–1,3). Вегетационные периоды 2013, 2017 гг. отмечены с избыточным увлажнением: осадков выпало на 32,4–61,5% больше нормы (ГТК от 1,6 до 1,9). Засушливыми были 7 лет – 2003, 2008, 2010–2012, 2014, 2016 гг. (ГТК 0,5–0,8).

Многообразие метеоусловий в годы исследований определяло особенности проявления и динамику болезней и в целом фитосанитарную ситуацию в агроценозах клевера лугового.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведения многолетнего фитосанитарного мониторинга в посевах клевера лугового в условиях лесостепи Западной Сибири нами установлен целый комплекс заболеваний [16–18]. К наиболее распространенным болезням клевера относятся мучнистая роса (*Erysiphe communis* Grev. f. *trifolii*), антракноз (*Kabatella caulivorum* Karak, *Gloeosporium caulivorum*), стеμφилиоз (*Stemphilium sarcinaeforme* Wiltsch), церкоспороз (*Cercospora zebrina* Pass.), аскохитоз (*Ascochyta trifolii* Bondet Trus.), бурая пятнистость (*Pseudopeziza trifolii* Fuck.),

вирусная желтая мозаика; черная пятнистость (*Polythrincium trifolii* Kunze), ржавчина (*Uromyces fallens* (*U. trifolii* (Hedw) Lev.), корневые гнили (грибы рода *Fusarium*); филлодия (микоплазмоз) клевера и др. (рис. 1, 2).

Обобщение полученных многолетних данных позволило установить, что развитие болезней (ИРБ) зависит от складывающихся погодных условий вегетационного периода. Так, в годы с достаточным и избыточным увлажнением (2005–2007, 2009) клевер луговой поражается комплексом грибных заболеваний. Наиболее распространенными и вредоносными заболеваниями клевера луго-



Рис. 1. Болезни клевера лугового:  
а – антракноз; б – церкоспороз; в – аскохитоз

Fig. 1. Diseases of red clover:  
a – anthracnose; b – cercospora; c – ascochyta



Рис. 2. Желтая вирусная мозаика клевера лугового

Fig. 2. Yellow mosaic virus of red clover

вого в условиях лесостепи Западной Сибири в 1-й год пользования являются фузариозное увядание, мучнистая роса, ржавчина и бурая пятнистость, во 2-й год – вирусная желтая мозаика, церкоспороз, стемфилиоз, антракноз, фузариозная корневая гниль и карликовость (рис. 3).

Интенсивность проявления фузариозов различна и обусловлена в первую очередь гидротермическими условиями вегетации [6]. В годы с весенне-раннелетней засухой заболевание часто носит быстротечный характер, наблюдается гибель всходов даже в 1-й год жизни растений до 10–20%. Так, в острозасушливом 2012 г. распространенность фузариозного увядания в травостое клевера 3-го года жизни достигала 100% при развитии болезни 16–64%. В условиях более увлажненного 2011 г. индекс развития болезни на более молодых растениях (2-й год жизни) составлял 11–24%. Развивающиеся корневые гнили изреживают посевы клевера, снижая продуктивное долголетие, урожайность семян и зеленой массы. Установлено, что фузариозная гниль ухудшает качество сена: количество протеина уменьшается на 19–21%, каротина – на 25 и зольных элементов – на 9% [6].

Интенсивность развития болезней изменяется с возрастом растений. Так, если в 1-й год пользования индекс развития фузариозной гнили в 2006–2017 гг. составлял от 12,6

до 35,2%, то во 2-й год пользования достигал 43,3–76,0%. Аналогичная закономерность отмечена и для других заболеваний, уровень развития которых также зависел от гидротермических условий в период вегетации растений. Установлено, что в засушливых условиях более интенсивно проявляются фузариозная корневая гниль и вирусная мозаика. Это подтверждается положительными сильными коэффициентами корреляции ( $r = 0,76$  и  $0,73$  соответственно).

Фитосанитарный мониторинг мучнистой росы показал, что ее развитие неравномерно по годам и обычно наблюдается в начале июня на посевах клевера 2-го года жизни или в августе – на растениях 1-го года жизни (рис. 4).

Сильному развитию заболевания способствует жаркая сухая погода, чередующаяся с осадками, или наличие росы в травостое. Так, в резкозасушливом 2012 г., характеризующимся продолжительной засухой, пораженность растений 2-го года жизни достигала 55–65%. В травостое 3-го года жизни мучнистая роса проявлялась на отрастающих побегах после выпадения осадков в конце августа – начале сентября, развитие болезни составляло 10–41%.

Изучение динамики мучнистой росы на клевере луговом в 1-й год пользования выявило тесную зависимость развития болезни от метеоусловий вегетационного се-

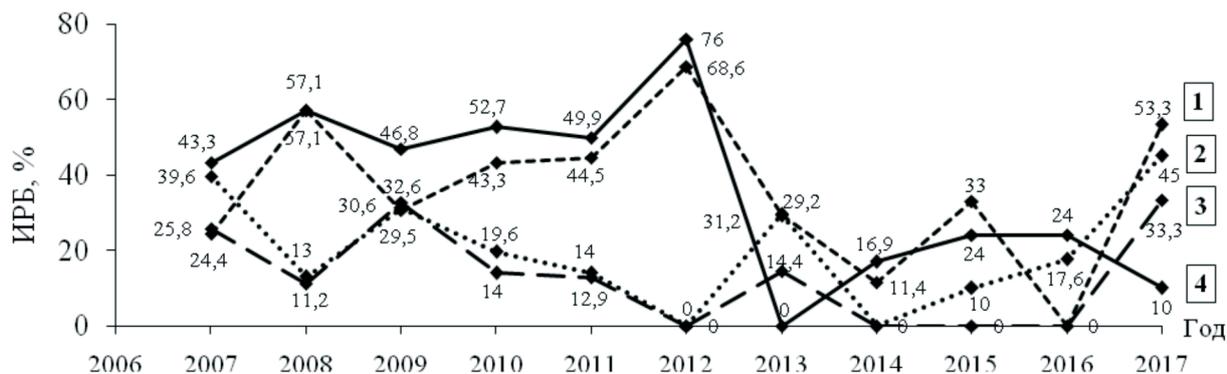


Рис. 3. Динамика болезней клевера лугового на кормовом травостое 2-го года пользования (фаза цветения):

1 – вирусная мозаика; 2 – церкоспороз; 3 – стемфилиоз; 4 – фузариозная гниль

Fig. 3. Dynamics of red clover diseases on the fodder herbage of the second year of use (flowering stage):

1 – Mosaic virus; 2 – Cercospora; 3 – Stemphylium; 4 – Fusarium root rot

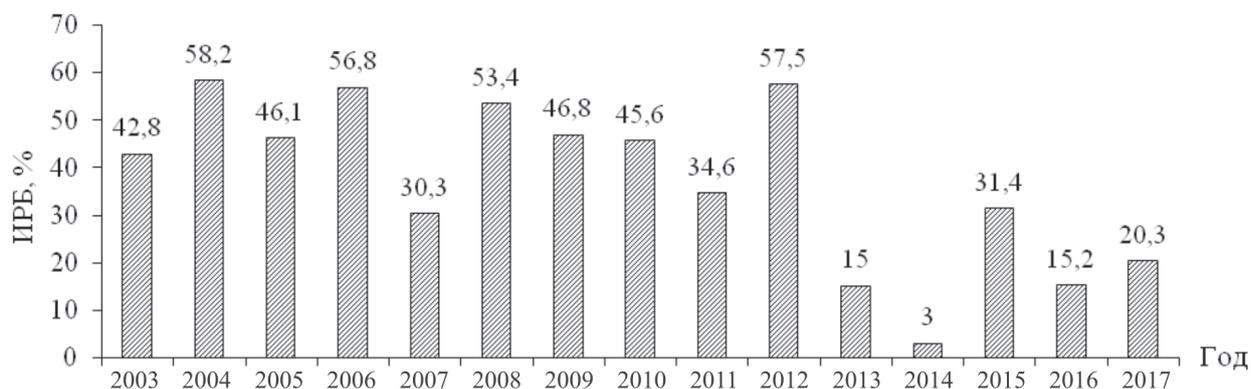


Рис. 4. Динамика мучнистой росы на клевере луговом сорта СибНИИК 10

Fig. 4. Dynamics of powdery mildew on red clover, cultivar SibNiik 10

зона (ГТК), что подтверждается средней корреляционной зависимостью ( $r = 0,68$ ). В засушливые и умеренно засушливые годы развитие болезни составляло 53–60%, в увлажненные годы (ГТК 1,1–1,6) наблюдали более низкое поражение травостоев мучнистой росой. В условиях 2017 г. отмечено слабое развитие мучнистой росы на растениях 2-го и 3-го годов жизни, которое достигало 20,3%.

Наряду с многолетней динамикой болезней в посевах клевера изучены особенности их проявления в течение вегетационного сезона, которые также обусловлены складывающимися погодными условиями и сортовыми особенностями культуры. Так, в 2017 г. сложился стрессовый для клевера лугового 3-го года пользования комплекс абиотических и биотических факторов, вызвавших сильное поражение болезнями. Холодная и сухая погода в апреле – мае, затем жаркая погода в июне – июле привели к ослаблению растений клевера. В целом, в период от весеннего отрастания до фазы цветения (I декада июля) травостои изучаемых сортообразцов поражались в основном в нижнем и среднем ярусах пятнистостями: церкоспорозом, стемфилиозом и антракнозом (рис. 5). Верхний и средний ярусы листьев поражались в сильной степени вирусной желтой мозаикой. Мониторинг болезней в посевах сортов клевера лугового разного срока созревания показал, что фитосанитарная ситуация на

позднеспелом сорте СибНИИК 10 была более напряженной по сравнению со скороспелым сортом Метеор. Индекс развития желтой вирусной мозаики на сорте СибНИИК 10 к середине июня был высокий и составил 50,0% против 9% на сорте Метеор при 100%-м распространении болезни. Это связано с сопряженностью массового лёта переносчиков болезни (цикадки, тли и другие насекомые) и уязвимых фаз развития растений клевера у позднеспелого сорта.

Вирусная мозаика в настоящее время является очень вредоносным и распространенным заболеванием на клевере. Массовое поражение клевера (при отрастании на 2-й год) наблюдали уже в весенне-раннелетний период. Поражение листьев у растений в 1-й и 2-й годы пользования выражается в междужилковом пожелтении ткани с некротическими вкраплениями, уменьшающими фотосинтетическую поверхность. При сильном развитии болезни некрозы вызывают отмирание и засыхание листьев.

В отношении других болезней прослеживалась четкая тенденция более сильного поражения позднеспелого сорта СибНИИК 10 пятнистостями: стемфилиозом, антракнозом, церкоспорозом и другими. Коэффициент корреляции между ГТК вегетационного периода и индексом развития болезней составил от 0,61 до 0,91.

В условиях жаркой погоды с неравномерным выпадением осадков 2017 г. ослаб-

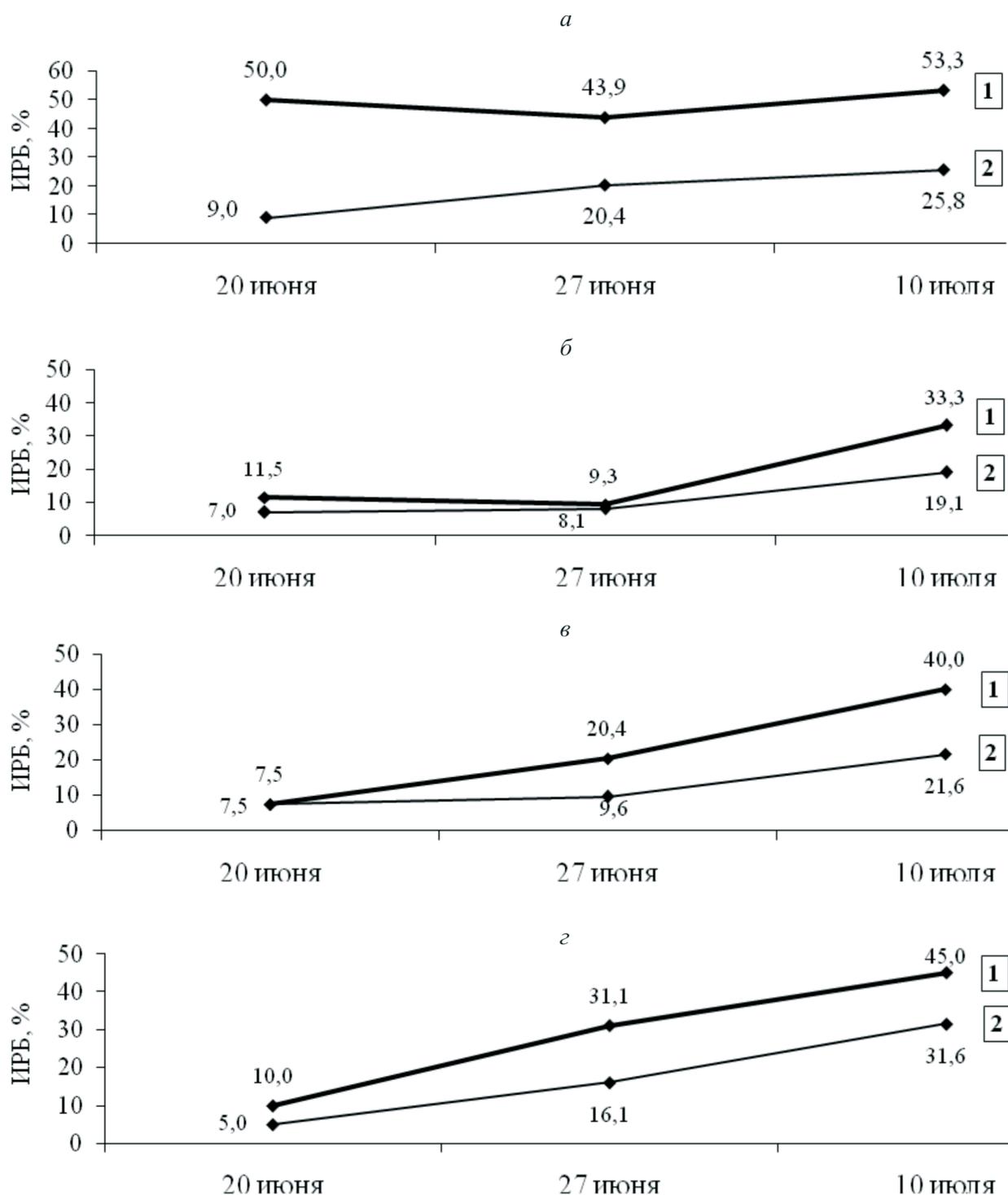


Рис. 5. Сезонная динамика развития болезней на разных сортах клевера лугового 2-го года пользования, 2017 г.:

*а* – желтая мозаика; *б* – стемфилиоз; *в* – пятнистости (средний ярус); *г* – пятнистости (нижний ярус).

Сорта: 1 – СибНИИК 10; 2 – Метеор

Fig. 5. Seasonal dynamics of disease development on different cultivars of red clover on the fodder herbage of the second year of use, 2017:

*a* – Yellow mosaic virus; *b* – Stemphylium; *c* – spots (middle layer); *d* – spots (lower layer)

Cultivars: 1 – SibNiik 10; 2 – Meteor

**Скорость нарастания инфекции на разных сортах клевера лугового (*VR* – нарастание индекса развития болезни, % в сутки)**

**The speed of infection intensification on different cultivars of red clover (*VR* – intensification of disease development index, % per day)**

Болезнь	27 июня 2017 г.		10 июля 2017 г.	
	СибНИИК 10	Метеор	СибНИИК 10	Метеор
Желтая мозаика	-0,87	1,64	0,67	0,38
Стемфилиоз	-0,31	0,16	1,71	0,78
Пятнистости:				
средний ярус	1,8	0,3	1,4	0,84
нижний ярус	1,58	1,59	1,3	0,99

ленные травостой клевера лугового 3-го года жизни в начале вегетационного периода начали поражаться вирусной инфекцией и пятнистостями, развитие которых достигало соответственно 50 и 55% при распространности 100%.

Для характеристики эпифитотического процесса рассчитана скорость нарастания инфекции (*VR*) для распространенных на клевере заболеваний (см. таблицу). На более восприимчивом сорте СибНИИК 10 стемфилиоз и желтая мозаика развивались в начале вегетации медленнее (*VR* от -0,31 до -0,87), затем этот показатель превысил скорость нарастания инфекции на более устойчивом сорте Метеор почти в 2 раза. Быстрое распространение инфекции отмечено для пятнистостей как среднего, так и нижнего ярусов, причем установлена такая же закономерность: более выносливый сорт Метеор сильнее сдерживал распространение болезней по сравнению с более восприимчивым сортом СибНИИК 10. Это связано со значительным выпадением осадков в I и III декадах июня, а также в I декаде июля, когда сумма осадков превысила среднеголетную норму более чем в 3 раза. Таким образом, фитосанитарный мониторинг в агроценозе клевера лугового выявил обширный комплекс болезней, развитие которых, как показали многолетние наблюдения, носит спорадический эпифитотиологический характер.

**ВЫВОДЫ**

1. В посевах клевера лугового в условиях лесостепи Западной Сибири выявлен

комплекс заболеваний, преобладающими среди которых являются вирусная желтая мозаика, церкоспороз, стемфилиоз, антракноз, фузариозная корневая гниль, карликовость и мучнистая роса.

2. Развитие болезней зависит от складывающихся погодных условий вегетационного периода. В засушливых условиях более интенсивно проявляются фузариозная корневая гниль и вирусная мозаика ( $r = 0,76$  и  $0,73$  соответственно). В годы с достаточным и избыточным увлажнением клевер луговой поражался целым комплексом грибных пятнистостей: церкоспорозом (от 32,5 до 45,0%), стемфилиозом (от 25,8 до 33,3), антракнозом (до 45,0%).

3. Изучение сезонной динамики развития болезней на разных по устойчивости сортах клевера лугового показало, что развитие и распространенность болезней зависели как от погодных условий ( $r = 0,61-0,91$ ), так и от сортовых особенностей культуры. Более выносливый скороспелый сорт Метеор эффективнее сдерживал распространение болезней по сравнению с более восприимчивым позднеспелым сортом СибНИИК 10, что подтверждается рассчитанными показателями скорости нарастания инфекции.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. **Агротехнологии** производства кормов в Сибири: практ. пособие. – Новосибирск, 2013. – 248 с.
2. **Полюдина Р.И.** Селекция клевера лугового в Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – Т. 47, № 5. – С. 106–112.

3. **Полюдина Р.И., Глинчиков И.М., Данилов В.П.** Новые сорта клевера лугового в Сибири и технологии их возделывания // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2004. – № 2. – С. 59–62.
4. **Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М. и др.** Атлас болезней кормовых культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 2010. – 180 с.
5. **Агаркова З.В., Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М.** Основные болезни кормовых культур в селекционных питомниках в лесостепи Приобья // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Кыргызстана: тр. 8-й междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2005. – С. 127–131.
6. **Агаркова З.В., Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М. и др.** Болезни кормовых культур в лесостепи Западной Сибири // Кормопроизводство. – 2007. – № 3. – С. 8–9.
7. **Жученко А.А.** Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М., 2001. – Т. 2. – 708 с.
8. **Знаменская В.В., Дукина В.И.** Управление фитосанитарным состоянием агроценозов: учебное пособие. – Воронеж, 2013. – 238 с.
9. **Ашмарина Л.Ф., Агаркова З.В., Коняева Н.М. и др.** Фитосанитарная ситуация в агроценозах кормовых культур в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 41–44.
10. **Новожилов К.В., Захаренко В.А., Вилкова Н.А. и др.** Эколого-биоценотическая концепция защиты растений в адаптивном земледелии // С.-х. биология. – 1993. – № 5. – С. 54–61.
11. **Фролов А.Н.** Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 15–19.
12. **Методические указания по изучению устойчивости зерновых бобовых культур к болезням.** – Л.: ВИР, 1976. – 74 с.
13. **Пидопличко Н.М.** Грибная флора грубых кормов. – Киев, 1953. – 487 с.
14. **Билай В.И.** Фузариозы. – Киев: Наук. думка, 1977. – 444 с.
15. **Одум Ю.** Основы экологии – М.: Мир. – 1975. – 740 с.
16. **Ашмарина Л.Ф., Агаркова З.В., Коняева Н.М., Коробейников А.С.** Устойчивость кормовых культур к биотическим факторам в лесостепи Западной Сибири // Селекция сельскохозяйственных растений в аридных территориях Сибири и Дальнего Востока: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2015. – С. 41–51.
17. **Агаркова З.В., Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М.** Микоплазменные заболевания кормовых культур в Западной Сибири // Вестн. РАСХН. – 2007. – № 3. – С. 49–52.
18. **Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М.** Видовой состав возбудителей фузариозов сельскохозяйственных культур в Западной Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – № 12. – С. 42–46.

#### REFERENCES

1. **Agrotekhnologii proizvodstva kormov v Sibiri: prakt. posobie.** – Novosibirsk, 2013. – 248 s.
2. **Polyudina R.I.** Seleksiya klevera lugovogo v Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – Т. 47, № 5. – S. 106–112.
3. **Polyudina R.I., Glinchikov I.M., Danilov V.P.** Novye sorta klevera lugovogo v Sibiri i tekhnologii ikh vzdelyvaniya // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2004. – № 2. – S. 59–62.
4. **Ashmarina L.F., Gorobei I.M., Konyayeva N.M. i dr.** Atlas boleznei kormovykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk, 2010. – 180 s.
5. **Agarkova Z.V., Ashmarina L.F., Konyayeva N.M.** Osnovnye bolezni kormovykh kul'tur v selektsionnykh pitomnikakh v lesostepi Priob'ya // Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazakhstana i Kyrgyzstana: tr. 8-i mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Novosibirsk, 2005. – S. 127–131.
6. **Agarkova Z.V., Ashmarina L.F., Konyayeva N.M. i dr.** Bolezni kormovykh kul'tur v lesostepi Zapadnoi Sibiri // Kormoproizvodstvo. – 2007. – № 3. – S. 8–9.
7. **Zhuchenko A.A.** Adaptivnaya sistema selektsii rastenii (ekologo-geneticheskie osnovy). – M., 2001. – Т. 2. – 708 s.
8. **Znamenskaya V.V., Dukina V.I.** Upravlenie fitosanitarnym sostoyaniem agrotsenozov: uchebnoe posob. – Voronezh, 2013. – 238 s.
9. **Ashmarina L.F., Agarkova Z.V., Konyayeva N.M. i dr.** Fitosanitarnaya situatsiya v

- agrotsenozakh kormovykh kul'tur v lesostepi zapadnoi Sibiri // Zemledelie. – 2015. – № 2. – S. 41–44.
10. **Novozhilov K.V., Zakharenko V.A., Vilko-va N.A. i dr.** Ekologo-biotsenoticheskaya kontseptsiya zashchity rastenii v adaptivnom zemledelii // S.-kh. biologiya. – 1993. – № 5. – S. 54–61.
  11. **Frolov A.N.** Sovremennye napravleniya sovershenstvovaniya prognozov i monitoringa // Zashchita i karantin rastenii. – 2011. – № 4. – S. 15–19.
  12. **Metodicheskie** ukazaniya po izucheniyu us-toichivosti zernovykh bobovykh kul'tur k boleznyam. – L.: VIR, 1976. – 74 s.
  13. **Pidoplichko N.M.** Gribnaya flora grubyykh kormov. – Kiev, 1953. – 487 s. 14. **Bilai V.I.** Fuzarii. – Kiev: Nauk. dumka, 1977. – 444 s.
  15. **Odum Yu.** Osnovy ekologii – M.: Mir. – 1975. – 740 s.
  16. **Ashmarina L.F., Agarkova Z.V., Konyae-va N.M., Korobeinikov A.S.** Ustoichivost' kormovykh kul'tur k bioticheskim faktoram v lesostepi Zapadnoi Sibiri // Seleksiya sel'skokhozyaistvennykh rastenii v aridnykh territoriyakh Sibiri i Dal'nego Vostoka: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Novosibirsk, 2015. – S. 41–51.
  17. **Agarkova Z.V., Ashmarina L.F., Konyae-va N.M.** Mikoplazmennye zabolevaniya kormovykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri // Vestn. RASKhN. – 2007. – № 3. – S. 49–52.
  18. **Ashmarina L.F., Gorobei I.M.** Vidovoi sostav vzbuditelei fuzariozov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2008. – № 12. – S. 42–46.

## FEATURES OF PHYTOSANITARY SITUATION IN CROPS OF RED CLOVER IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

**L.F. ASHMARINA, Doctor of Agricultural Sciences,  
Head of the Sector of Immunity and Plant Protection**

**A.I. EROKHINA, Researcher**

**T.A. GALAKTIONOVA, Researcher**

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS*

*Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia*

e-mail: alf8@yandex.ru

The results of long-term observations of disease development in crops of different varieties of red clover in forest-steppe of Western Siberia are presented. The research was conducted in 2003-2017 in the experimental fields of Novosibirsk region and in the laboratory. To study the phytosanitary situation, the methods for determining the prevalence and development of diseases in the field by means of using standard scales were applied. During the years of research, the weather varied to a large extent and covered the entire range of climatic conditions typical of the forest-steppe zone of Western Siberia. It was found that red clover was affected by a wide range of diseases of different etiology, among which the prevailing ones were yellow mosaic virus, Cercospora, Stemphylium, Anthracnose, Fusarium root rot, dwarfism, and powdery mildew. In dry conditions the most severe diseases were Fusarium root rot and mosaic virus, which is confirmed by the close positive strong correlation coefficient ( $r = 0.76$  and  $r = 0.73$  respectively). In years with sufficient and excessive moisture, red clover was affected by the whole range of fungal spots: Cercospora, Stemphylium, Anthracnose, etc. It was also shown that the intensity and range of diseases depend on the age of the plant. In the first year of use, prevailing diseases were Fusarium wilt, powdery mildew, rust, and brown spots, in the second year – yellow mosaic virus, Cercospora, Stemphylium, Anthracnose, Fusarium root rot and dwarfism. The study of seasonal dynamics of disease development of red clover varieties with different resistance made it possible to find out that the development and prevalence of diseases depended both on weather conditions and on varietal characteristics of the crop. Cultivar Meteor, which is more hardy and quickly-ripening, was more effective in impeding the spread of diseases compared to the more susceptible late-maturing cultivar of SibNiik 10.

**Keywords:** red clover, fungal diseases, yellow mosaic, the index of disease development, Cercospora, Alternaria, Stemphylium, powdery mildew, Fusarium wilt.

Поступила в редакцию 03.02.2018



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-6

УДК 636.296

**ВОЗРАСТНАЯ ПАНТОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ  
КАК КРИТЕРИЙ ВЫБРАКОВКИ МАРАЛОВ-РОГАЧЕЙ****В.Г. ЛУНИЦЫН, доктор ветеринарных наук, профессор, заместитель директора по науке***Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий  
656910, Россия, Алтайский край, Научный городок, 35  
e-mail: aniish@mail.ru*

Изложены результаты многолетних (2006–2016) исследований по изучению групповой (3934 гол.) и индивидуальной возрастной (57 гол.) пантовой продуктивности маралов-рогачей алтае-саянской породы. Работа проведена на шести мараловодческих предприятиях – племенных хозяйствах Республики Алтай и Алтайского края. Проведены наблюдения динамики прироста массы пантов животных за 10-летний период. Максимальный прирост отмечен в возрасте 3 и 4 лет (1,5 и 2,0 кг). К началу гона самцов в возрасте 6 лет прирост пантов в зависимости от породной линии составил 63,2–67,0%. Пантовая продуктивность стабилизируется в 8–10-летнем возрасте маралов, дальше идет ее снижение. Отмечено, что число самцов, отнесенных к элитному и первому классам, изменялось в 4-, 6- и 10-летнем возрасте, что обусловлено объективным фактором – участием маралов в гоне и субъективным с использованием действующей бонитировочной шкалы. Показано, что в целях более точного определения будущей продуктивности целесообразно подвергать выбраковке маралов не в возрасте 1,5 или 2,5 года, а по результатам первых трех срезов пантов в 4-летнем возрасте – периоде самого высокого роста мясной и пантовой продуктивности. При выращивании животных до этого возраста можно получить дополнительно не менее 50 кг мяса и 5 кг пантов. Результаты практической селекционно-племенной работы и приведенные расчеты показывают, что правильная оценка самцов при бонитировке может предотвратить значительные убытки предприятия. По экономическим расчетам за 10 лет марал класса элиты производит пантов на 579,6 тыс. р., первого – 461,2, второго – 385,6, третьего – 267,1 тыс. р.

**Ключевые слова:** марал, пантовая продуктивность, прирост массы пантов, бонитировка, выбраковка.

Панты – неокостеневшие рога, снятые в период роста, – основная продукция мараловодства [1, 2]. Рога – вторичный половой признак самцов, и в дикой природе они имеют, как правило, 6–7 отростков. С возрастом (от 2 до 7 лет) маралов масса пантов увеличивается, в 8–10 лет стабилизируется, затем происходит ее снижение [3–5]. На массу пантов влияют не только возраст, а также кормление животных и наследственность [6, 7]. У одновозрастных животных амплитуда колебаний массы пантов может достигать до 10 кг, что указывает на значительные возможности селекционно-пле-

менной работы [8, 9]. Отсутствие в 50–70-е годы надежной системы мечения маралов не позволяло изучать индивидуальную возрастную пантовую продуктивность маралов. Разработанная бонитировочная шкала для индивидуальной оценки маралов основана на определении групповой пантовой продуктивности животных одного возраста [10, 11].

Критерии оценки животных, которые использовали при выведении шебалинской и теньгинской линий алтае-саянской породы маралов, и последующая выбраковка маралов в соответствии с существующими инс-

продуктивными материалами по селекционно-племенной работе в ряде случаях оказались неверными [12–15].

Цель исследований – изучить индивидуальную и групповую возрастную пантовую продуктивность маралов-рогачей для усовершенствования системы критериев индивидуальной оценки животных.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа проведена на шести мараловодческих предприятиях: СПК «Абайский», СПК «Племхоз Теньгинский», ЗАО «Верхний Уймон», ЗАО «Фирма Курдюм», ФГУП «Новоталицкое» и ООО «Марал-Толусома» Республики Алтай и Алтайского края. Материалом для исследования групповой возрастной пантовой продуктивности служили животные пяти линий маралов алтае-саянской породы: новоталицкой (801 рогач), теньгинской (418), карагайской (759), верхуймонской (498) и абайской (1458 рогачей) – всего 3934 марала. Возраст животных определяли по зубам [16]. Суммировав пантовую продуктивность по возрасту рассчитывали средние значения. Средняя пантовая продуктивность по всему стаду рогачей каждой линии была неоднородной (табл. 1), что дало возможность оценить равнозначность ежегодного прироста пантов для последующего сравнения с существующей бонитировочной шкалой и внесения предложений по ее изменению.

В данную статью включены материалы по изучению индивидуальной возрастной пантовой продуктивности 57 самцов с самым большим периодом наблюдения – де-

сять лет (2006–2016), проведенные на племенном заводе по шебалинскому типу алтае-саянской породы маралов [17]. Панты после срезки взвешивали, в соответствии с бонитировочной шкалой животных относили к тому или иному классу, определяя тем самым основные закономерности роста пантов. Чипирование маралов позволило проследить изменения пантовой продуктивности каждого животного с первых пантов в возрасте 2,5 года до десятилетнего возраста, а возрастной прирост массы пантов в зависимости от класса продуктивности животных. Степень достоверности полученных результатов определяли с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам изучения групповой возрастной пантовой продуктивности пяти линий алтае-саянской породы маралов выяснено, что до 6 лет идет максимальный прирост пантовой продуктивности. Независимо от средней продуктивности по стадам различных линий породы, в первые 4 года срезки пантов групповая возрастная продуктивность увеличивается на 63,2–67,0% (табл. 1).

Наибольший прирост массы пантов (1,5–2,0 кг) от 3 до 4 лет. В последующие 4 года возрастной прирост 33,0–36,8%. В 10 лет у большинства рогачей продуктивность стабилизируется и даже наблюдается ее снижение.

Изучением материалов многолетних бонитировок маралов этих же хозяйств выяснено, что сайки (возраст 1,5 года) и

Таблица 1. Пантовая продуктивность маралов-рогачей различных линий алтае-саянской породы

Table 1. Antler velvet yield of maral stags of different Altai-Sayan breed lines

Линия породы	Число рогачей, гол.	Средняя пантовая продуктивность, кг	Прирост массы пантов от 2 до 6 лет, %
Новоталицкая	802	5,6	67,0
Теньгинская	418	7,0	68,3
Карагайская	759	7,4	63,2
Верхуймонская	498	6,6	68,8
Абайская	1458	6,5	66,2

перворожки (2,5 года), оцененные вторым и третьим классом, в последующие 2 года нередко становятся животными первого класса или элиты. Замечено, что до четырех лет пантовая продуктивность нестабильна. В последующие годы животные, оцененные низшими классами (второй и третий), им соответствуют.

В ходе десятилетних исследований индивидуальной пантовой продуктивности 57 маралов выявлено, что в возрасте 4, 6 и 10 лет происходило перераспределение числа маралов-рогачей первого класса и элиты (табл. 2).

Для усовершенствования бонитировочной шкалы [13] провели определение инди-

видуального возрастного прироста массы пантов в зависимости от бонитировочного класса (табл. 3, 4).

В среднем у маралов в возрасте от 2 до 10 лет масса пантов увеличилась на 7 кг (156,8%). Возрастной прирост у элитных животных был 7,7 кг (134%), маралов первого класса – 6,5 кг (151,2%), второго – 5,3 кг (157,6%) и третьего – 4,8 кг (212,3%) ( $p < 0.05$ ).

Прирост массы пантов в 3 и 4 года неоднозначен и зависит от бонитировочного класса животного. В абсолютных цифрах он больше у маралов класса элита и первого (2,8 и 2,5 кг), в относительных – второго и третьего (95,0 и 130,0%) ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2. Распределение маралов-рогачей по классам продуктивности (гол.)

Table 2. Distribution of maral stags by classes depending on the yield (heads)

Класс	Возраст, лет								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Элита	14	21	14	16	28	26	29	43	24
Первый	20	23	24	30	19	17	17	4	22
Второй	19	9	15	7	6	10	7	6	7
Третий	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Итого	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Таблица 3. Масса пантов маралов-рогачей в зависимости от бонитировочного класса, кг

Table 3. Antler velvet weight of maral stags depending on the judgement scale class, kg

Класс продуктивности	Возраст, лет								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя продуктивность	2,4±0,3	3,7±0,4	4,9±0,2	5,9±0,3	7,1±0,2	8,0±0,3	8,3±0,3	9,3±0,2	9,4±0,3
Элита	3,3±0,2	4,5±0,3	6,1±0,3	7,2±0,2	7,8±0,3	9,2±0,3	9,6±0,2	10,2±0,3	11,0±0,2
Первый	2,5±0,2	3,6±0,3	5,0±0,2	5,8±0,3	6,4±0,2	7,4±0,2	7,2±0,2	8,0±0,2	9,0±0,2
Второй	1,9±0,1	2,7±0,2	4,1±0,3	4,7±0,2	5,6±0,2	6,6±0,2	6,5±0,1	6,8±0,2	7,2±0,2
Третий	1,0±0,1	1,8±0,1	2,7±0,2	3,3±0,1	3,8±0,1	4,1±0,1	4,5±0,1	4,8±0,2	5,8±0,2

Таблица 4. Абсолютный и относительный прирост массы пантов в зависимости от возраста маралов (кг/%)

Table 4. Absolute and relative age-related antler velvet weight gain of marals (kg/%)

Класс продуктивности	Возраст, лет							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя продуктивность	1,3/54,2	1,2/32,4	1,0/20,4	1,2/20,3	0,9/12,7	0,3/3,7	1,0/12,0	0,1/1,1
Элита	1,2/36,4	1,6/35,6	1,1/18,0	0,6/8,3	1,4/17,9	0,4/4,4	0,6/6,3	0,8/7,8
Первый	1,1/44,0	1,4/38,9	0,8/16,0	0,6/10,3	1,0/15,6	-0,2/2,8	0,8/11,1	1,0/12,5
Второй	0,8/42,1	1,4/51,8	0,6/14,6	0,9/19,1	1,0/17,8	-0,1/-1,5	0,3/4,6	0,4/5,9
Третий	0,8/80,0	0,9/50,0	0,6/22,2	0,5/15,0	0,3/7,9	0,4/9,7	0,3/6,7	1,0/20,8

Стабилизация пантовой продуктивности в 8–9 лет или ее некоторое снижение, а затем опять рост, связаны с участием самцов в гоне. Если бык участвовал в гоне и в зиму не набрал соответствующую упитанность или был травмирован (перелом конечности, ребер, значительные ушибы), то в этих случаях масса пантов снижается и рогач соответственно переходит в низший бонитировочный класс.

По данным изучения индивидуальной возрастной пантовой продуктивности максимальный прирост массы пантов (67,0%) также происходит в первые 6 лет жизни, что обусловлено объективными причинами. Рога маралов являются вторичным половым признаком, они должны быть сформированы и иметь достаточную массу к тому возрасту, когда маралы участвуют в гоне (6 лет). Этот объективный фактор объясняет также значительное перераспределение животных элитного и первого классов в возрасте 6 лет.

Снижение числа элитных животных от 3 до 4 и от 9 до 10 лет связано с субъективным фактором – бонитировочной шкалой. Согласно бонитировочной шкале разница в критериях оценки (масса пантов) элитных животных в возрасте 2 и 3 года составляет 1,2 кг, 3 и 4 года – 1,5 кг. В возрасте 7–9 лет, несмотря на то, что в эти годы идет возрастной прирост массы пантов, масса пантов по бонитировочной шкале должна быть 8,5 кг, поэтому к девяти годам количество элитных животных увеличивается. Затем в 10 лет критерий оценки (масса пантов) резко возрастает на 1,5 кг, соответственно уменьшению количества элитных животных. В этом возрасте у значительного числа маралов такого прироста нет. В классе элита остаются животные, которые еще в 8 и 9 лет имели массу пантов свыше 10 кг. Кроме того, рост средней групповой возрастной пантовой продуктивности возможен после десяти лет, при выбраковке в этом возрасте низкопродуктивных животных.

Исследованиями индивидуальной и групповой возрастной пантовой продуктивности маралов-рогачей, а также практичес-

кой селекционно-племенной работой по созданию породы и породных типов доказано, что рогачей выбраковывать нужно не в 1,5 и 2,5 года, а в 4-летнем возрасте по результатам трех срезов. Целесообразность в этом обоснована ниже.

Животные третьего класса должны быть выбракованы (показатели: небольшие шпильки, малая живая масса). Отмечено, что к четырехлетнему возрасту маралов происходит не только максимальный прирост пантов, но и живой массы. Анализ живой массы маралов алтае-саянской породы и их мясной продуктивности показывает, что в возрасте 1,5 года сайки в среднем имели живую массу 133 кг (средняя масса взрослого рогача 273 кг), что составляет 48,7% взрослого животного, масса туши при этом соответствует 71,8 кг (убойный выход 54,2%). В возрасте 4 лет средняя масса рогача 225 кг, что равно 82,4% взрослого животного. При убойном выходе 54,2% масса туши 122 кг.

Таким образом, за 3 года живая масса животного увеличивается на 92 кг. Следовательно, не выбраковывая марала-рогача в возрасте 1,5 года для более точной оценки пантовой продуктивности по результатам первых трех срезов, можно получить от него 50 кг мяса.

За 3 года рогач, оцененный третьим классом, дает 5,5 кг сырых пантов (перворожек – 1,0 кг, второрожек – 1,8 и третьерожек – 2,7 кг). В возрасте до 4 лет у маралов наблюдается максимальный прирост массы тела и пантов. Маралов содержат по возрастным группам, кормление у них групповое, затраты на обслуживание идентичны, что для 100, что для 120 животных. В себестоимости продукции мараловодства основные затраты – это корма. Для кормления одного марала-рогача в год требуется 1,6 т грубых кормов, 3,0 т – сочных и 0,5 т концентратов общей стоимостью 8 тыс. р. в год (три года – 24 тыс. р.). За три года от марала-рогача даже третьего класса можно получить продукции на 54 тыс. р. (5,5 кг сырых пантов при выходе 40% будет 2,2 кг консервированных при цене 20 тыс. р./кг, то есть 44 тыс. р., также 50 кг мяса по цене

200 р./кг, итого – 10,0 тыс. р.). Таким образом, сохранение животных до четырех лет, чтобы точно определить их продуктивность, даже если оно и не повысит бонитировочный класс марала, не будет убыточным, не говоря уже о положительном результате.

За 10 лет согласно данным средней продуктивности от маралов-рогачей в ООО «Марал-Толусома» получено 59 кг сырых пантов или при выходе 40% – 23,6 кг консервированных на сумму 495,6 тыс. р. (23,6 кг × 350 долларов × 60,0 р.), от элитных маралов – 579,6 тыс. р., маралов первого класса – 461,2 тыс. р., второго класса – 385,6, третьего – 267,1 тыс. р. Представленные расчеты убедительно показывают важность правильной оценки маралов-рогачей при бонитировке.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что максимальный прирост массы пантов у маралов-рогачей происходит от 3 до 4 лет. До гона (возраст самцов 6 лет) масса пантов увеличивается на 67,0%, к 8–10 годам продуктивность стабилизируется. По данным бонитировки маралов-рогачей в 4-, 6- и 10-летнем возрасте резко меняется число животных, отнесенных к классу элита и первому, что обусловлено как субъективными факторами (требования бонитировочной шкалы), так и объективными (участие самцов в гоне), что диктует необходимость пересмотра критериев оценки животных в этих возрастных группах. Показано, что в целях более точного определения будущей продуктивности целесообразно подвергать выбраковке маралов не в возрасте 1,5 или 2,5 года, а по результатам первых трех срезов пантов в четырехлетнем возрасте – периоде самого высокого роста мясной и пантовой продуктивности. При выращивании животных до этого возраста можно получить дополнительно не менее 50 кг мяса и 5 кг пантов. Результаты практической селекционно-племенной работы и приведенные расчеты показывают, что правильная оценка самцов при бонитировке может предотвратить значительные убытки предприятия. По экономическим расчетам

за 10 лет марал класса элиты производит пантов на 579,6 тыс. р., первого – 461,2, второго – 385,6, третьего – 267,1 тыс. р.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Размахнин В.Е.** Рога пантовых оленей // Охота и охотничье хозяйство. – 1970. – № 11. – С. 20–21.
2. **Митюшев П.В., Любимов М.П., Новиков В.К.** Пантовое оленеводство и болезни пантовых оленей. – М.: Международная книга, 1950. – 240 с.
3. **ГОСТ 4227–76.** Панты марала и изюбра консервированные. Технические условия. – М.: Государственный стандарт Союза ССР, 1976. – 11 с.
4. **Галкин В.С.** Биологические основы повышения продуктивности пантовых оленей: сб. науч. тр. ЦНИЛПО. – М., 1982. – Т. 28. – С. 50–57.
5. **Галкин В.С., Галкина В.А.** Индивидуальная изменчивость пантов марала: сб. науч. тр. ЦНИЛПО. – Барнаул, 1979. – С. 35–39.
6. **Галкин В.С.** Зависимость веса пантов маралов от длины шпилек: сб. науч. тр. НИЛПО. – Барнаул, 1971. – Вып. 2. – С. 419–422.
7. **Луницын В.Г., Донченко А.С., Огнев С.И., Краснослободцев П.И.** Алтайская порода маралов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – № 1 – С. 84–90.
8. **Митюшев П.В.** Бонитировка пантовых оленей // Каракулеводство и звероводство. – 1949. – № 4. – С. 31–38.
9. **Луницын В.Г., Донченко А.С., Огнев С.И., Краснослободцев П.И.** Характеристика экстерьерных и продуктивных качеств маралов новой алтае-саянской породы // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – № 2. – С. 81–86.
10. **Митюшев П.В.** Временная инструкция по бонитировке рогачей пантовых оленей с основами племенного дела: сб. науч. тр. НИЛПО. – Горно-Алтайск, 1959. – С. 86–99.
11. **Галкин В.С., Галкина В.А.** Рекомендации по бонитировке молодняка маралов. – Горно-Алтайск: Горно-Алтайская типография, 1976. – 8 с.
12. **Луницын В.Г., Огнев С.И.** Характеристика экстерьерных и продуктивных качеств маралов алтае-саянской породы // ВНИИПО. – Барнаул, 2010. – 283 с.

13. Луницын В.Г., Краснослободцев П.И., Шалина М.Н. Инструкция по бонитировке маралов с основами селекционно-племенной работы: Рекомендации / ВНИИПО.– Барнаул, 2006. – 32 с.
14. Луницын В.Г. Характеристика маралов-рогачей и перворожек маралофермы «Покровка» ФГУП «Новоталицкое»: сб. науч. тр. ВНИИПО. – Барнаул, 2016. – Т. 9. – С. 42–53.
15. Луницын В.Г. Пантовая продуктивность маралов-рогачей фермы «Машенка» ФГУП «Новоталицкое»: сб. науч. тр. ВНИИПО. – Барнаул, 2016. – Т. 9. – С. 94–103.
16. Луницын В.Г., Донченко А.С., Огнев С.И., Фролов Н.А. Пантовое оленеводство и болезни оленей // ВНИИПО. – Барнаул, 2007. – 418 с.
17. Технология производства пантов (наставление) // ЦНИЛПО. – М., 1987. – 120 с.
7. Lunitsyn V.G., Donchenko A.S., Ognev S.I., Krasnoslobodtsev P.I. Altae-sayanskaya poroda maralov // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2008. – № 1 – S. 84–90.
8. Mityushev P.V. Bonitirovka pantovykh olenei // Karakulevodstvo i zverovodstvo. – 1949. – № 4. – S. 31–38.
9. Lunitsyn V.G., Donchenko A.S., Ognev S.I., Krasnoslobodtsev P.I. Kharakteristika ekster'ernykh i produktivnykh kachestv maralov novoi altae-sayanskoi porody // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2008. – № 2. – S. 81–86.
10. Mityushev P.V. Vremennaya instruktziya po bonitirovke rogagei pantovykh olenei s osnovami plemennogo dela: sb. nauch. tr. NILPO.– Gorno-Altaysk, 1959. – S. 86–99.
11. Galkin V.S., Galkina V.A. Rekomendatsii po bonitirovke molodnyaka maralov.– Gorno-Altaysk: Gorno-Altayskaya tipografiya, 1976.– 8 s.
12. Lunitsyn V.G., Ognev S.I. Kharakteristika ekster'ernykh i produktivnykh kachestv maralov altae-sayanskoi porody. // VNI IPO.– Barnaul, 2010.– 283 s.
13. Lunitsyn V.G., Krasnoslobodtsev P.I., Shalina M.N. Instruktziya po bonitirovke maralov s osnovami selektsionno-plemennoi raboty: Rekomendatsii / VNI IPO. – Barnaul, 2006. – 32 s.
14. Lunitsyn V.G. Kharakteristika maralov-rogachei i pervorozhek maralofermy «Pokrovka» FGUP «Novotalitskoe»: sb. nauch. tr. VNI IPO. – Barnaul, 2016. – Т. 9. – S. 42–53.
15. Lunitsyn V.G. Pantovaya produktivnost' maralov-rogachei fermy «Mashenka» FGUP «Novotalitskoe»: sb. nauch. tr. VNI IPO. – Barnaul, 2016. – Т. 9. – S. 94–103.
16. Lunitsyn V.G., Donchenko A.S., Ognev S.I., Frolov N.A. Pantovoe olenevodstvo i bolezni olenei. // VNI IPO. – Barnaul, 2007. – 418 s.
17. Tekhnologiya proizvodstva pantov (nastavlenie). // TsNILPO. – M., 1987. – 120 s.

#### REFERENCES

1. Razmakhnin V.E. Roga pantovykh olenei // Okhota i okhotnich'e khozyaistvo. – 1970. – № 11.– S. 20–21.
2. Mityushev P.V., Lyubimov M.P., Novikov V.K. Pantovoe olenevodstvo i bolezni pantovykh olenei.– M.: Mezhdunarodnaya kniga, 1950. – 240 s.
3. GOST 4227–76. Panty marala i izyubra konservirovannye. Tekhnicheskie usloviya. – M.: Gosudarstvennyi standart Soyuzha SSR, 1976.– 11 s.
4. Galkin V.S. Biologicheskie osnovy povysheniya produktivnosti pantovykh olenei: sb. nauch. tr. TsNILPO. – M., 1982.– Т. 28. – S. 50–57.
5. Galkin V.S., Galkina V.A. Individual'naya izmenchivost' pantov marala: sb. nauch. tr. TsNILPO. – Barnaul, 1979. – S. 35–39.
6. Galkin V.S. Zavisimost' vesa pantov maralov ot dliny shpilek: sb. nauch. tr. NILPO.– Barnaul, 1971.– Вып. 2. – S. 419–422.

## MARAL STAGS AGE-RELATED ANTLER VELVET YIELD AS JUDGING AND CULLING CRITERIA

**V.G. LUNITSIN, Doctor of Veterinary Medicine, Deputy Director for Science**

*Federal Altai Scientific Center of Agro-BioTechnologies  
35, Nauchny Gorodok, Barnaul, Altai territory, 656910, Russia  
e-mail: aniish@mail.ru*

The article presents some results of multi-year research (from 2006 to 2016) into group (n=3934) and individual (n=57) age-related antler velvet yield of stags of Altai-Sayan maral breed. The research was performed at six maral-breeding entities, which are breed livestock farms for Altai-Sayan maral breed and its two types “Shebalinsky” and “Tenginsky”. The age-related velvet weight gain during 10 years and onwards is shown. The maximum age-related gain is reported at the ages of 3 and 4 years old (1.5 and 2 kg respectively). By the start of the rutting time at the age of 6, the age-related velvet gain accounts for 63.2–67.0% depending on the breed line, and at the age of 8-10 years old the velvet yield is stabilized with further decrease. The number of elite breeding strains and first class marals varies at the ages of 4, 6 and 10 years old, depending on objective (rutting time) and subjective (culling) factors, which are not considered in the current judging scale. In order to predict the future yield more accurately, we recommend that culling of marals is done not at the ages of 1.5 years old (young deer) or 2.5 years old (first horns), but at the age of 4 years old following the results of the first three yields (cuttings), which is economically proved, as this period shows the peak of meat and antler velvet yield. Animal management until the age of 4 allows to gain at least 50.0 kg of meat and 5.0 kg of velvet per head additionally. The results of practical work and calculations presented in this work show that the correct assessment of marals is of high priority, as premature slaughter of misjudged animal causes significant losses: during ten years every elite stag yields velvet worth 579.6 thousand roubles, first class stag yields velvet worth 461.2 thousands roubles, second class stag yields velvet worth 385.6 thousand roubles and third class stag yields velvet worth 267.1 thousand roubles.

**Keywords:** maral, antler velvet yield, velvet weight gain, judging criteria, culling.

*Поступила в редакцию 19.02.2018*

## ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА МОЛОКОВЫВЕДЕНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК

**А.Г. КОЛЧЕВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: sibnptij@ngs.ru*

Представлены результаты изучения молочной продуктивности коров-первотелок разной линейной принадлежности. Исследование проведено в 2017 г. в Новосибирской области на 42 голштинизированных животных черно-пестрой породы линий быков Вис Айдиал и Рефлекшн Соверинг в течение 150 дней лактации. Доеение коров проводили на установке «Молокопровод» доильными аппаратами фирмы «Де Лаваль» с изменяемой пульсацией. Контроль молочной продуктивности, интенсивности молокоотдачи, содержания жира и белка выполняли ежемесячно. Наибольший суточный удой коров обеих линий отмечен на 2-й месяц лактации. Показано, что средний суточный удой коров линии Рефлекшн Соверинг на 4-м и 5-м месяцах лактации отмечен выше, чем у животных линии Вис Айдиал, однако достоверных различий в продуктивности коров не обнаружено. На 2-м и 3-м месяцах лактации у коров обеих линий зафиксировано снижение содержания жира, белка и интенсивности молокоотдачи с постепенным повышением этих показателей на 4-м и 5-м месяцах лактации. У коров-первотелок со средним суточным удоом 22,9 кг зафиксировано достоверно большее содержание жира и белка (на 0,98 и 0,40% соответственно) по сравнению с животными с удоом 36,6 кг. С повышением уровня удоя отмечена тенденция к уменьшению латентного периода рефлекса молоковыведения.

**Ключевые слова:** коровы-первотелки, молочная продуктивность, жир и белок молока, интенсивность молокоотдачи, латентный период рефлекса молокоотдачи.

Интенсификация молочного скотоводства предусматривает разработку и внедрение прогрессивной технологии производства молока, комплексной механизации всех трудоемких процессов.

Для повышения молочной продуктивности коров необходимы следующие условия: высокий генетический потенциал молочности, полноценное кормление и качественное доение. Машинное доение коров как заключительный этап процесса производства молока оказывает существенное влияние на продуктивность и состояние здоровья животных, качество молока.

Существующая технология доения коров предусматривает продолжительность преддоильной подготовки вымени на всех установках не менее 40–60 с. Такая продолжительность оказывает стимулирующее влияние на кровообращение в вымени и вызывает реализацию полноценного рефлекса молокоотдачи [1–6].

Рефлекс молоковыведения можно характеризовать по латентному периоду, соотно-

шению порций удоя и остаточного молока и интенсивности молоковыведения [7–9].

Исследование интенсивности молоковыведения представляет интерес для создания биологически обоснованных условий эксплуатации высокопродуктивных коров. Это наследуемый и обязательный признак в селекционной программе. До недавнего времени его включали в комплексную оценку (10 баллов из 100) племенных животных. Но верхняя оцениваемая граница интенсивности молоковыведения составляла 2 кг/мин. Однако на практике довольно часто встречаются особи, выведение молока у которых превышает этот параметр в 2 раза и более [10].

Интенсивность молоковыведения – важный селекционный признак для современных высокопродуктивных стад. Многие исследователи отмечают, что с увеличением удоя коров у них повышается интенсивность молоковыведения. Отбор коров с высокой интенсивностью молоковыведения важен не только для уменьшения произ-

водственных затрат, но и для сокращения воздействия вакуума на вымя в целях предотвращения мастита.

Известно, что при нормальных условиях кормления и содержания коров их удои (по усредненным данным) ежегодно повышаются примерно до шестой лактации [11]. В соответствии с удоями изменяется и средняя интенсивность молоковыведения. Так, в изученной популяции коров бурой латвийской породы средняя интенсивность молоковыведения возросла от 1,26 кг/мин у первотелок до 1,63 кг/мин у коров трех отелов и старше, т. е. на 30% [12–15].

Цель исследования – изучить влияние уровня удоя у высокопродуктивных коров-первотелок разной линейной принадлежности на реализацию рефлекса молокоотдачи и показатели молоковыведения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в 2017 г. в ФГУП «Элитное» Новосибирской области. Объекты исследований – коровы-первотелки голштинизированной черно-пестрой породы линий быков Вис Айдиал и Рефлекшн Соверинг. Исследования проведены на 42 животных в течение 150 дней лактации. Доеение коров проводилось на установке «Молокопровод» доильными аппаратами фирмы «ДеЛаваль» с изменяемой пульсацией. Материалы исследований проанализированы по группам коров в зависимости от линейной принадлежности и продуктивности по разовому и суточному удою, содержанию жира и белка, динамике молоковыведения за первые три минуты доения, латентному периоду рефлекса молокоотдачи, заболеваемости вымени маститами.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ молочной продуктивности коров-первотелок обеих линий за первые 150 дней лактации показал, что максимальный суточный удой отмечен на 2-м месяце лактации (табл. 1). С 3-го месяца лактации начинается постепенное снижение среднего

Таблица 1. Молочная продуктивность коров-первотелок за 150 дней лактации  
Table 1. Milk yield of first-calf cows in 150 days of lactation

Показатель	Месяц лактации												В среднем за 150 дней лактации	
	1		2		3		4		5					
	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг
Суточный удой, кг	29,18±0,237	30,09±0,263	32,21±0,295	31,72±0,298	30,63±0,230	31,07±0,340	29,75±0,212	30,86*±0,284	29,14±0,252	30,16*±0,278	30,18±0,230	30,58±0,251		
Содержание жира, %	3,98±0,061	3,96±0,044	3,71±0,053	3,74±0,070	3,52±0,062	3,49±0,068	3,76±0,0596	3,66±0,112	3,95±0,098	3,86±0,83	3,78±0,042	3,74±0,065		
Содержание белка, %	3,18±0,027	3,24±0,033	3,20±0,042	3,18±0,018	3,15±0,021	3,16±0,020	3,37±0,016	3,29±0,032	3,56±0,024	3,47±0,026	3,29±0,031	3,27±0,029		

\*  $p < 0,01$ .

суточного удоя и к 5-му месяцу продуктивность понизилась до уровня 1-го месяца лактации. Вместе с тем у животных линии Рефлекшн Соверинг спад продуктивности происходит более ровно в отличие от коров линии Вис Айдиал, у которых со 2-го месяца после отела отмечается значительное снижение удоя. К 5-му месяцу лактации коровы линии Рефлекшн Соверинг превосходили своих сверстниц линии Вис Айдиал на 1,02 кг ( $p < 0,001$ ).

Наибольшее содержание жира и белка у животных обеих линий отмечено в 1-й месяц лактации, на 2-м и 3-м месяцах после отела произошло снижение содержания как жира, так и белка.

Постепенное повышение содержания жира и белка отмечено с 4-го месяца лактации.

Интенсивность молокоотдачи у коров обеих линий снизилась во 2-м месяце лак-

тации, однако с 3-го месяца после отела начинается ее увеличение и к 5-му месяцу составила в среднем 2,56 кг/мин.

Для изучения влияния уровня продуктивности показатели молоковыведения коровы были разбиты на 4 группы. В молоке коров со средним суточным удоом 22,9 кг молока содержание жира и белка составило 4,39 и 3,42%, интенсивность молокоотдачи – 2,36 кг/мин. В группах коров с удоом 27,6 и 31,3 кг содержание жира снижается на 0,24 и 0,59% соответственно, содержание белка снижается на 0,07 и 0,31%. Однако отмечается увеличение интенсивности молокоотдачи на 0,08 и 0,3 кг/мин соответственно.

При сравнении показателей молоковыведения групп коров с удоом 22,6 и 36,6 кг отмечено, что при большем удое содержание жира и белка уменьшается на 0,98 и 0,40%. Разность по содержанию жира и белка статистически достоверна при  $p < 0,01$ . В то

Таблица 2. Влияние уровня удоя коров-первотелок на показатели процесса молоковыведения  
Table 2. The effect of the milk yield level of first-calf cows on lactation performance

Показатель	Уровень удоя, кг			
	20–24,9	25–29,9	30–34,9	35–40
Число коров, гол.	12	10	8	12
Средний суточный удой, кг	22,9 ± 0,89	27,6 ± 0,64	31,3 ± 0,72	36,6 ± 0,84
Содержание жира в молоке, %	4,39 ± 0,125	4,15 ± 0,221	3,80 ± 0,360	3,41 ± 0,291
Содержание белка в молоке, %	3,42 ± 0,112	3,35 ± 0,124	3,11 ± 0,166	3,02 ± 0,009
Интенсивность молоковыведения, кг/мин	2,36 ± 0,138	2,44 ± 0,104	2,66 ± 0,135	2,88 ± 0,121
Латентный период рефлекса молокоотдачи, с	52,7 ± 5,04	51,6 ± 4,00	49,3 ± 5,41	42,1 ± 4,93

Таблица 3. Молочная продуктивность и показатели молоковыведения коров-первотелок  
Table 3. Milk yield and lactation performance of first-calf cows

Показатель	Линия	
	Вис Айдиал	Рефлекшн Соверинг
Число коров, гол.	20	22
Продолжительность лактации, дни	150	150
Молочная продуктивность за 150 дней лактации, кг	4526 ± 68,4	4587 ± 61,1
Среднее содержание жира в молоке, %	3,78 ± 0,042	3,74 ± 0,065
Среднее содержание белка в молоке, %	3,29 ± 0,031	3,27 ± 0,029
Латентный период рефлекса молокоотдачи, с	45,1 ± 7,64	44,4 ± 7,69
Интенсивность молокоотдачи, кг/мин	2,60 ± 0,151	2,48 ± 0,128
Степень выдоенности молока, %	за 1 мин	30,6
	за 2 мин	62,6
	за 3 мин	82,4
Величина ручного дооя, мл	91 ± 7,4	102 ± 6,8
Полнота выдаивания молока, %	98,4 ± 8,82	98,1 ± 6,23

же время интенсивность молокоотдачи в группе коров с высоким удоем оказалась на 0,52 кг/мин выше, чем у животных с удоем 22,6 кг (табл. 2). Разность в интенсивности молокоотдачи статистически достоверна при  $p < 0,001$ .

Анализ молочной продуктивности коров-первотелок за 150 дней лактации показал, что от животных линии Рефлекшн Соверинг было получено 4587 кг молока, или на 61 кг больше, чем от их сверстниц линии Вис Айдиал. Однако разница по молочной продуктивности статистически недостоверна (табл. 3).

Показатели молоковыведения у коров обеих линий не имеют существенных различий. Вместе с тем отмечена тенденция к увеличению содержания жира, белка, интенсивности молокоотдачи у коров линии Вис Айдиал по сравнению с коровами линии Рефлекшн Соверинг. Выявлено, что степень выдоенности коров обеих линий за первую и вторую минуты доения максимальная интенсивность молокоотдачи достигала 5 кг/мин. За период исследований заболеваний вымени коров маститами не обнаружено.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ продуктивности коров-первотелок показал, что удои животных линии Рефлекшн Соверинг на 4-м и 5-м месяцах лактации достоверно выше, чем у их сверстниц линии Вис Айдиал. Однако в целом за 150 дней лактации достоверных различий в удое не обнаружено.

Уровень удоя коров-первотелок оказывает значительное влияние на показатели молочной продуктивности. У коров со средним суточным удоем 22,9 кг зарегистрировано достоверно большее содержание жира и белка (на 0,98 и 0,40% соответственно) и меньшая интенсивность молокоотдачи (на 0,52 кг/мин) по сравнению с животными с удоем 36,6 кг. С повышением уровня удоя у коров отмечается тенденция к уменьшению латентного периода рефлекса молокоотдачи.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лусис М.Э.** Физиологические, технологические, экономические аспекты примене-

ния автоматических санпунктов для преддоильной подготовки вымени коров на доильных установках типа «Елочка» // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению с.-х. животных, Таллин. – М., 1983. – Ч. 2. – С. 123–124.

2. **Лусис М.Э., Лаурс А.Р.** Адаптация коров к технологии доения на доильной установке типа «Елочка» с применением станков для санитарной обработки вымени перед доением // VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению с.-х. животных, Таллин. – М., 1983. – С. 165–166.
3. **Грачев И.И., Галанцев В.П.** Физиология лактации с.-х. животных. – М.: Колос, 1974. – 279 с.
4. **Исраилжанов С.И.** Взаимодействие условно и безусловно рефлекторных факторов, стимулирующих и тормозящих моторную функцию молочной железы при машинном доении: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Тарту, 1976. – 21 с.
5. **Тверской Г.Б.** Влияние машинного доения на кровообращение в вымени коров / Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных. – 1988. – № 2. – С. 32–36.
6. **Mousen H., Worstoff H.** Секретция окситоцина и характеристика молокоотдачи у коров при различных способах стимуляции вымени перед доением. – *Milchwissenschaft*, 1985. – С. 40.
7. **Елисеев А.П., Никитин П.И., Александрова Т.Л.** Результаты раздельного изучения первой и второй фаз рефлекса молокоотдачи // Науч. тр. ЛСХИ. – Л., 1979, – Т. 379. – С. 102–108.
8. **Леонов А.Д.** К вопросу регулирования рефлекса молокоотдачи // Сб. науч. тр. МВА, 1978, – Т. 98. – С. 111–112.
9. **Кокорина Э.П.** Особенности рефлекса молокоотдачи у коров с различной подвижностью и уравновешенностью корковых нервных процессов // ДАН СССР, сер. биол., 1956, – Т. 108, № 4. – С. 746–749.
10. **Абылкасымов Д., Чаргеншвили С.В., Журавлева Н.Е., Сударев Н.П.** Анализ показателей продуктивности коров лучшего молочного стада России // Молодой ученый. – 2015. – № 8.3. – С. 1–4.
11. **Назарова Е.В.** Прогнозирование производства молока на ферме и удоев коров // Донская аграрная науч.-практ. конф. «Инновационные пути развития агропромыш-

- ленного комплекса: задачи и перспективы»: Междунар. сб. науч. тр. // Высокоэффективные технологии и технические средства в сельском хозяйстве. – Зеленоград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2012. – С. 222–231.
12. **Гарькавый Ф.Л.** Селекция коров и машинное доение. – М.: Колос, 1974. – 160 с.
  13. **Зеленукин А.З.** Продуктивные и биологические качества черно-пестрого скота при разной кратности доения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Дубровицы, 2011. – 139 с.
  14. **Журавлева Н.Г., Сударев Н.П.** Характеристика продуктивности коров лучшего молочного стада Тверской области // Молочное и мясное скотоводство. – 2016. – № 2. – С. 12–14.
  15. **Латышева О.В.** Влияние генетических и паратипических факторов на молочную продуктивность голштинской породы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Каравеево, Костромская обл., 2017. – 125 с.
- #### REFERENCES
1. **Lusis M.E.** Fiziologicheskie, tekhnologicheskie, ekonomicheskie aspekty primeneniya avtomaticheskikh sanpunktov dlya preddoil'noi podgotovki vymeni korov na doil'nykh ustanovkakh tipa «Elochka» // VI Vsesoyuznyi simpozium po mashinnomu doeniyu s.-kh. zhivotnykh, Tallin. – M., 1983. – Ch. 2. – S. 123–124.
  2. **Lusis M.E., Laurs A.R.** Adaptatsiya korov k tekhnologii doeniya na doil'noi ustanovke tipa «Elochka» s primeneniem stankov dlya sanitarnoi obrabotki vymeni pered doeniem // VI Vsesoyuznyi simpozium po mashinnomu doeniyu s.-kh. zhivotnykh, Tallin. – M., 1983. – S. 165–166.
  3. **Grachev I.I., Galantsev V.P.** Fiziologiya laktatsii s.-kh. zhivotnykh. – M.: Kolos, 1974. – 279 s.
  4. **Israilzhanov S.I.** Vzaimodeistvie uslovno i bezuslovno reflektornykh faktorov, stimuliruyushchikh i tormozyashchikh motornuyu funktsiyu molochnoi zhelezy pri mashinnom doenii: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Tartu, 1976. – 21 s.
  5. **Tverskoi G.B.** Vliyanie mashinnogo doeniya na krovoobrashchenie v vy-meni korov / Byul. VNIIFBiP s.-kh. zhivotnykh. – 1988. – № 2. – S. 32–36.
  6. **Mousen H., Worstoff H.** Sekreysiya oksitotsina i kharakteristika molokootdachi u korov pri razlichnykh sposobakh stimulyatsii vymeni pered doeniem. – Milchwissenschaft, 1985. – S. 40.
  7. **Eliseev A.P., Nikitin P.I., Aleksandrova T.L.** Rezul'taty raz-del'nogo izucheniya pervoi i vtoroi faz refleksa molokootdachi // Nauch. tr. LSKhI. – L., 1979, – T. 379. – S. 102–108.
  8. **Leonov A.D.** K voprosu regulirovaniya refleksa molokootdachi // Sb. Nauch. tr. MVA, 1978, – T. 98. – S. 111–112.
  9. **Kokorina E.P.** Osobennosti refleksa molokootdachi u korov s razlichnoi podvizhnost'yu i uravnoveshennost'yu korkovykh nervnykh protsessov // DAN SSSR ser. biol., 1956, – T. 108, – № 4. – S. 746–749.
  10. **Abylkasymov D., Chargenshvili S.V., Zhuravleva N.E., Sudarev N.P.** Analiz pokazatelei produktivnosti korov luchshego molochnogo stada Rossii // Molodoi uchenyi. – 2015. – № 8.3– S. 1–4.
  11. **Nazarova E.V.** Prognozirovanie proizvodstva moloka na ferme i udoev korov // Donskaya agrarnaya nauch.-prakt. konf. «Innovatsionnye puti razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: zadachi i perspektivy»: Mezhdunar. sb. nauch. tr. // Vysokoeffektivnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva v sel'skom khozyaistve. – Zelenograd: FGBOU VPO AChGAA, 2012. – S. 222–231.
  12. **Gar'kavyi F.L.** Seleksiya korov i mashinnoe doenie. – M.: Kolos, 1974. – 160 s.
  13. **Zelepukin A.Z.** Produktivnye i biologicheskie kachestva cherno-pestrogo skota pri raznoi kratnosti doeniya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Dubrovitsy, 2011. – 139 s.
  14. **Zhuravleva N.G., Sudarev N.P.** Kharakteristika produktivnosti korov luchshego molochnogo stada Tverskoi oblasti // Molochnoe i myasnnoe skotovodstvo. – 2016. – № 2. – S. 12–14.
  15. **Latysheva O.V.** Vliyanie geneticheskikh i paratipicheskikh faktorov na molochnuyu produktivnost' golshtinskoi породы: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Karavaevo, Kostromskaya obl., 2017. – 125 s.

## LACTATION PERFORMANCE OF HIGH-YIELD FIRST-CALF COWS

**A.G. KOLCHEV, Candidate of Science in Agriculture, senior researcher**

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS*

*Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia*

e-mail: sibnptij@ngs.ru

The results are given from the studies on lactation performance of first-calf cows belonging to different sire lines. The research was conducted in 2017 in Novosibirsk region into 42 first-calf cows of black-and-white Holstein breed, belonging to the sire lines of Wis Ideal and Reflection Sovereign, during 150 days of lactation. The pipe-line milking of cows was performed by DeLaval milking machines with adjustable pumping. Monitoring of lactation performance, intensity of milk flow, content of fat and protein was carried out monthly. The largest daily milk yield of cows of both lines was noted in the second month of lactation. In the fourth and fifth months of lactation an average daily milk yield of cows belonging to the Reflection Sovereign line was higher than that of cows of Wis Ideal line. However, in general, there were no significant differences in lactation performance of cows of these lines. In the second and third months of lactation, cows of both lines had a decrease in the content of fat, protein and intensity of milk flow with a gradual increase in these indices in the fourth and fifth months of lactation. First-calf cows with an average daily yield of 22.9 kg of milk had a higher content of fat and protein (by 0.98 and 0.40% respectively) than cows with an average milk yield of 36.6 kg. It was also noted that with the increase in the level of milk yield there was a tendency for the decrease in the latent period of milk ejection reflex.

**Keywords:** first-calf cows, lactation performance, milk yield, content of fat and protein, intensity of milk flow, latent period of milk ejection reflex.

*Поступила в редакцию 22.02.2018*



## ВЛИЯНИЕ АМЛОДИПИНА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭНРОФЛОКСАЦИНУ У *SALMONELLA ENTERICA*\*

**Н.В. ДАВЫДОВА**<sup>1</sup>, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник,  
**В.Н. АФОНЮШКИН**<sup>1,2</sup>, кандидат биологических наук, заведующий сектором,  
**Ю.В. КОЗЛОВА**<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник,  
**М.Л. ФИЛИПЕНКО**<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией,  
**Д.В. ВОЛКОВ**<sup>1</sup>, младший научный сотрудник

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: lisocim@mail.ru

<sup>2</sup>Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН  
630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8,  
e-mail: mfilipenko@gmail.com

Отмечен рост в последние годы числа штаммов сальмонелл, устойчивых к антибиотикам фторхинолонового ряда. Оценена встречаемость сальмонелл, устойчивых к энрофлоксацину, на птицефабриках Российской Федерации в 2007 и 2017 гг. Исследована чувствительность к энрофлоксацину у 23 культур сальмонелл, выделенных в 2007 г., и 15 – изолированных из сельскохозяйственной птицы в 2017 г. Антибиотикорезистентность определяли дискодиффузионным методом в соответствии с общепринятыми требованиями. С 2007 по 2017 г. частота выделения сальмонелл, устойчивых к энрофлоксацину, возросла от 0 до 23,08%. Оценку наличия эффлюкса (активного выведения бактериальной клеткой антимикробных веществ) проводили с использованием классического исследования с бромистым этидием. Установлено, что наличие эффлюкса у культур сальмонелл ассоциировалось с незначимым повышением устойчивости к энрофлоксацину, триметоприму с сульфаметоксазолом и триметоприму с сульфадимезином. Исследовано влияние амлодипина на чувствительность сальмонелл к энрофлоксацину путем культивирования сальмонелл в присутствии различных концентраций амлодипина. Установлено, что удельная доля штаммов сальмонелл, повысивших чувствительность к энрофлоксацину, возроста при одновременном увеличении концентрации амлодипина (корреляция по Пирсону,  $r = 0,9$ ). Введение амлодипина в концентрации 250 мкг/мл в культуры *Salmonella enterica* в присутствии субингибирующих концентраций энрофлоксацина повышало чувствительность к данному антибиотику в 87,5% случаев.

**Ключевые слова:** антибиотикорезистентность, эффлюкс, флюорохинолоны, сальмонелла, бройлеры, амлодипин.

Обеспечение безопасности продуктов питания человека и здоровья животных требует противодействия патогенным микроорганизмам. Без применения антибиотиков это невозможно даже на фоне проблемы устойчивости к ним патогенных бактерий. Необходимость борьбы с антибиотико-резистентными формами бактерий очевидна.

Антибиотико-устойчивые штаммы сальмонелл часто обнаруживаются в пищевых продуктах животного происхождения [1, 2]. Это достаточно серьезная проблема особенно на фоне роста в последние годы числа штаммов сальмонелл, устойчивых к фтор-

хинолонам и цефалоспорином [3–5]. Согласно сообщению NARMS от 2010 г., возросла частота выделения полирезистентных штаммов сальмонелл, например серовара *Typhimurium*, устойчивого к ампициллину, хлорамфениколу, стрептомицину, сульфаметоксазолу/сульфисоксазолу и тетрациклину (ACSSuT), а также сальмонелл серовара *Enteritidis*, устойчивых к налидиксовой кислоте. Серовары *Newport*, *Heidelberg*, *Dublin* также часто характеризуются устойчивостью к антибиотикам различных групп. Среди полирезистентных сальмонелл (более чем к пяти антибиотикам) наиболее часто встречаются

\* Данная работа частично поддержана интеграционным проектом КП ФНИ СО РАН «Микробиом человека и сельскохозяйственных животных. Изучение возможностей коррекции» (задание № 778-2018-0112 и № 0309-2018-011).

сальмонеллы эпидемически значимых сероваров *Typhimurium*, *Heidelberg*, *Dublin*, *Paratyphi B* [6]. Хотя *S. enteritidis* широко распространена у населения, штаммы ее считаются менее резистентными в сравнении с другими сероварами. Механизмы устойчивости сальмонелл к антибиотикам включают ферменты, деградирующие антибиотики (бет-лактамазы), эффлюкс-помпы (системы, обеспечивающие выведение широкого спектра антибиотиков из бактериальной клетки) [7, 8].

По данным исследований [9], некоторые медицинские препараты, являющиеся блокаторами ионных каналов (кальцийзависимых), способны влиять на микроорганизмы путем блокирования эффлюкс-помп, что может повысить чувствительность к некоторым антибиотикам. Амлодипин - 3-Ethyl-5-methyl-2-[(2-aminoethoxy)methyl]-4-(2-chlorophenyl)-1,4-dihydro-6-methyl-3,5-pyridinedicarboxylate – блокатор ионных каналов (кальцийзависимых) – широко используется в кардиологии [10].

Цель исследования – изучить активность амлодипина в отношении моделирования устойчивости сальмонелл к энрофлоксацину.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сальмонелл выделяли из проб печени и кишечника у цыплят-бройлеров по общепринятым методам изоляции. Использовали следующие питательные среды: XLT4, RVS-бульон, висмут-сульфит агар. Идентификацию до вида проводили с применением биохимических тестов (ПБДЭ – пластина для биохимической дифференциации энтеробактерий ООО «Диагностические системы», Нижний Новгород). Также сальмонелл тестировали методом ПЦР в режиме реального времени с использованием видоспецифичных праймеров и Taqman-зонда [11].

Антибиотикорезистентность определяли дискодиффузионным методом в соответствии с общепринятыми требованиями [12].

Антибиотикочувствительность сальмонелл к энрофлоксацину изучали методом серийных разведений. Интерпретацию результатов определения чувствительности к антибиотикам проводили с использованием

критериев Европейского комитета по оценке антибиотикочувствительности (EUCAST) 2012 г. [13].

Тестировали 15 культур сальмонелл (два изолята *S. typhimurium*, остальные относились к серотипу *Enteritidis*), изолированных из сельскохозяйственной птицы в 2017 г. Оценку наличия эффлюкса проводили с использованием классического теста с бромистым этидием [14, 15]. Сущность метода заключалась в посеве культур сальмонелл в виде штрихов на Eugonic-агар с бромистым этидием (1 мг/л). Через 16, 24 и 48 ч культивирования культуры просматривали с помощью трансиллюминатора. При отсутствии эффлюкса бромистый этидий попадал в бактериальную клетку и его комплекс с ДНК светился в ультрафиолетовых лучах. При наличии эффлюкса флюоресценция культур отсутствовала.

Тестирование на наличие эффлюкса путем выявления ингибирующего эффекта в присутствии амлодипина проводили следующим образом.

Культуры сальмонелл предварительно тестировали на чувствительность к энрофлоксацину методом серийных разведений. Энрофлоксацин разводили в LB бульоне в субингибирующих концентрациях – ниже минимальной ингибирующей концентрации в 2 раза. Далее в среде разводили амлодипин в концентрациях от 250 до 2 мкг/мл (с шагом 1 : 2). Затем проводили посев сальмонелл, включая контроль стерильности и отсутствия токсического эффекта амлодипина. Оценивали удельную долю культур, выросших в присутствии субингибирующих концентраций энрофлоксацина.

Выборка сальмонелл, выделенных в 2007 г., состояла из 23 культур, полученных из сельскохозяйственной птицы на девяти птицефабриках Сибирского региона. В 2017 г. сальмонеллы выделяли от птицы 10 птицефабрик Белгородской, Тюменской, Кемеровской, Новосибирской областей. Выборка включала 20 культур.

Статистическую достоверность различий определяли по Манну – Уитни, уровень статистической значимости рассчитывали согласно Sheskin [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим данным, в 2015–2017 гг. резко возросло количество полирезистентных штаммов сальмонелл. Устойчивость наблюдали к антибиотикам лактамного ряда, фторхинолонам (табл. 1), доксициклину – наиболее активно применяемым в птицеводстве антибиотикам. Как следует из табл. 1, частота изоляции устойчивых к энрофлоксацину культур сальмонелл на птицефабриках РФ увеличилась от 0 до 23,08%. Изолятов с промежуточной чувствительностью выделено в 2017 г. в 2,6 раза больше, чем в 2007 г.

Как правило, полирезистентность сальмонелл и кишечной палочки фиксировали одновременно на одних и тех же птицефабриках. Чаще всего такие культуры начинали выделять на фоне попыток полного отказа от антибиотикопрофилактики (например, на родительских стадах кур). Также обращало на себя внимание наличие индуцибельности такой полирезистентности – восстановление антибиотикочувствительности культур после серии пассажей. Была выдвинута гипотеза о широком распространении штаммов сальмонелл с активированными системами эффлюкса.

Таблица 1. Встречаемость штаммов сальмонелл, устойчивых к энрофлоксацину, в 2007 и 2017 гг, %

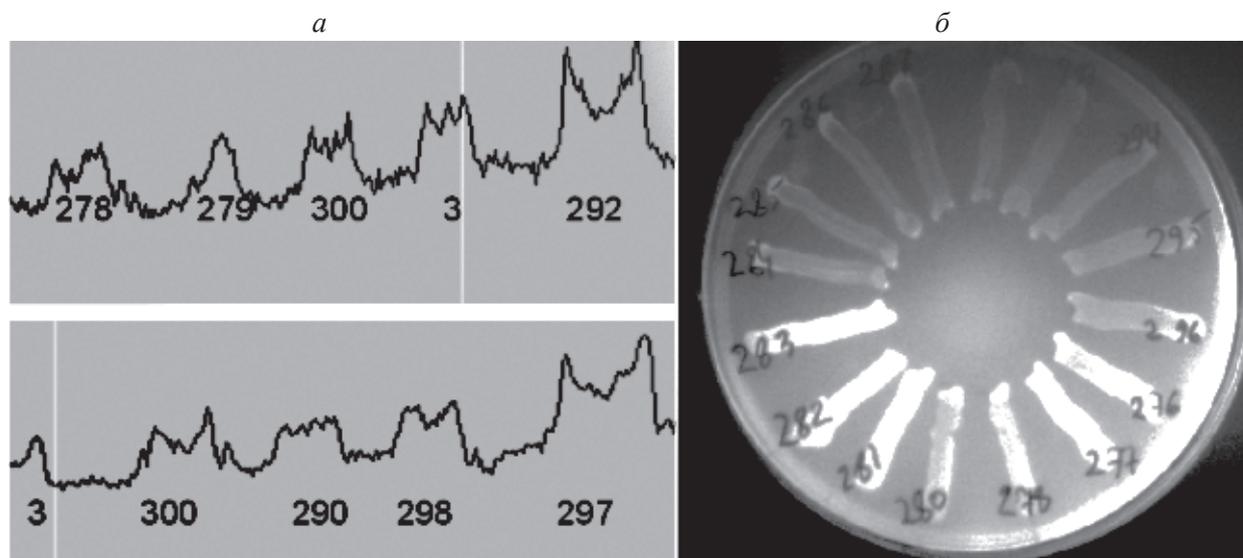
Table 1. Occurrence of salmonella strains resistant to enrofloxacin in 2007 and in 2017, %

Год	Число выделенных изолятов	Устойчивые	С промежуточной чувствительностью	Чувствительные
2017	13	23,08	30,8	46,2
2007	23	0	80	20

В исследовании эффлюкса с бромистым этидием установлено наличие эффлюкса у 53,3% протестированных изолятов. У 33,3% изолятов сальмонелл эффлюкс отсутствовал, 13,3% культур охарактеризованы как сомнительные (см. рисунок).

Наличие эффлюкса сопровождалось статистически значимым уменьшением размеров зон задержки роста в присутствии сульфаниламидов и статистически незначимым снижением чувствительности к энрофлоксацину (табл. 2).

Стандартный тест для выявления эффлюкса с бромистым этидием характеризовался низкой воспроизводимостью (в трех случаях из 20 результаты не воспроизвелись). Это может быть обусловлено как не-



Оценка эффлюкса у культур сальмонелл в тесте с бромистым этидием:

*a* – результаты денситометрии культур в присутствии бромистого этидия;

*b* – флюоресценция культур сальмонелл в присутствии бромистого этидия

Evaluation of the efflux of salmonella cultures in the test with ethidium bromide:

*a* – densitometry results of cultures in the presence of ethidium bromide

*b* – fluorescence of salmonella cultures in the presence of ethidium bromide

Таблица 2. Антибиотикочувствительность сальмонелл с эффлюксом и без эффлюкса (зоны задержки роста) ( $n = 20$ ), мм

Table 2. *Salmonella* sensitivity to antibiotics with efflux and without efflux (growth inhibition zones) ( $n = 20$ ), mm

Антибиотик	Наличие эффлюкса		Отсутствие эффлюкса	
	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$
Триметоприм/ Сульфаметоксазол	$16,36 \pm 2,59^*$	35,46	$21,6 \pm 0,74$	7,74
Фуразолидон	$19,55 \pm 2,81$	32,2	$18,8 \pm 2,24$	26,7
Энрофлоксацин	$16,15 \pm 6,0$	84,45	$24,8 \pm 1,02$	9,19
Триметоприм/ сульфадимезин	$4,2 \pm 4,59^{**}$	244,7	$22,4 \pm 2,31$	23,11

\* $p < 0,05$ .  
\*\* $p < 0,01$ .

регулярной активацией эффлюкса у культур сальмонелл, так и субъективностью оценки результатов.

Для определения наиболее оптимальной концентрации амлодипина мы предварительно протестировали коллекцию штаммов сальмонелл на устойчивость к энрофлоксацину методом серийных разведений. Определив минимальные ингибирующие дозы энрофлоксацина для каждой культуры, посеяли эти культуры на среды, содержащие энрофлоксацин в субингибирующей концентрации.

Удельная доля штаммов сальмонелл, повысивших чувствительность к энрофлоксацину, повышалась при увеличении концентрации амлодипина (корреляция по Пирсону,  $r = 0,9$ ) (табл. 3). Однако наблюдалась нелинейная зависимость в диапазоне концентраций амлодипина 7,8–2,0 мкг/мл. Из 16 культур сальмонелл при всех его концентрациях две росли, три – нет (в присутствии субингибирующих концентраций энрофлоксацина). Таким образом, 87,5% культур сальмонелл повышали чувствительность к энрофлоксацину в присутствии ингибитора эффлюкса амлодипина.

Для тестирования эффлюкса следует использовать концентрации амлодипина 250 мкг/мл.

Несмотря на широкое клиническое использование фторхинолонов, резистентность к ним у сальмонелл встречается реже, чем к другим антибиотикам [17–19]. В геноме *S. typhimurium* найдено пять эффлюкс-

сных систем, повышенная экспрессия которых способствует эффективному выведению фторхинолонов [20]. Все более распространенной в последние годы становится плазмидоопосредованная резистентность к хинолонам [21]. Лучше всего описаны плазмидные Qnp белки, которые непосредственно взаимодействуют с комплексом ДНК и ДНК-гиразы или ДНК и топоизомеразы IV, препятствуя их связыванию с фторхинолонами [22, 23]. Другой ген, встречающийся в плаزمиде –  $aac(6')-Ib-cr$ , кодирует вариант фермента аминогликозид-ацетилтрансферазы, который способен инактивировать

Таблица 3. Рост культур *Salmonella enterica* на среде с субингибирующими концентрациями энрофлоксацина в присутствии различных концентраций амлодипина ( $n = 16$ )

Table 3. The growth of cultures *Salmonella enterica* in the medium with subinhibitory concentrations of enrofloxacin in the presence of different concentrations of amlodipine ( $n = 16$ )

Концентрация амлодипина, мкг/мл	Количество штаммов сальмонелл, выросших в присутствии субингибирующих доз энрофлоксацина, %
250,0	12,5
125,0	31,3
62,5	37,5
31,3	50
15,6	62,5
7,8	75
3,9	62,5
2,0	43,8

ципрофлоксацин посредством его ацетилирования. Кроме того, описанные ранее как хромосомные гены систем эффлюкса OqxAB и QerA, также найдены на плазмидах [21]. Перечисленные выше механизмы обеспечивают небольшое повышение МПК хинолонов, но могут дополнять мутации гена-мишени, что позволяет достичь высокого уровня резистентности [21]. Данные, полученные нами, не противоречат результатам в других странах и позволяют утверждать, что эффлюкс – один из наиболее распространенных механизмов устойчивости сальмонелл, выделяемых у кур в РФ, к фторхинолонам.

Немецкими исследователями обнаружен эффект сочетанного повышения MIC хлорамфеникола и фторхинолонов в процессе селекции генномодифицированных сальмонелл, содержащих клоны с соответствующими генами эффлюкс-помп и их регуляторами, под воздействием фторхинолонов [24, 25].

Таким образом, с 2007 по 2017 г. частота выделения сальмонелл, устойчивых к энрофлоксацину, возросла от 0 до 23,08%. При этом обращает на себя внимание наличие такого фактора мультирезистентности, как эффлюкс, у 53,3% протестированных штаммов в тесте с бромистым этидием и 87,5% культур в тесте с амлодипином. Расхождение результатов в этих двух тестах может быть обусловлено большей чувствительностью теста с амлодипином. При ингибировании эффлюкс-помпы в присутствии антибиотика можно с большей уверенностью интерпретировать, что факт гибели бактериальных клеток произошел под действием антибактериального агента. Следовательно, можно сделать вывод, что причина повышения чувствительности бактерий к антибиотикам – эффлюкс.

Тест с бромистым этидием не подразумевает использования антибиотика и соответственно индукции работы эффлюкс-помпы. Очевидно, что выведение бромистого этидия из бактериальной клетки в данном тесте возможно при условии наличия конституциональной экспрессии генов эффлюкс-помпы. В тесте с амлодипином мы исполь-

зовали субингибирующие концентрации энрофлоксацина, индивидуально подобранные для каждой культуры. В связи с изложенным выше активность эффлюкс-систем в тесте с бромистым этидием выявляется при наличии конституционально активной эффлюкс-помпы, а в тесте с амлодипином введение энрофлоксацина в культуру должно обеспечивать индукцию механизмов антибиотикорезистентности. Также больший процент культур, рост которых подавлялся в присутствии амлодипина и субингибирующих концентраций энрофлоксацина, позволяет утверждать об активности эффлюкс-систем у 87,5% культур, но их разной эффективности в отношении устойчивости к энрофлоксацину.

Введение амлодипина в концентрации 250 мкг/мл в культуры *Salmonella enterica* в присутствии субингибирующих концентраций энрофлоксацина повышало чувствительность к энрофлоксацину в 87,5% случаев.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена низкая воспроизводимость эффлюкса, исследованного с помощью стандартного теста с бромистым этидием, что может свидетельствовать о нерегулярной или периодической активации эффлюкса у культур сальмонелл.

2. Введение ингибитора эффлюкса амлодипина в культуры *Salmonella enterica* в присутствии субингибирующих концентраций энрофлоксацина повышало чувствительность к антибиотикам в 87,5% случаев.

3. У сальмонелл, у которых обнаружен эффлюкс, наблюдали достоверно низкую чувствительность к триметоприму с сульфаметоксазолом или сульфадимезином и недостоверно меньшую чувствительность к энрофлоксацину в сравнении с изолятами, не имеющими эффлюкс-систем.

4. Наличие эффлюкса у 69,6% изолятов *Salmonella enterica*, выявленного в опытах с амлодипином, может быть вызвано нарастающим в последние годы снижением чувствительности к антимикробным препаратам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Афонюшкин В.Н., Дударева Е.В., Малахеева Л.И., Фролова О.В., Шкред О.В., Филиппенко М.Л.** Современные методы контроля сальмонеллеза // Птицеводство – 2008. – № 9. – С. 43–44.
2. **Swartz M.N.** Human diseases caused by foodborne pathogens of animal origin. // Clinical Infectious Diseases. – 2002. – Vol. 34, N 3. – S. 111–122. doi: 10.1086/340248.
3. **Su L.-H., Chiu C.-H., Chu C., Ou J.T.** Antimicrobial resistance in nontyphoid *Salmonella* serotypes: a global challenge // Clinical Infectious Diseases. – 2004. – Vol. 39, N 4. S. 546–551. DOI: 10.1086/422726.
4. **Rajashekara G., Haverly E., Halvorson D.A., Ferris K.E., Lauer D.C., Nagaraja K.V.** Multidrug-resistant *Salmonella* typhimurium DT104 in poultry // J. of Food Protection. – 2000. – Vol. 63, N 2. – S. 155–161.
5. **Davis M.A., Hancock D.D., Besser T.E.** Multiresistant clones of *Salmonella enterica*: the importance of dissemination // The J/ of Laboratory and Clinical Medicine. – 2002. – Vol. 140, N 3. – S. 135–141. DOI: 10.1067/mlc.2002.126411.
6. **Martin L. J., Fyfe M., Dorÿ K. et al.** Increased burden of illness associated with antimicrobial-resistant *Salmonella enterica* serotype Typhimurium infections // The J. of Infectious Diseases. – 2004. – Vol. 189, N 3. – S. 377–384. DOI: 10.1086/381270.
7. **Jensen A.N., Hoorfar J.** Immediate differentiation of *Salmonella*-resembling colonies on brilliant green agar // J. of Rapid Methods and Automation in Microbiology. – 2000. – Vol. 8, N 3. – S. 219–225. DOI: 10.1111/j.1745-4581.2000.tb00219.x.
8. **Sefton A.M.** Mechanisms of antimicrobial resistance // Drugs. – 2002. – Vol. 62, N 4. – P. 557–566. DOI: 10.2165/00003495-200262040-00001.
9. **Foley S.L., Lynne A.M.** Food animal-associated *Salmonella* challenges: pathogenicity and antimicrobial resistance // J. of Animal Science. – 2008. – Vol. 86(14). – P. 173–187.
10. **Hamilton G., Theyer G., Baumgartner G.** Calcium antagonists as modulators of multidrug resistant tumor cells // Wien Med Wochenschr. – 1993. – Vol. 143. – N 19–20. – S. 526–532.
11. **Machado D., Pires J., Perdigo I., Couto I., Portugal M., Martins L., Amaral E., Anes and M.** Viveiros Ion Channel Blockers as Antimicrobial Agents, Efflux Inhibitors, and Enhancers of Macrophage Killing Activity against Drug Resistant Mycobacterium tuberculosis // PLoS One. – 2016. – Vol. 11, N 2. CLSI Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; 21st informational supplement. – 2011. – N 31. – 165 s.
13. **EUCAST** Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 2.0. – 2012. – S. 1–73.
14. **Martins M., Santos B., Martins A.** An instrument-free method for the demonstration of efflux pump activity of bacteria // In Vivo. – 2006. – Vol. 20, S. 657–664.
15. **Martins M., Viveiros M., Couto I.** Identification of efflux pump-mediated multidrug-resistant bacteria by the ethidium bromide-agar cartwheel method // In Vivo. – 2011. – Vol. 25. – S. 171–178.
16. **Sheskin D.J.** Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. /3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: Chapman & Hall // CRC. – 2004. – P. 542.
17. **Bouchrif B., Paglietti B., Murgia M. et al.** Prevalence and antibiotic-resistance of *Salmonella* isolated from food in Morocco // J. Infect Dev Ctries. – 2009. – Vol. 3, N 1. – S. 35–40.
18. **Herikstad H., Hayes P., Mokhtar M., Fracaro M.L., Threlfall E.J., Angulo F.J.** Emerging quinolone-resistant *Salmonella* in the United States // Emerg Infect Dis. – 1997. – Vol. 3, N 3. – S. 371–372.
19. **Medalla F., Sjolund-Karlsson M., Shin S. et al.** Ciprofloxacin-resistant *Salmonella enterica* serotype Typhi, United States, 1999–2008 // Emerg Infect Dis. – 2011. – Vol. 17. – N 6. – S. 1095–1098.
20. **Nishino K., Latifi T., Groisman E.A.** Virulence and drug resistance roles of multidrug efflux systems of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium // Mol Microbiol. – 2006. – Vol. 59, N 1. – S. 126–141.
21. **Strahilevitz J., Jacoby G.A., Hooper D.C., Robicsek A.** Plasmid-mediated quinolone resistance: a multifaceted threat // Clin Microbiol Rev. – 2009. – Vol. 22, N 4. – S. 664–689.
22. **Martinez-Martinez L., Eliecer Cano M., Manuel Rodriguez-Martinez J., Calvo J., Pascual A.** Plasmidmediated quinolone resistance // Expert Rev Anti Infect Ther. – 2008. – Vol. 6, N 5. – S. 685–711.

23. **Martinez-Martinez L., Pascual A., Jacoby G.A.** Quinolone resistance from a transferable plasmid // *Lancet*. – 1998. – Vol. 351, N 9. – S. 797–799.
24. **Schmidt S., Heisig P.** Development of multidrug efflux mediated fluoroquinolone resistance in *Salmonella* Hadar: Poster. 17<sup>th</sup> European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. – München, 2007.
25. **Schmidt S., Heisig P.** Potential of fluoroquinolones to induce the expression of the *acrAB* efflux pump and the global regulator *marA* in *Salmonella* Hadar.: Vortrag. 16<sup>th</sup> European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. – Nizza, Frankreich, 2006.
- Vol. 8, N 3. – S. 219–225. doi: 10.1111/j.1745-4581.2000.tb00219.x.
8. **Sefton A.M.** Mechanisms of antimicrobial resistance // *Drugs*. – 2002. – Vol. 62. – N 4. – P. 557–566. doi: 10.2165/00003495-200262040-00001.
9. **Foley S.L., Lynne A.M.** Food animal-associated *Salmonella* challenges: pathogenicity and antimicrobial resistance // *J. of Animal Science*. – 2008. – Vol. 86(14). – P. 173–187.
10. **Hamilton G., Theyer G., Baumgartner G.** Calcium antagonists as modulators of multidrug resistant tumor cells // *Wien Med Wochenschr*. – 1993. – Vol. 143, N 19–20. – S. 526–532.
11. **Machado D., Pires J., Perdigo I., Couto I., Portugal M., Martins L., Amaral E., Anes and M.** Viveiros Ion Channel Blockers as Antimicrobial Agents, Efflux Inhibitors, and Enhancers of Macrophage Killing Activity against Drug Resistant *Mycobacterium tuberculosis* // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11. – N 2.
12. **CLSI** Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; 21st informational supplement. – 2011. – N 31. – 165 s.
13. **EUCAST** Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 2.0. – 2012. – S. 1–73.
14. **Martins M., Santos B., Martins A.** An instrument-free method for the demonstration of efflux pump activity of bacteria // *In Vivo*. – 2006. – Vol. 20. – S. 657–664.
15. **Martins M., Viveiros M., Couto I.** Identification of efflux pump-mediated multidrug-resistant bacteria by the ethidium bromide-agar cartwheel method // *In Vivo*. – 2011. – Vol. 25. – S. 171–178.
16. **Sheskin D.J.** Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. /3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: Chapman & Hall // CRC. – 2004. – P. 542.
17. **Bouchrif B., Paglietti B., Murgia M. et al.** Prevalence and antibiotic-resistance of *Salmonella* isolated from food in Morocco // *J. Infect Dev Ctries*. – 2009. – Vol. 3, N 1. – S. 35–40.
18. **Herikstad H., Hayes P., Mokhtar M., Fracaro M.L., Threlfall E.J., Angulo F.J.** Emerging quinolone-resistant *Salmonella* in the United States // *Emerg Infect Dis*. – 1997. – Vol. 3, N 3. – S. 371–372.
19. **Medalla F., Sjolund-Karlsson M., Shin S. et al.** Ciprofloxacin-resistant *Salmonella en-*

#### REFERENCES

1. **Afonyushkin V.N., Dudareva E.V., Malakheeva L.I., Frolova O.V., Shkred O.V., Filippenko M.L.** Sovremennye metody kontrolya sal'monelleza // *Ptitsevodstvo* – 2008. – № 9. – S. 43–44.
2. **Swartz M.N.** Human diseases caused by foodborne pathogens of animal origin. *Clinical Infectious Diseases*. – 2002. – Vol. 34, N 3. – S. 111–122. doi: 10.1086/340248.
3. **Su L.-H., Chiu C.-H., Chu C., Ou J.T.** Antimicrobial resistance in nontyphoid *Salmonella* serotypes: a global challenge // *Clinical Infectious Diseases*. – 2004. – Vol. 39, N 4. S. 546–551. doi: 10.1086/422726.
4. **Rajashekara G., Haverly E., Halvorson D.A., Ferris K.E., Lauer D.C., Nagaraja K.V.** Multidrug-resistant *Salmonella* typhimurium DT104 in poultry // *J. of Food Protection*. – 2000. – Vol. 63, N 2. – S. 155–161.
5. **Davis M.A., Hancock D.D., Besser T.E.** Multiresistant clones of *Salmonella enterica*: the importance of dissemination // *The J/ of Laboratory and Clinical Medicine*. – 2002 – Vol. 140, N 3. – S. 135–141. doi: 10.1067/mlc.2002.126411.
6. **Martin L. J., Fyfe M., Dorÿ K. et al.** Increased burden of illness associated with antimicrobial-resistant *Salmonella enterica* serotype Typhimurium infections // *The J. of Infectious Diseases*. – 2004. – Vol. 189, N 3. – S. 377–384. doi: 10.1086/381270.
7. **Jensen A.N., Hoorfar J.** Immediate differentiation of *Salmonella*-resembling colonies on brilliant green agar // *J. of Rapid Methods and Automation in Microbiology*. – 2000. –

- terica* serotype Typhi, United States, 1999–2008 // *Emerg Infect Dis.* – 2011. – Vol. 17, N 6. – S. 1095–1098.
20. **Nishino K., Latifi T., Groisman E.A.** Virulence and drug resistance roles of multidrug efflux systems of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium // *Mol Microbiol.* – 2006. – Vol. 59, N 1. – S. 126–141.
  21. **Strahilevitz J., Jacoby G.A., Hooper D.C., Robicsek A.** Plasmid-mediated quinolone resistance: a multifaceted threat // *Clin Microbiol Rev.* – 2009. – Vol. 22, N 4. – S. 664–689.
  22. **Martinez-Martinez L., Eliecer Cano M., Manuel Rodriguez-Martinez J., Calvo J., Pascual A.** Plasmidmediated quinolone resistance // *Expert Rev Anti Infect Ther.* – 2008. – Vol. 6, N. 5. – S. 685–711.
  23. **Martinez-Martinez L., Pascual A., Jacoby G.A.** Quinolone resistance from a transferable plasmid // *Lancet.* – 1998. – Vol. 351, N 9. – S. 797–799.
  24. **Schmidt S., Heisig P.** Development of multidrug efflux mediated fluoroquinolone resistance in *Salmonella* Hadar: Poster. 17<sup>th</sup> European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. – Мюнхен, 2007.
  25. **Schmidt S., Heisig P.** Potential of fluoroquinolones to induce the expression of the *acrAB* efflux pump and the global regulator *marA* in *Salmonella* Hadar.: Vortrag. 16<sup>th</sup> European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. – Nizza, Frankreich, 2006.

### INFLUENCE OF AMLODIPINE ON RESISTANCE TO ENROFLOXACINE IN *SALMONELLA ENTERICA*

**N.V. DAVYDOVA**<sup>1</sup>, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher,  
**V.N. AFONYUSHKIN**<sup>1,2</sup>, Candidate of Biological Sciences, Head of the Sector,  
**Yu.V. KOZLOVA**<sup>2</sup>, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher,  
**M.L. FILIPENKO**<sup>2</sup>, Candidate of Biological Sciences, Head of Laboratory,  
**VOLKOV D.V.**<sup>1</sup>, Junior Researcher

<sup>1</sup> *Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, RAS,  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia  
e-mail: lisocim@mail.ru*

<sup>2</sup> *Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine  
of the Siberian Branch RAS,  
8 Lavrentieva ave, Novosibirsk, 630090, Russia,  
e-mail: mfilipenko@gmail.com*

In recent years, there has been an increase in the number of strains of salmonellae resistant to antibiotics of fluoroquinolone series. The occurrence of *Salmonella* resistant to enrofloxacin was assessed at poultry farms of the Russian Federation in 2007 and 2017. In 2007 sensitivity of 23 salmonella cultures to enrofloxacin was studied and in 2017 the same study was done with 15 salmonella cultures isolated from agricultural birds. Antibiotic resistance was determined by the disc-diffusion method in compliance with the generally accepted requirements. From 2007 to 2017 the frequency of salmonella isolation resistant to enrofloxacin increased from 0 to 23.08%. Evaluation of the efflux (active removal of antimicrobial substances by a bacterial cell) was carried out using a classical test with ethidium bromide. It was established that the presence of efflux in *Salmonella* cultures was associated with an insignificant increase in resistance to enrofloxacin, trimethoprim with sulfamethoxazole and trimethoprim with sulfadimezine. The effect of amlodipine on the sensitivity of salmonella to enrofloxacin was evaluated by cultivation of *Salmonella* in the presence of various concentrations of amlodipine. It was revealed that the specific proportion of strains of salmonella with higher sensitivity to enrofloxacin increased with the simultaneous rise in concentrations of amlodipine (Pearson correlation,  $r = 0.9$ ). Administration of amlodipine in concentration of 250 µg/ml to *Salmonella enterica* cultures, in the presence of subinhibitory concentrations of enrofloxacin, increased their sensitivity to enrofloxacin in 87.5% of cases.

**Keywords:** antibiotic resistance, efflux, fluoroquinolones, salmonella, broilers, amlodipine

*Поступила в редакцию 04.02.2018*



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-9

УДК 631.554:631.171

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БОЛЬШЕГРУЗНОГО ПРИЦЕПА-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ

**В.В. ТИХОНОВСКИЙ**, кандидат технических наук, доцент,  
**Ю.Н. БЛЫНСКИЙ**, доктор технических наук, профессор,  
**Ю.А. ГУСЬКОВ**, доктор технических наук, заведующий кафедрой,  
**К.В. ТИХОНОВСКАЯ**, магистрант

*Новосибирский государственный аграрный университет  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160  
e-mail: vitalad@ya.ru*

Определены пути повышения производительности уборочно-транспортной системы на уборке зерновых культур за счет применения средств позиционирования и мониторинга машин на поле. Исследования проведены в условиях сельскохозяйственных предприятий лесостепной зоны Новосибирской области с 2007 по 2017 г. на протяжении 11 уборочных периодов. Урожайность зерновых составляла до 4,2 т/га, расстояние перевозок до 25 км. С учетом особенностей уборочно-транспортной системы, связанных с удаленностью полей, времени переезда от одного комбайна к следующему, выгрузки комбайна и большегрузного прицепа-перегрузателя представлено выражение определения времени цикла прицепа для перегрузочной схемы транспортного обслуживания с применением средств позиционирования и мониторинга. Установлено, что при выполнении уборочно-транспортных операций по перегрузочной схеме с применением систем позиционирования и мониторинга технических средств и вводе большегрузного прицепа-перегрузателя при расстоянии перевозок более 12 км и урожайности более 2 т/га простои уборочных машин и транспортных средств снижаются. Потребность в транспортных средствах сокращается; производительность высокопроизводительных комбайнов повышается на 10–25%; коэффициент поточности  $\varepsilon = 0,92$ , производительность уборочно-транспортной системы в целом повышается на 9–18%.

**Ключевые слова:** высокопроизводительные комбайны, уборочно-транспортная система, большегрузный прицеп-перегрузатель, магистральная автопоезд, позиционирование и мониторинг.

В настоящее время формирование комплексов машин для уборки зерновых происходит с учетом оснащения предприятий высокопроизводительными комбайнами (УМ), что предъявляет повышенные требования к их транспортному обслуживанию. Для решения данной задачи и исключения переуплотнения почвы в странах Западной Европы и Америки широко применяют перегрузочные технологии с включением в состав комплекса машин большегрузных прицепов-перегрузателей [1–5].

Ряд крупных фирм – производителей сельскохозяйственной техники в США, Канаде, Германии, России, Польше и в других

странах – выпускают для сельского хозяйства универсальные большегрузные прицепы-перегрузатели, оборудованные напольным транспортером и выгрузным шнеком и оснащенные широкопрофильными шинами низкого давления.

При использовании уборочно-транспортных систем (УТС) в едином технологическом процессе для достижения максимального эффекта необходимо соблюдать условие поточности [6–8]. Однако, как показывает производственная эксплуатация различных УТС, возникает ряд проблем, связанных с взаимной увязкой производительности отдельных звеньев системы, что приводит к

появлению значительных взаимообусловленных простоев машин. Эти проблемы можно разрешить за счет использования на поле в уборочно-транспортной системе специальных большегрузных прицепов-перегрузжателей (БПП) [6–10].

Функционирование машин при данной схеме обслуживания заключается в следующем: на поле прокладывают разгрузочные магистрали (РМ), а большегрузные прицепы-перегрузжатели собирают зерно от уборочных машин и перемещают его на край поля или разгрузочную магистраль и перегружают в магистральные автопоезда (МА). Если в процессе загрузки магистрального автопоезда к нему подходит комбайн с полным бункером, то он разгружается непосредственно в МА, минуя большегрузные прицепы-перегрузжатели. В исследованиях В.И. Анискина [6] отмечено, что данная технология позволила снизить простои комбайнов в ожидании выгрузки, а также в 1,5 раза повысить производительность автотранспорта. При этом рассматривался прицеп-перегрузжатель грузоподъемностью 8 т, а прокладку рабочей магистрали осуществляли в зависимости от наполняемости бункера высокопроизводительных комбайнов. В работе А.Ю. Измайлова [11] отмечено, что при перевозке урожая автопоездами их простои в ожидании загрузки составляли до 30% времени смены.

Таким образом, до настоящего времени транспортное обслуживание с использованием большегрузных прицепов-перегрузжателей рассмотрено недостаточно и имеет неоднозначную оценку. В связи с этим для подтверждения или опровержения гипотезы о возможности повышения производительности системы за счет использования большегрузных прицепов-перегрузжателей необходимо исследовать данный вопрос с учетом современных подходов и соответствующего оснащения сельскохозяйственного производства. При получении положительного результата определить рациональные условия их применения.

При увеличении расстояния перевозок и использовании высокопроизводительных

комбайнов для обеспечения их бесперебойной работы необходимо применять значительное число магистральных автопоездов, что ведет к простоям последних [6, 8, 12]. Увеличение продолжительности операций приводит к уменьшению эффективности использования как уборочных машин, так и транспортных средств. Таким образом, для исключения простоев комбайнов в ожидании разгрузки и повышения их производительности [5, 13, 14] следует в уборочно-транспортный процесс включить большегрузный прицеп-перегрузжатель [12, 15], который позволит обеспечить устойчивую работу системы путем разделения операций на уборочные, сборочные и транспортные.

УТС можно представить как сложную систему массового обслуживания с поступлением заявок двух типов. Заявки первого типа (высокопроизводительные комбайны) обладают абсолютным приоритетом перед заявками второго типа (магистральными автопоездами). Для данного потока наиболее приемлема система массового обслуживания со смешанным поступлением заявок, когда большегрузные прицепы-перегрузжатели обслуживают высокопроизводительные комбайны, поступающие в систему с параметром  $\lambda_1$ , и магистральные автопоезда, поступающие с параметром  $\lambda_2$ .

Рассмотрим случай функционирования одноканальной системы массового обслуживания (СМО), в которую поступает поток высокопроизводительных комбайнов с заполненными бункерами и магистральных автопоездов с порожними кузовами (рис. 1). Особенность потоков в том, что магистральные автопоезда, застав все комбайны за работой или в состоянии обслуживания, становятся в очередь. Пусть большегрузные прицепы-перегрузжатели обслуживают комбайны, а когда все комбайны еще работают, БПП обслуживают магистральные автопоезда. При заполнении бункера хотя бы у одного комбайна прицепы-перегрузжатели начинают обслуживать его, заканчивая погрузку магистральных автопоездов.

Время обслуживания высокопроизводительных комбайнов (УМ) и магистраль-

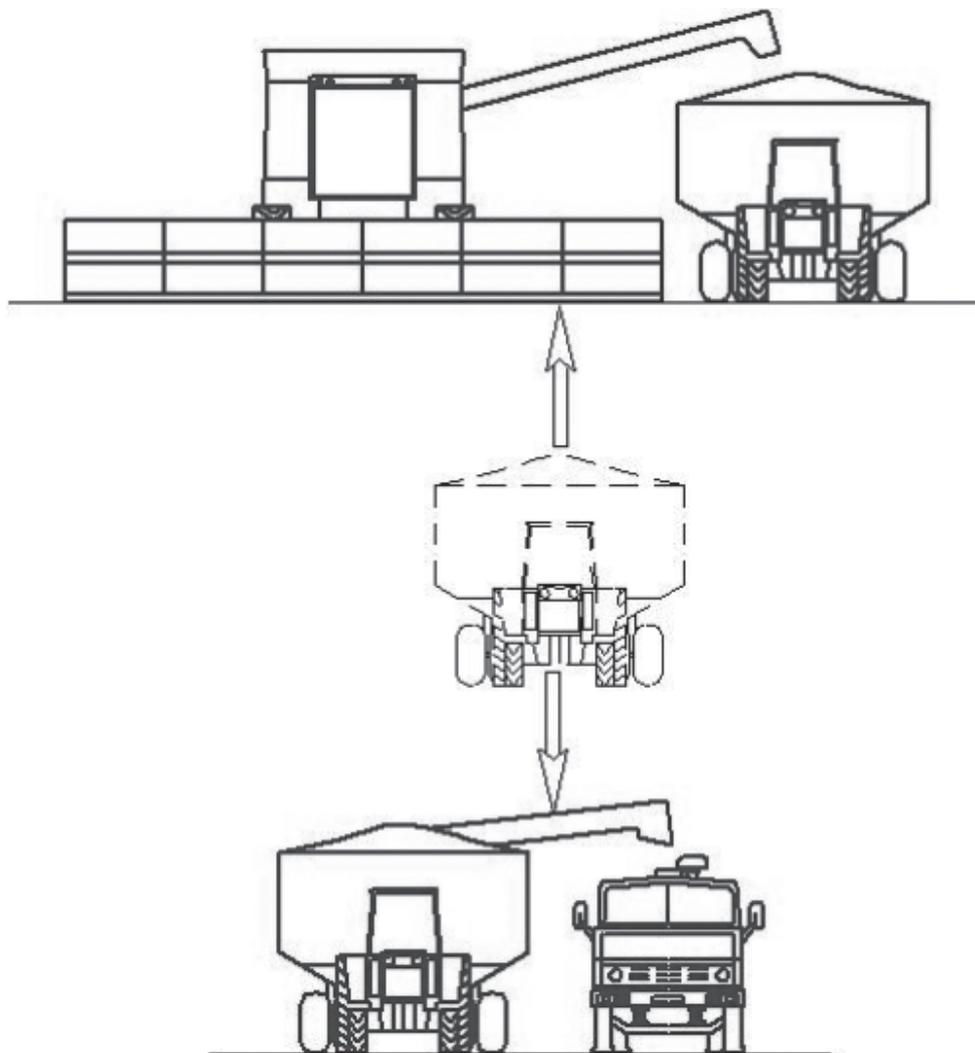


Рис. 1. Транспортное обслуживание высокопроизводительных комбайнов с перегрузкой материала в большегрузный прицеп-перегрузатель

Fig. 1. Transport service of high performance combine harvesters reloading materials into heavy-duty trailer loader

ных автопоездов также представляет собой случайные величины, подчиняющиеся показательному закону распределения. Интенсивность обслуживания УМ –  $\mu_1$ . Интенсивность обслуживания МА –  $\mu_2$ . Время обслуживания УМ представляет собой случайную величину с одним и тем же распределением вероятностей  $P(t)$ .

Работа зерноуборочного комбайна, прицепа-перегрузателя и магистрального автопоезда как системы уборочно-транспортного процесса происходит в пределах поля и прилегающих по контуру дорог. Полные бункеры комбайны перегружают в большегрузный прицеп-перегрузатель, который, обслужив все комбайны, перегружает зерно

в магистральные автопоезда, ожидающие на разгрузочной магистрали или на краю поля. Поле характеризуется следующими параметрами: конфигурацией, длиной гона, шириной, урожайностью убираемого материала, расстоянием от поля до пункта послеуборочной обработки зерна.

При работе уборочно-транспортной системы возможны случаи, когда УМ разгружают полные бункеры в магистральные автопоезда. Это возможно в том случае, когда БПП занят, а комбайн набрал бункер и находится рядом с МА.

Рассмотрим взаимодействие УМ – БПП – МА в уборочно-транспортной системе на уборке зерновых. В системе работают  $n$  убо-

рочных машин, при одновременном заполнении бункеров они образуют поток с интенсивностью  $\lambda_1$ . В системе работают  $m$  магистральных автопоездов, при прибытии на поле они образуют поток порожних кузовов с интенсивностью  $\lambda_2$ . В свою очередь, большегрузный прицеп-перегрузчик обслуживает уборочные машины, поступающие в систему с интенсивностью  $\mu_1$ , а магистральные автопоезда – с интенсивностью  $\mu_2$ . При этом возможно образование очереди из уборочных машин и магистральных автопоездов, если производительность БПП недостаточна.

По характеру входные потоки заполненных бункеров и прибытия магистральных автопоездов на поле из-за случайных промежутков времени между их поступлениями рассмотрим как стохастические простейшие потоки. При этом на движение потока зерна в пределах поля будет влиять эффективность БПП, который является связующим звеном между МА и УМ. Для этого

при взаимодействии БПП и МА, УМ и БПП следует учитывать время цикла БПП в зависимости от числа машин в уборочно-транспортной системе.

Рассмотрим работу системы, когда объем БПП больше или равен суммарному объему бункеров комбайнов системы

$$Q_{\text{БПП}} \geq \Sigma Q_{\text{Б}}$$

где  $Q_{\text{БПП}}$  – объем БПП,  $\text{м}^3$ ,  $\Sigma Q_{\text{Б}}$  – суммарный объем бункеров УМ.

Магистральные автопоезда поступают на край поля или на разгрузочную магистраль (пункт А), где ожидают загрузку зерном (рис. 2).

Так, при обслуживании УМ время цикла БПП для обеспечения их бесперебойной работы опишем выражением следующего вида:

$$T_{\text{цБПП(1 фаза)}} = \left( \sum_2^n \left( t_n^{\text{Б}} - \Delta t_n^{\text{ПнМ}} \right) + t_{\text{нвыгр}} \right) + (t_{\text{МА}} + t_{\text{МАвыгр}}) + t_1, \quad (1)$$

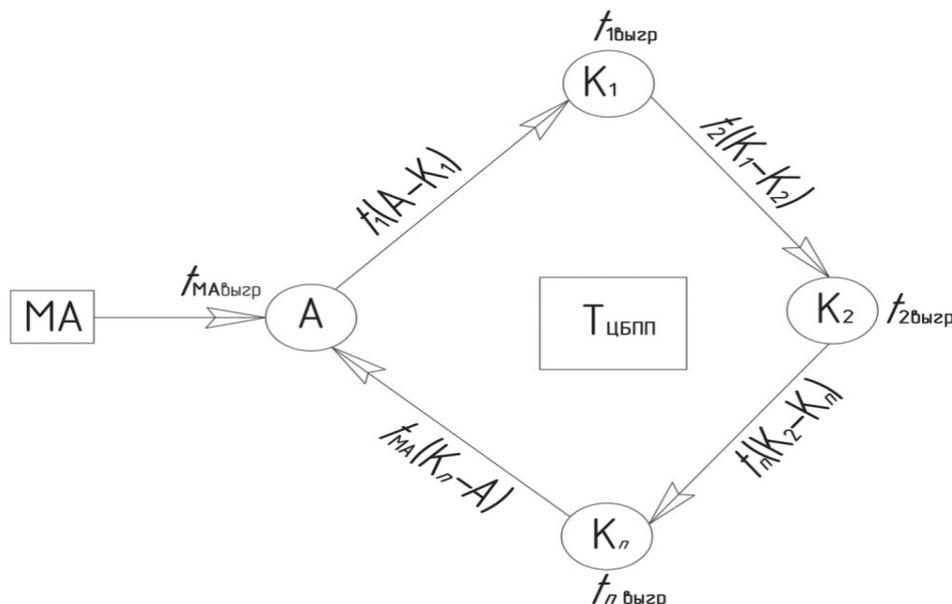


Рис. 2. Схема процесса формирования времени цикла прицепа-перегрузчика:

$K_1, K_2, K_n$  – количество комбайнов в звене;  $t_1(A-K_1), \dots, t_{MA}(K_n-A)$  – время передвижения большегрузного прицепа-перегрузчика от точки стоянки или загрузки до следующей точки загрузки или выгрузки в МА;  $t_{1\text{выгр}}, \dots, t_{n\text{выгр}}$  – время выгрузки первого комбайна в БПП;  $n$ -го.

Fig. 2. The trailer reload time cycle process scheme:

$K_1, K_2, K_n$  – the number of combine harvesters in a group;  $t_1(A-K_1), \dots, t_{MA}(K_n-A)$  – transportation time of trailer loader from stand point or loading point to the next loading/ unloading point into MA (line-haul train);  $t_{1\text{unload}}, \dots, t_{n\text{unload}}$  – unloading time of the first combine harvester into trailer loader;  $n$ .

(которое справедливо при условии, что в звене  $n \geq 2$ ),

где  $(t_n^B - \Delta t_n^{ПМ})$  – время переезда от одного комбайна к следующему, ч;  $\Delta t_n^{ПМ} = t_n^B - t_n^{ПМ}$  – изменение времени переезда от одного комбайна к следующему с ПМ, ч; без применения ПМ  $\Delta t_n^{ПМ} = 0$  ч;  $t_n^{ПМ}$  – время переезда от одного комбайна к следующему с ПМ, ч;  $t_n^B$  – время переезда от одного комбайна к следующему без ПМ, ч;  $t_{nвыгр}$  – время выгрузки комбайна в большегрузный прицеп-перегрузатель, ч;  $t_{МА}$  – время переезда от последнего комбайна к МА, ч;  $t_{ТСвыгр}$  – время разгрузки БПП в магистральный автопоезд, ч;  $t_1$  – время переезда от магистрального автопоезда до первого комбайна, ч.

Необходимо учитывать, что производительность БПП зависит от числа обслуживающих уборочных машин ( $n$ ) и магистральных автопоездов ( $m$ ). Тогда время цикла БПП с учетом ограничений примет вид:

1. Условие  $Q_{БПП} / Q_B = 1, 2, \dots, n$  – целые числа.
2. Суммарный объем бункеров УМ не более объема БПП.
3. Время переезда от места остановки составляет  $T_{цБПП} = t_{A \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow k \rightarrow \dots \rightarrow A}$ .
4. Форма расположения комбайнов на поле не отражается на числе переездов.
5. Суммарная длина переездов

$$L_{об} = \left( \sum_{i=1}^n L_i \right). \quad (2)$$

6. Суммарное время переезда БПП от начала движения до возврата в начальную точку

$$\sum_{i=1}^k T_{БППk} = \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{v_i}. \quad (3)$$

7. Время остановки для разгрузки бункера зависит от числа обслуженных комбайнов.

$$\text{Время разгрузки комбайна} \begin{cases} \text{без остановки комбайна} \\ t_n + \frac{Q_B}{W_{ВШ}}; \\ \text{с остановкой комбайна} \\ t_n + \frac{Q_B}{W_{ВШ}}. \end{cases} \quad (4)$$

8. Общее время остановки БПП на выгрузке комбайнов

$$\sum_{i=1}^n T_{вк} = t_M(t_{ост}) + \frac{Q_B}{W_{ВШ}}, \quad (5)$$

где  $t_M$  – время маневрирования БПП для комбайнов, выгрузка без остановки;  $t_{ост}$  – время остановки БПП для выгрузки комбайнов.

9. Время выгрузки БПП в исходной точке

$$T_{вБПП} = \frac{Q_{БПП}}{W_{вБПП}}. \quad (6)$$

10. Общее время цикла сбора и выгрузки

$$T_{цБПП(2\text{фазы})} = \sum_{i=1}^k T_{БППk} + \sum_{i=1}^n T_{вк_n} + T_{вБПП}, \quad (7)$$

где  $\sum_{i=1}^k T_{БППk}$  – время переездов БПП от исходной точки до возвращения к ней, ч;  $\sum_{i=1}^n T_{вк_n}$  – общее время выгрузки комбайнов, ч;  $T_{вБПП}$  – время выгрузки перегружателя, ч.

11. В случае  $Q_{БПП} \neq Q_B$  в соответствии с условием, что комбайны не должны стоять, возможны частичные перевозки одиночным транспортом (прямоточные перевозки).

12. Успешное решение может быть получено при сочетании крупнотоннажных и одиночных обслуживающих транспортных средств (см. п. 11).

Экспериментальные исследования технологической схемы транспортного обслуживания зерноуборочных комбайнов с использованием большегрузного прицепа-перегрузателя, агрегируемого с трактором-тягачом (рис. 3), проведены в АО «Черновское» Кочковского района Новосибирской области. В этом случае использовали разработанные авторами методы позиционирования и мониторинга машин (ПМ) в подсистемах.

При проведении исследований фиксировали следующие временные параметры: время намолота бункера комбайном, время оборота магистрального автопоезда, время простоя высокопроизводительного комбайна и магистрального автопоезда. В качестве критерия



Рис. 3. Транспортное обслуживание комбайнов с применением большегрузного прицепа-перегрузателя

Fig. 3. Transport service of combine harvesters with the use of heavy-duty trailer loader

оценки работы использовали производительность уборочно-транспортной системы.

На основе расчетных данных с использованием реальных временных характеристик, полученных экспериментально, выявлены зависимости простоя комбайнов и магистральных автопоездов – соответственно  $K_k, K_t = f(\alpha)$  (рис. 4) [16].

Анализ зависимостей показывает, что время простоя УМ и МА от изменения  $\alpha_2$  с учетом позиционирования и мониторинга

изменяется следующим образом: для высокопроизводительного комбайна с увеличением параметра  $\alpha_2$  коэффициент простоя снижается, а для магистральных автопоездов увеличивается. Необходимо отметить, что позиционирование и мониторинг УТС позволяют несколько снизить простои технических средств на величины  $\Delta K_k, \Delta K_t$ .

При обеспечении пропускной способности  $\alpha_2 = 0,98, \dots, 1, 2$  простои машин будут минимальными, что увеличит время полез-

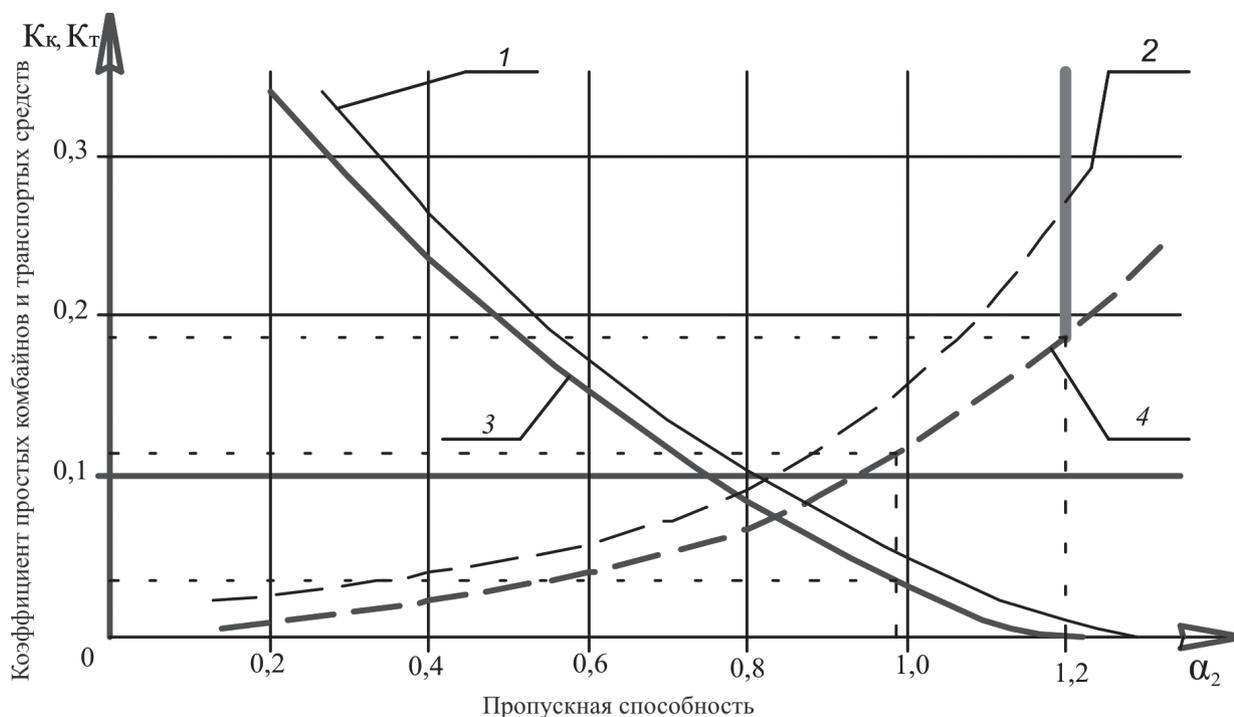


Рис. 4. Зависимость коэффициента простоя высокопроизводительных комбайнов и магистральных поездов от пропускной способности  $\alpha_2$ :

без ПиМ: 1 – комбайнов; 2 – магистральных автопоездов; с применением ПиМ: 3 – комбайнов; 4 – магистральных автопоездов

Fig. 4. Dependence of high performance combine harvesters and line-haul trains down-time ratio on carrying capacity  $\alpha_2$ :

without positioning and monitoring means: 1 – combine harvesters; 2 – line-haul trains; with positioning and monitoring means: 3 – combines harvesters; 4 – line-haul trains

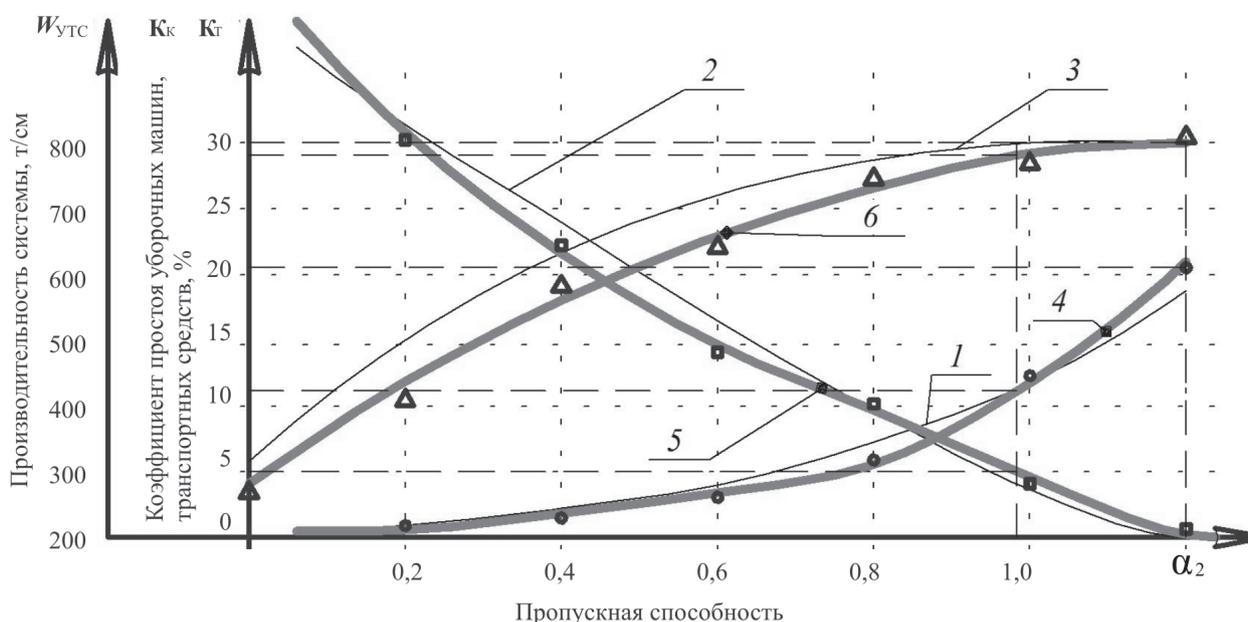


Рис. 5. Зависимость теоретических и экспериментальных показателей эффективности функционирования уборочно-транспортной системы от изменения пропускной способности  $\alpha_2$ :

теоретические значения: 1 – коэффициент простоя транспортных средств; 2 – коэффициент простоя уборочных машин; 3 – производительность системы, т/см; экспериментальные значения: 4 – коэффициент простоя транспортных средств; 5 – коэффициент простоя уборочных машин; 6 – производительность системы, т/см

Fig. 5. Dependence of theoretical and experimental data of harvesting-transportation system efficiency on changes in its carrying capacity  $\alpha_2$ :

Theoretical data: 1 – downtime ratio of vehicles; 2 – downtime ratio of harvesting machines; 3 – performance of the system t/cm  
Experimental data: 4 – downtime ratio of vehicles; 5 – downtime ratio of harvesting machines; 6 – performance of the system t/cm

ной работы, следовательно, увеличит производительность уборочно-транспортной системы в целом.

Зависимость теоретических и экспериментальных показателей эффективности функционирования УТС от изменения пропускной способности  $\alpha_2$  представлена на рис. 5. Анализ зависимостей показывает, что экспериментальные кривые близки к теоретическим, т.е. применяемая модель описания данной технологической схемы транспортного обслуживания уборочных машин достаточно адекватна.

Необходимо отметить, что использование большегрузного прицепа-перегрузателя в схеме транспортного обслуживания зерноуборочных комбайнов позволяет снизить коэффициент простоя УМ до 5–7%, магистральных поездов до 10–12% при условии достижения максимальной производительности УТС.

## ВЫВОДЫ

1. Введение большегрузных прицепов-перегрузателей в уборочно-транспортную систему с перегрузкой материала и применением позиционирования и мониторинга снижает простои машин. Потребность в транспортных средствах уменьшается, так, коэффициент простоя уборочных машин снижается до 5–7%, магистральных поездов до 10–12%.

2. Применение перегрузочной технологии транспортного обслуживания с элементами позиционирования и мониторинга позволяет повысить производительность комбайнов на 10–25%, уборочно-транспортной системы в целом на 9–18 %.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Даммер С., Дегнер И. Оптимизация полевых работ. Комбайновая уборка: ни минуты простоя // Новое сел. хоз-во. – 2000. – № 2. – С. 34–37.
2. ADAS. Cost of soil compaction during corn harvest // Farm J. – 1990. – Vol. 16, N 10. – P. 19–20.

3. **Канделя М.В., Липкань А.В.** Разработка транспортно-технологического средства на гусеничном ходу // С.-х. машины и технологии. – 2014. – № 2. – С. 15–19.
4. **Гольтяпин В.Я.** Технологические и технические решения совершенствования уборки зерновых культур // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С. 48–52.
5. **Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С., Рогожин В.Ф., Кынев Д.Н.** Расчет производительности и потребности технических средств уборочно-транспортного комплекса // С.-х. машины и технологии. – 2016. – № 2. – С. 5–10.
6. **Анискин В.И., Евтюшенков Н.Е.** Технологии и транспортные средства для перевозки зерна // Техника в сел. хоз-ве. – 2005. – № 1. – С. 7–11.
7. **Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е.** Методика исследования уборочно-транспортных процессов // Техника в сел. хоз-ве. – 2010. – № 2. – С. 40–43.
8. **Пьянов С.В.** Уборочно-транспортный комплекс машин для крупнотоварного производства зерна // Техника в сел. хоз-ве. – 2003. – № 1. – С. 11–14.
9. **Измайлов А.Ю.** Типаж и структура транспортных погрузочно-разгрузочных средств АПК // Техника в сел. хоз-ве. – 2006. – № 4. – С. 4–7.
10. **Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е.** Эффективность новых транспортных технологий в АПК // С.-х. машины и технологии. – 2009. – № 2 (9). – С. 32–36.
11. **Измайлов А.Ю.** Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве // Техника в сел. хоз-ве. – 2006. – № 2. – С. 8–10.
12. **Игнатов В.Д.** Некоторые результаты исследования функционирования уборочно-транспортных поточных линий в условиях Сибири // Тр. ЧИМЭСХ. – 1972. – Т. 65. – С. 114–124.
13. **Полевые работы в Сибири в 2012 году: рекомендации СО Россельхозакадемии.** – Новосибирск, 2012. – 170 с.
14. **Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х.** Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 7. – С. 2–6.
15. **Завалишин Ф.С.** Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве. – М.: Колос, 1973. – 319 с.
16. **Тихоновский В.В.** Техничко-технологическое обеспечение уборки зерновых на основе позиционирования и мониторинга: дис... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2015. – 161 с.

## REFERENCES

1. **Dammer S., Degner I.** Optimizatsiya polevykh rabot. Kombainovaya uborka: ni minuty prostoya // Novoe sel. khoz-vo. – 2000. – № 2. – S. 34–37.
2. **ADAS.** Cost of soil compaction during corn harvest // Farm J. – 1990. – Vol. 16, N 10. – P. 19–20.
3. **Kandelya M.V., Lipkan' A.V.** Razrabotka transportno-tekhnologicheskogo sredstva na gusenichnom khodu // S.-kh. mashiny i tekhnologii. – 2014. – № 2. – S. 15–19.
4. **Gol'tyapin V.Ya.** Tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniya sovershenstvovaniya uborki zernovykh kul'tur // Traktory i sel'khoz mashiny. – 2014. – № 7. – S. 48–52.
5. **Izmailov A.Yu., Artyushin A.A., Evtyushenkov N.E., Bisenov G.S., Rogozhin V.F., Kynev D.N.** Raschet proizvoditel'nosti i potrebnosti tekhnicheskikh sredstv uborochno-transportnogo kompleksa // S.-kh. mashiny i tekhnologii. – 2016. – № 2. – S. 5–10.
6. **Aniskin V.I., Evtyushenkov N.E.** Tekhnologii i transportnye sredstva dlya perevozki zerna // Tekhnika v sel. khoz-ve. – 2005. – № 1. – S. 7–11.
7. **Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E.** Metodika issledovaniya uborochno-transportnykh protsessov // Tekhnika v sel. khoz-ve. – 2010. – № 2. – S. 40–43.
8. **P'yanov S.V.** Uborochno-transportnyi kompleks mashin dlya krupnotovarnogo proizvodstva zerna // Tekhnika v sel. khoz-ve. – 2003. – № 1. – S. 11–14.
9. **Izmailov A.Yu.** Tipazh i struktura transportnykh pogruchno-razgruzochnykh sredstv APK // Tekhnika v sel. khoz-ve. – 2006. – № 4. – S. 4–7.
10. **Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.E.** Effektivnost' novykh transportnykh tekhnologii v APK // S.-kh. mashiny i tekhnologii. – 2009. – № 2 (9). – S. 32–36.
11. **Izmailov A.Yu.** Povyshenie urovnya ispol'zovaniya transporta v sel'skom khozyaistve // Tekhnika v sel. khoz-ve. – 2006. – № 2. – S. 8–10.

12. **Ignatov V.D.** Nekotorye rezul'taty issledovaniya funktsionirovaniya uborochno-transportnykh potochnykh linii v usloviyakh Sibiri // Tr. ChIMESKh. – 1972. – T. 65. –S. 114–124.
13. **Polevye** raboty v Sibiri v 2012 godu: rekomendatsii SO Rossel'khozakademii. – Novosibirsk, 2012. – 170 s.
14. **Izmailov A.Yu., Shogenov Yu.Kh.** Intensivnye mashinnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skokhozyaistvennoi produktsii // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2017. – № 7. – S. 2–6.
15. **Zavalishin F.S.** Osnovy rascheta mekhanizirovannykh protsessov v rastenievodstve. – M.: Kolos, 1973. – 319 s.
16. **Tikhonovskii V.V.** Tekhniko-tekhnologicheskoe obespechenie uborki zernovykh na osnove pozitsionirovaniya i monitoringa: dis... kand. tekhn. nauk. – Novosibirsk, 2015. – 161 s.

## THE INTERACTION OF HARVESTING AND TRANSPORT MACHINERY WHEN USING THE HEAVY-DUTY TRAILER-LOADER

**V.V. TIKHONOVSKY, Candidate of Science in Agriculture, Assistant Professor,  
Yu.N. BLYNSKY, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Yu.A. GUSKOV, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department,  
K.V. TIKHONOVSKAYA, Student in the Master's Programme**

*Novosibirsk State Agrarian University  
160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russia  
e-mail: vitalad@ya.ru*

The ways of improving performance of the harvesting-transportation system for harvesting grain crops by applying means for positioning and monitoring vehicles in the field were identified. The studies were conducted in agricultural enterprises of the forest-steppe zone of Novosibirsk region from 2007 to 2017 during eleven harvesting periods. The grain yields amounted to 4.2 tonnes per ha, the distance of transportation was up to 25 km. Taking into account the peculiarities of the harvesting-transportation system due to remoteness of the fields, the time for moving from one harvester to the next, unloading a harvester and a heavy-duty trailer-loader, an expression was obtained to determine the time cycle of the trailer reload scheme for handling the transport service with the use of positioning and monitoring means. It was established that when performing harvesting and transporting in the reloading scheme with the application of positioning systems and monitoring technical means and the use of heavy-duty trailer-loader for transporting distances of over 12 km and yields of over 2 tonnes per ha, the idle time of harvesters and vehicles decreased. The need in vehicles was also reduced; efficiency of high-performance combine harvesters increased by 10-25%; the coefficient of threading  $\varepsilon = 0.92$ ; performance of harvesting-transportation system as a whole increased by 9-18 %.

**Keywords:** high-performance combine harvesters, harvesting-transportation system, heavy-duty trailer-loader, line-haul train, positioning and monitoring means

*Поступила в редакцию 30.03.2018*

**МЕТОД ОЦЕНКИ ЗРЕЛОСТИ ЯГОД БЕЗ ИХ РАЗРУШЕНИЯ\***

**А.Ф. АЛЕЙНИКОВ<sup>1,2</sup>, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,  
В.В. МИНЕЕВ<sup>1</sup>, старший научный сотрудник**

<sup>1</sup>*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск*

<sup>2</sup>*Новосибирский государственный технический университет  
630092, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20  
e-mail: fti2009@yandex.ru*

При промышленном производстве продукции садоводства необходимы инструментальные средства контроля физических свойств растений и элементов технологических приемов. Одним из важнейших показателей качественной уборки плодов и ягод является их зрелость. Проанализированы основные существующие методы оценки зрелости ягод в Российской Федерации и зарубежных странах. Установлено, что метод импедансной спектроскопии более предпочтителен при реализации портативного устройства для определения спелости ягод в полевых условиях. Проведены исследования по оценке зрелости ягоды черной смородины Алтайская поздняя и облепихи Алтайская. Объем выборки при сборе выбранных сортов ягод составил 1000 шт. для каждого сорта в соответствии с фазами созревания ягод. В качестве информативного параметра выбран коэффициент дисперсии поляризации ткани ягоды, определяемый как отношение модулей электрических импедансов, измеренных на двух частотах. Предложен метод оценки степени спелости ягод, заключающийся в построении и анализе годографа распределения коэффициента по равномерному ряду гармонических частот в диапазоне от 100 до 10<sup>6</sup> Гц. Результаты исследований показали, что оценка степени спелости ягод возможна через 1–2 нед после начала созревания. Незначительное различие в характере изменения коэффициента дисперсии поляризации ткани ягоды у ягод объясняется спецификой содержания и распада сахаров и кислот в облепихе и смородине. На основе предлагаемого метода оценки зрелости ягод могут быть созданы портативные средства, уменьшающие потери при механизированной уборке и хранении урожая.

**Ключевые слова:** промышленное садоводство, ягоды, качество, зрелость, средства контроля, биологическая ткань, импеданс.

Большое значение в повышении качества питания населения придают увеличению в рационе доли ягод, обладающих низкой калорийностью и содержащих много витаминов, микроэлементов, органических кислот, пектинов, глюкозидов, неорганических солей и других ценных веществ, которые существенно влияют на обмен веществ и жизнедеятельность организма [1]. Особенно важно потребление ягод в свежем виде. Для этого необходимо улучшать их биологическое свойство сохраняться в течение определенного периода без ухудшения товарных, пищевых и вкусовых качеств, потерь массы, поражения болезнями [2]. Качество ягод является результатом сложных физиологических и биохимических реакций, происходящих во время всего вегетативного цикла культуры.

Рациональная норма потребления плодов и ягод, отвечающая современным требованиям здорового питания, – 100 кг в год на человека [3]. Производство плодово-ягодной продукции в Новосибирской области составляет около 3 кг на человека, при этом доля промышленного производства данной продукции – 29% [4]. Сады населения и мелкие крестьянские хозяйства не в состоянии обеспечить необходимый объем производства плодов и ягод. В связи с этим необходимо увеличивать масштабы промышленного садоводства с применением ягодоуборочных комбайнов.

Промышленное производство предполагает, что для оценки результатов селекционных и научно-исследовательских работ, качества посадочного материала, его плантаций, оценки равномерности созревания

\* Работа поддержана бюджетным проектом СФНЦА СО РАН № 0778-2018-0003.

и готовности плодов к уборке в технологический процесс производства ягод должны быть включены портативные инструментальные средства контроля и измерения физических свойств растений и элементов технологических приемов.

Зрелость можно охарактеризовать несколькими показателями, главным образом размером ягод, цветом, концентрацией общего количества растворимых твердых веществ, кислотностью, фенольными соединениями, содержанием антоцианина [5].

Степень зрелости (спелости) при съеме урожая ягод – один из важных факторов, определяющих продолжительность хранения. Поздний съем ягод снижает урожай следующего года, а переспелые ягоды плохо хранятся [2]. Рано снятые ягоды не успевают получить необходимый запас органических веществ и плохо дозревают при хранении, ягоды в оптимальной для сорта степени съемной спелости отличаются более низкой интенсивностью дыхания и его равномерным изменением при хранении [6].

Для оценки степени спелости ягод и определения сроков их съема необходимы контрольно-измерительные средства и соответствующие методики.

Известен метод определения съемной зрелости по разности общих и растворимых сухих веществ [6]. Содержание общих сухих веществ устанавливают высушиванием, растворимых – рефрактометром. Недостаток метода – большие затраты труда и времени.

Распространена также методика определения съемной зрелости по твердости мякоти [7, 8]. По мере созревания она уменьшается, что обусловлено увеличением количества пектина. Для определения твердости мякоти используется пенетрометр. Однако использование этой методики ограничено, так как она применима только для ягод, содержащих мякоть.

В работе [8] утверждается, что более достоверные методики основаны на методах определения физиологических показателей, связанных с созреванием, таких, как йодо-крахмальная проба, с отражением света поверхностью ягоды и ее флуоресценцией.

В развитых зарубежных странах широко применяют метод определения сахара путем получения гиперспектральных изображений, например, плодов винограда [9, 10]. Гиперспектральная визуализация объединяет методы спектроскопии и цифровой визуализации для сбора как пространственной, так и спектральной информации [11]. Этот метод визуализации в режиме отражения собирает информацию об интенсивности света, отраженного от множества локальных областей объекта исследования, в зависимости от длины волны. Метод не требует механического контакта между спектрометром, камерой и виноградом. Учитывая большое количество и сложность информации, собранной с помощью гиперспектрального изображения, требуются мощные инструменты анализа данных. Эти инструменты могут быть хемометрическими [12–14] или основанными на методах машинного обучения [15–17]. Рассмотренные оптические методы требуют или больших затрат труда и времени, или использования дорогостоящего оборудования.

Учитывая, что важнейшие проявления жизнедеятельности клетки связаны с мембранами и изменением их проницаемости, перспективны методы биоимпедансометрии и спектроскопии [18, 19]. В процессе созревания ягод происходят активизация обмена веществ через мембраны, увеличение объема межклеточной жидкости и начинаются деструктивные изменения (повышается проницаемость мембран, увеличиваются ионные потоки и ослабляется эффект поляризации границ раздела), которые при достижении состояния полного созревания начинают превалировать над синтетическими процессами [20, 21]. Преимуществом методов биоимпедансометрии и спектроскопии по сравнению с другими является относительная простота их реализации, возможность определения большого количества свойств и характеристик биологических объектов, малая трудоемкость проведения оценки и др.

Цель работы – научно обосновать нетрудоемкий достоверный метод для определения зрелости ягод, на основе которого возможно

изготовление портативного прибора для использования его в полевых условиях.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследований использовали ягоды черной смородины Алтайская поздняя и облепихи Алтайская. Плоды были собраны вручную в саду Сибирского физико-технического института аграрных проблем СФНЦА РАН, расположенном в р.п. Краснообск Новосибирской области. Географические координаты: широта – 54°55'11" N; долгота – 82°59'27" E; высота над уровнем моря 114 м. Земельный участок расположен в лесостепи Новосибирского Приобья. Состав почвы с преобладанием выщелоченного среднемощного чернозема. Климат континентальный, умеренно прохладный, умеренно засушливый со среднегодовым количеством осадков 425 мм [22].

Сбор ягод осуществляли вручную в соответствии с фазами их созревания начиная с полуспелых (бурых и желто-зеленых) и кончая полностью созревшими. Сбор ягод производили утром, используя обрезные ножницы для удаления плодоножек. Интервалы сбора ягод – 5–7 дней с 13.07.2017 по 07.08.2017 для смородины и с 10.08.2017 по 05.09.2017 для облепихи. Было произведено по пять сборов каждой ягоды.

Объем выборки при сборе для каждого сорта составлял 200 шт. и делился на три части: две части (по 50 шт.) для измерений электрофизических параметров с помощью импедансметра Z-1500J (РФ) и одна часть (100 шт.) для измельчения миксером Viatto NX-301H и приготовления сока на центрифуге МЦГ-8 (РФ) для определения содержания сухих растворимых веществ рефрактометром SCM-1200.

Затем плоды перевозили в лабораторию, где их промывали и предварительно отбирали в соответствии со стадией спелости, цветом, размером, однородностью, массой и отсутствием травм или заболеваний.

Измерение размеров ягоды проводили в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью оптического теневого измери-

теля Калибр-1 (РФ). Массу ягод измеряли с помощью лабораторных электронных весов Advtytuer (Япония) с относительной погрешностью 1% в диапазоне от 1 до 200 г. Затем выбранные ягоды были упакованы в картонные коробки габаритами 250 × 100 × 50 мм. Образцы хранили в бытовом холодильнике «Бирюса» при температуре 7–10 °С и относительной влажности 40–50%.

Перед каждым экспериментом образцы промывали в водопроводной воде и погружали в раствор 150 мг хлора на 1 л воды на 15 мин. Затем их промывали, чтобы удалить избыток хлора, и сушили при комнатной температуре.

Исходя из изложенного и технических характеристик импедансметра Z-1500J в качестве электрофизических параметров растительной ткани ягод, определяемых методом прямых измерений, выбраны активное  $R$  и реактивное емкостное  $X$  сопротивления с расчетом модуля полного электрического сопротивления (импеданса)  $Z(f)$ .

Предварительные исследования зависимости выбранных параметров от степени спелости ягод показали, что наиболее информативным параметром является коэффициент дисперсии поляризации ткани ягоды  $K(z)$ , определяемый как отношение модулей импедансов, измеренных на двух частотах. При этом аппаратная реализация измерителя модуля импеданса более проста и сводится к измерению тока при заданном напряжении или измерению напряжения при питании от источника тока.

Модуль импеданса  $Z(f)$  и коэффициент дисперсии поляризации ткани ягоды  $K(f)$  определяли путем косвенных измерений по формулам

$$Z(f) = R^2 + X^2;$$

$$K(z) = Z(f_1) / Z(f_2),$$

где  $f$  – частота, значение которой равно  $f_1$  или  $f_2$ .

Подробная методика измерений описана в работе [23].

Частоты измерения сопротивлений выбирали из ряда: для  $f_1$  – 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 Гц; для  $f_2$  – 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 кГц.

При измерениях электрофизических параметров растительной ткани ягод выбраны неполяризующиеся электроды 9013E2372 производства фирмы «Alpine Biomed» (Германия).

Проверку исходных данных измерений электрофизических параметров растительной ткани ягод на принадлежность их к нормальному закону распределения проводили по составному критерию с уровнем значимости  $q = 2\%$  по методике, приведенной в работе [24].

Результаты измерений и доверительные границы погрешности измерений при доверительной вероятности  $p = 0,95$  определяли для групп прямых измерений по методике [25], косвенных – по методике [26].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для всей отобранной партии ягод облепихи, если их представить в виде цилиндра, разброс диаметров отобранных ягод находился от 7,7 до 8,3 мм, длины – от 10,5 до 13,8 мм; для смородины диапазон диаметра ягод составлял 9,6–13,9 мм. Масса ягод об-

лепихи во всех партиях составляла от 0,43 до 0,75 г, смородины – от 0,77 до 1,52 г.

В процессе экспериментальных исследований произведены измерения электрофизических параметров растительной ткани на 1000 ягодах смородины и облепихи. В каждой выборке подтверждена их принадлежность к нормальному закону распределения. Доверительные границы погрешности измерений коэффициента дисперсии поляризации ткани ягод при доверительной вероятности  $p = 0,95$  не отклонялись от результатов измерений более чем на  $\pm 8\%$ .

Измерения проводили на указанных выше фиксированных частотах, по диапазону частот измерителя импеданса (от 100 Гц до 1,5 МГц) с расчетом коэффициента дисперсии поляризации строили их годограф. Затем из полученных зависимостей коэффициента дисперсии поляризации ткани при 20 опытах выбирали зависимости с ярко выраженной динамикой коэффициента дисперсии поляризации ткани для каждого сорта ягоды.

На рис. 1 приведен пример измерений содержания сухих растворимых веществ

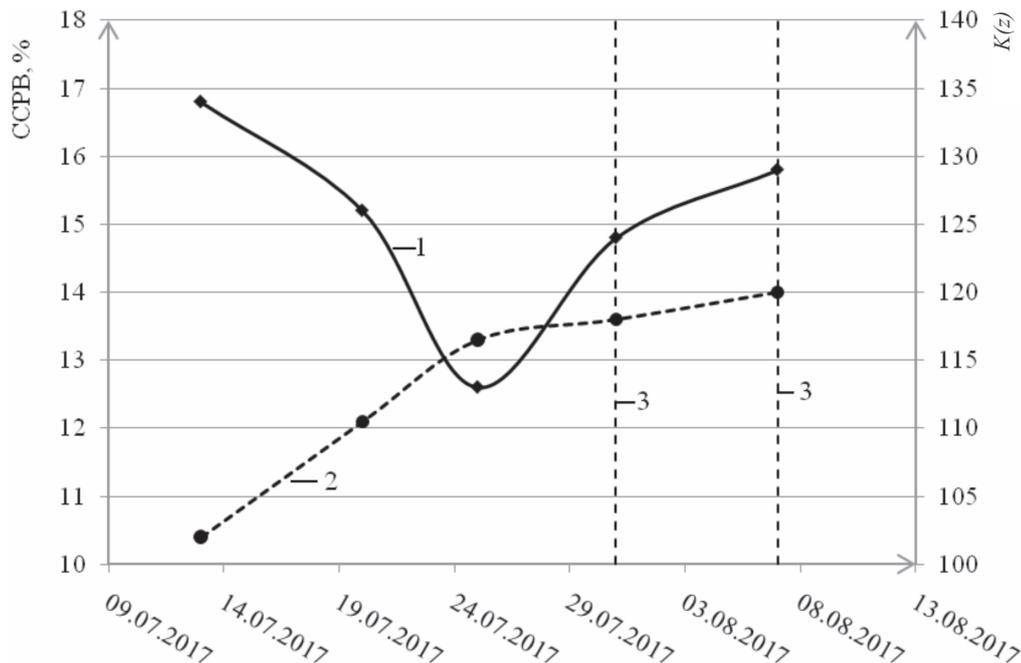


Рис. 1. Графики зависимостей ССРВ и коэффициента дисперсии поляризации ткани ягод смородины Алтайская поздняя  $K(z)$  от сроков сбора ягод:

1 – значения коэффициента  $K(z)$ ; 2 – значения ССРВ; 3 – границы зоны спелости

Fig. 1. Dependency graph of soluble dry substance content and dispersion coefficient of berry tissue polarization of black currant Altai Late  $K(z)$  against harvesting time:

1 – coefficient  $K(z)$ ; 2 – soluble dry substance content; 3 – borders of maturity zones

(ССРВ) и коэффициента  $K(z)$  ягоды смородины Алтайская поздняя как показателя зрелости ягод.

Наличие динамических изменений зависимостей, представленных на рис. 1, поясняется следующим.

Созревание плодов сопровождается интенсивным переходом углеводов в более простые соединения. Так, крахмал и другие полисахариды (пектиновые вещества, гемицеллюлоза, целлюлоза) гидролизуются с образованием растворимых сахаров.

Затем общее содержание сахаров вследствие расходования их при дыхании постепенно уменьшается, при этом соотношение между сахарозой и моносахарами меняется в пользу последних и преобладающим сахаром становится фруктоза.

Следует заметить, что при дыхании происходит и распад кислот.

Такой же характер изменения информативного коэффициента  $K(z)$  наблюдали и у ягоды облепихи Алтайская (рис. 2).

Динамика изменения ССРВ имеет резкий выброс в течение процесса созревания. Это объясняется тем, что в плодах облепихи

содержится низкое содержание сахаров и относительно высокое – кислот, соотношение их колеблется в зависимости от сорта и почвы на участке [2, 7]. В связи с этим в процессе дыхания в ягодах облепихи расходуется большая часть накопленных сахаров, чем в ягодах смородины.

В результате исследований установлено, что оценка степени спелости ягод возможна через 1–2 нед после начала созревания, т.е. в периоды, когда наблюдается рост ССРВ и информативного показателя – коэффициента  $K(z)$  (см. рис.1, 2).

Таким образом, с помощью созданной экспериментальной установки выявлено наличие связи электрофизических параметров растительных тканей ягод смородины и облепихи со степенью их спелости и выбран информативный параметр – коэффициент дисперсии поляризации ткани ягоды  $K(z)$ , определяемый как отношение модулей электрических импедансов, измеренных на двух частотах, численные значения которых определяются анализом результатов.

Разработан новый метод оценки степени спелости ягод по их электрофизическим

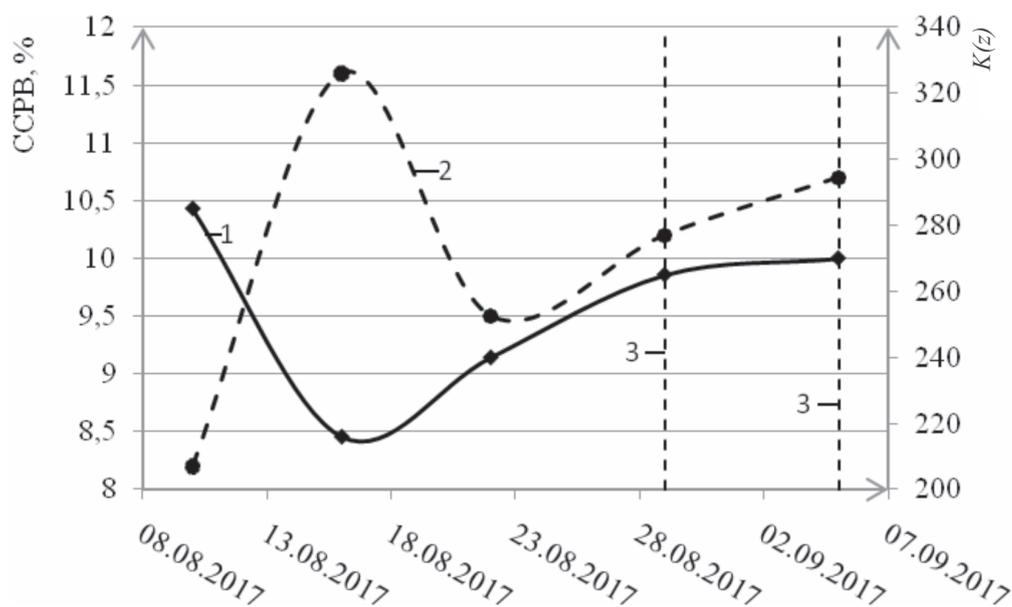


Рис. 2. Графики зависимостей ССРВ и коэффициента дисперсии поляризации ткани ягод облепихи Алтайская от сроков сбора ягод:

1 – значения коэффициента  $K(z)$ ; 2 – значения ССРВ; 3 – границы зоны спелости

Fig. 2. Dependency graph of soluble dry substance content and dispersion coefficient of berry tissue polarization of sea buckthorn Altai  $K(z)$  against harvesting time:

1 – coefficient  $K(z)$ ; 2 – soluble dry substance content; 3 – borders of maturity zones

свойствам, заключающийся в определении коэффициента дисперсии поляризации ткани ягоды  $K(z)$  по равномерному ряду гармонических частот в диапазоне от 100 до  $10^6$  Гц; в построении и анализе годографа распределения коэффициента  $K(z)_i$  и выборе из построенного годографа конкретной зависимости коэффициента  $K(z)_k$  с ярко выраженной динамикой коэффициента дисперсии поляризации ткани (для каждого  $k$ -го сорта ягоды).

Использование устройств, разработанных на основе результатов исследований, позволит уменьшить потери при механизированной уборке и хранении урожая ягод за счет определения оптимальных сроков их сбора и сокращения потерь ягодного сырья.

### ВЫВОДЫ

1. Портативные инструментальные средства для экспресс-оценки степени спелости ягод отсутствуют на рынке РФ.

2. Наиболее достоверными из неразрушающих объект методов оценки зрелости ягод, фруктов и овощей являются флуориметрические и спектрометрические методы анализа, а также методы импедансной спектроскопии.

3. Метод импедансной спектроскопии более предпочтителен для реализации портативного устройства определения спелости ягод в полевых условиях (по критерию цена – качество).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Короткий И.А.** Сибирская ягода. Физико-химические основы технологий низкотемпературного консервирования. – Кемерово, 2007. – 146 с.
2. **Франчук Е.П.** Товарные качества плодов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 269.
3. **Приказ Минздрава № 614 от 19.08.2016.** – [Электронный ресурс]: URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=279426>
4. **Перспективы** роста производства плодово-ягодной продукции (Новосибирская область) – [Электронный ресурс]: URL: <http://naukarus.com/perspektivy-rosta-proizvodstva-plodovoyagodnoy-produktsii-novosibirskaya-oblast>
5. **Cédric Baudrit, Nathalie Perrot, Jean Marie Brousset et al.** A probabilistic graphical model for describing the grape berry maturity // Computers and Electronics in Agriculture – 2015. – N 118. – P. 124–135.
6. **Родиков С.А.** Методы и устройства анализа зрелости яблок. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 216 с.
7. **Методическое** и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. – Краснодар: Изд-во Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-та садоводства и виноградарства, 2010. – 299 с.
8. **Figueiredo Neto A., Almeida F.A.C., Oliver N.C. et al.** Mechanical behavior of pumpkin fruits subjected to compression during maturation. Pesq. Agropec. Trop. – 2013. – N 43 (3). – P. 223–231.
9. **Véronique M. Gomes, Armando M. Fernandes, Arlete Faia et al.** Computers and Comparison of different approaches for the prediction of sugar content in new vintages of whole Port wine grape berries using hyperspectral imaging // Electronics in Agriculture. – 2017. – N 140. – P. 244–254.
10. **Gomes V., Fernandes A., Martins-Lopes et al.** Characterization of neural network generalization in the determination of pH and anthocyanin content of wine grape in new vintages and varieties // Food Chem. – 2017. – N 218. – P. 40–46.
11. **Prats-Montalbán J.M., de Juan A., Ferrer A.** Multivariate image analysis: A review with applications // Chemom. Intell. Lab. Syst. – 2011. – Vol. 107. – P. 1–23.
12. **González-Caballero V., Pérez-Marin D., Lopez M.-I. et al.** Optimization of NIR spectral data management for quality control of grape bunches during on-vine ripening // Sensors. – 2011. – N 11. – P. 6109–6124.
13. **Hernández-Hierro J.M., Nogales-Bueno J., Rodríguez-Pulido F.J. et al.** Feasibility study on the use of near-infrared hyperspectral imaging for the screening of anthocyanins in intact grapes during ripening // J. Agric. Food Chem. – 2013. – N 61. – P. 9804–9809.
14. **Le Moigne M., Dufour E., Bertrand D., Maury C. et al.** Front face fluorescence spectroscopy and visible spectroscopy coupled with chemometrics have the potential to character-

- ise ripening of Cabernet Franc grape // *Anal. Chim. Acta.* – 2008. – N 621. – P. 8–18.
15. **De’bska B., Guzowska-Srwyder B.** Application of artificial neural network in food classification // *Anal. Chim. Acta.* – 2011. – N 705. – P. 283–291.
  16. **Fernandes A.M., Franco C., Mendes-Ferreira A., Mendes-Faia A.** Brix, pH and anthocyanin content determination in whole Port wine grape berries by hyperspectral imaging and neural networks // *Comput. Electron. Agric.* – 2015. – N 115. – P. 88–96.
  17. **Gomes V., Fernandes A., Martins-Lopes P., Pereira L et al.** Characterization of neural network generalization in the determination of pH and anthocyanin content of wine grape in new vintages and varieties // *Food Chem.* – 2017. – N 218. – P. 40–46.
  18. **Acácio Figueiredo Neto, Nelson Cárdenas Olivier, Erlon Rabelo Cordeiro et al.** Determination of mango ripening degree by electrical impedance spectroscopy // *Computers and Electronics in Agriculture.* – 2017. – N 143. – P. 222–226.
  19. **Chowdhury A., Bera T.K., Ghoshal D., Chakraborty B.** Studying the electrical impedance variations in banana ripening using electrical impedance spectroscopy // *Proc. IEEE Adv. Biol. Med. Soc.* – 2015. – N 1. – P. 97–99.
  20. **Goulao L.F., Oliveira C.M.** Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit – a Review // *Trends Food Sci. Technol.* – 2008. – N 19. – P. 4–25.
  21. **Schwann H.P.** Electrical properties of tissue and cell suspensions: mechanisms and models // *Proc. IEEE Adv. Biol. Med. Soc.* – 2002. – N 1. – P. 70–71.
  22. **Алейников А.Ф., Габитов Н.М.** Формирование системы информационной поддержки задач маркетинга на уровне сельскохозяйственных предприятий. – Новосибирск, 2012. – 254 с.
  23. **Алейников А.Ф., Пальчикова И.Г., Глянченко В.С., Чугуй Ю.В.** Экспресс-метод оценки качества мяса // *Сиб. вестн. с.-х. науки.* – 2013. – № 6. – С. 71–79.
  24. **Шенк Х.** Теория инженерного эксперимента. – М.: Мир, 1972. – 381 с.
  25. **ГОСТ 8.207–76.** ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 7 с.
  26. **МИ 2083–90** ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 7 с.

## REFERENCES

1. **Korotkii I.A.** Sibirskaya yagoda. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii nizkotemperaturnogo konservirovaniya. – Kemerovo, 2007. – 146 s.
2. **Franchuk E.P.** Tovarnye kachestva plodov. – М.: Agropromizdat, 1986. – 269 s.
3. **Prikaz** Minzdrava № 614 ot 19.08.2016. – [Elektronnyi resurs]: URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=279426>
4. **Perspektivy** rosta proizvodstva plodovo-yagodnoi produktsii (Novosibirskaya oblast') – [Elektronnyi resurs]: URL: <http://naukarus.com/perspektivy-rosta-proizvodstva-plodovoyagodnoy-produktsii-novosibirskaya-oblast>
5. **Cédric Baudrit, Nathalie Perrot, Jean Marie Brousset et al.** A probabilistic graphical model for describing the grape berry maturity // *Computers and Electronics in Agriculture* – 2015. – N 118. – P. 124–135.
6. **Rodikov S.A.** Metody i ustroystva analiza zrelosti yablok. – М.: FIZMATLIT, 2009. – 216 s.
7. **Metodicheskoe i analiticheskoe obespechenie** issledovaniy po sadovodstvu. – Krasnodar: Izd-vo Sev.-Kavk. zon. nauch.-issled. in-ta sadovodstva i vinogradarstva., 2010. – 299 s.
8. **Figueiredo Neto A., Almeida F.A.C., Oliver N.C. et al.** Mechanical behavior of pumpkin fruits subjected to compression during maturation. *Pesq. Agropec. Trop.* – 2013. – N 43 (3). – P. 223–231.
9. **Véronique M. Gomes, Armando M. Fernandes, Arlete Faia et al.** Computers and Comparison of different approaches for the prediction of sugar content in new vintages of whole Port wine grape berries using hyperspectral imaging // *Electronics in Agriculture.* – 2017. – N 140. – P. 244–254.
10. **Gomes V., Fernandes A., Martins-Lopes et al.** Characterization of neural network generalization in the determination of pH and anthocyanin content of wine grape in new vintages and varieties // *Food Chem.* – 2017. – N 218. – P. 40–46.
11. **Prats-Montalbán J.M., de Juan A., Ferrer A.** Multivariate image analysis: A review

- with applications // *Chemom. Intell. Lab. Syst.* – 2011. – Vol. 107. – P. 1–23.
12. **González-Caballero V., Pérez-Marin D., Lypez M.-I. et al.** Optimization of NIR spectral data management for quality control of grape bunches during on-vine ripening // *Sensors.* – 2011. – N 11. – P. 6109–6124.
  13. **Hernández-Hierro J.M., Nogales-Bueno J., Rodríguez-Pulido F.J. et al.** Feasibility study on the use of near-infrared hyperspectral imaging for the screening of anthocyanins in intact grapes during ripening // *J. Agric. Food Chem.* – 2013. – N 61. – P. 9804–9809.
  14. **Le Moigne M., Dufour E., Bertrand D., Maury C. et al.** Front face fluorescence spectroscopy and visible spectroscopy coupled with chemometrics have the potential to characterise ripening of Cabernet Franc grape // *Anal. Chim. Acta.* – 2008. – N. 621. – P. 8–18.
  15. **De'bska B., Guzowska-Srwyder B.** Application of artificial neural network in food classification // *Anal. Chim. Acta.* – 2011. – N 705. – P. 283–291.
  16. **Fernandes A.M., Franco C., Mendes-Ferreira A., Mendes-Faia A.** Brix, pH and anthocyanin content determination in whole Port wine grape berries by hyperspectral imaging and neural networks // *Comput. Electron. Agric.* – 2015. – N 115. – P. 88–96.
  17. **Gomes V., Fernandes A., Martins-Lopes P., Pereira L. et al.** Characterization of neural network generalization in the determination of pH and anthocyanin content of wine grape in new vintages and varieties // *Food Chem.* – 2017. – N 218. – P. 40–46.
  18. **Acácio Figueiredo Neto, Nelson Cárdenas Olivier, Erlon Rabelo Cordeiro et al.** Determination of mango ripening degree by electrical impedance spectroscopy // *Computers and Electronics in Agriculture* – 2017. – N 143. – P. 222–226.
  19. **Chowdhury A., Bera T.K., Ghoshal D., Chakraborty B.** Studying the electrical impedance variations in banana ripening using electrical impedance spectroscopy // *Proc. IEEE Adv. Biol. Med. Soc.* – 2015. – N 1. – P. 97–99.
  20. **Goulao L.F., Oliveira C.M.** Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit – a Review // *Trends Food Sci. Technol.* – 2008. – N 19. – P. 4–25.
  21. **Schwann H.P.** Electrical properties of tissue and cell suspensions: mechanisms and models // *Proc. IEEE Adv. Biol. Med. Soc.* – 2002. – N 1. – P. 70–71.
  22. **Aleinikov A.F., Gabitov N.M.** Formirovanie sistemy informatsionnoi podderzhki zadach marketinga na urovne sel'skokhozyaistvennykh predpriyatii. – Novosibirsk, 2012. – 254 s.
  23. **Aleinikov A.F., Pal'chikova I.G., Glyanenko V.S., Chugui Yu.V.** Ekspress-metod otsenki kachestva myasa // *Sib. vestn. s.-kh. nauki.* – 2013. – № 6. – S. 71–79.
  24. **Shenk Kh.** Teoriya inzhenerenogo eksperimenta. – M.: Mir, 1972. – 381 s.
  25. **GOST 8.207-76.** GSI. Pryamyie izmereniya s mnogokratnymi nablyudenyami. Metody obrabotki rezul'tatov nablyudenii. – M.: Izd-vo standartov, 2001. – 7 s.
  26. **MI 2083-90** GSI. Izmereniya kosvennye. Opreделение rezul'tatov izmerenii i otsenivanie ikh pogreshnostei. – M.: Izd-vo standartov, 1991. – 7 s.

## BERRY MATURITY ASSESSMENT METHOD WITHOUT ITS DAMAGE

**A.F. ALEINIKOV<sup>1,2</sup>, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head Researcher,  
V.V. MINEYEV<sup>1</sup>, Senior Researcher**

<sup>1</sup>*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies, RAS,  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia;*

<sup>2</sup>*Novosibirsk State Technical University,  
20, Karl Marx Ave, Novosibirsk, 630073, Russia  
e-mail: fti2009@yandex.ru*

Commercial production of horticultural produce requires instrumental control means of physical properties of plants and technological methods. One of the most important parameters of high quality harvest of fruit and berries is their maturity. The main maturity assessment methods existing in Russia and other countries are analyzed. It is established that the method of impedance spectroscopy is preferable in the use of portable means for berry maturity determination in the field conditions. Research on maturity of blackcurrant berry *Altai late* and sea buckthorn *Altai* was conducted. The sample number of the chosen varieties of berries was 1000 pieces for each variety. They were harvested in accordance with their ripening stage. To determine the maturity of berries the dispersion coefficient of berry tissue polarization was taken as an informative parameter, which is the relation of modules of electric impedances measured at two frequencies. The assessment method of berry maturity degree consisting of construction and analysis of coefficient distribution hodograph was proposed. Distribution was carried out on a uniform range of harmonic frequencies of 100 to 10<sup>6</sup> Hz. The results of the research showed that maturity assessment is possible after 1-2 weeks from the beginning of berry ripening. The insignificant difference in dynamic changes of dispersion coefficient of berry tissue polarization is explained by specific content and disintegration of sugars and acids in sea buckthorn and currant. The assessment method of berry maturity allows to create portable devices that would reduce their losses during mechanical harvesting and storage.

**Keywords:** commercial horticulture, berries, quality, maturity, control means, tissue, impedance

*Поступила в редакцию 26.02.2018*





DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-11

УДК 631.11 «321»+633.16 «321»

## ПРОБЛЕМА СОПРЯЖЕННОЙ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА В СИБИРИ

**Т.А. ГУРОВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией,  
**Г.М. ОСИПОВА**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: guro-tamara@yandex.ru, osip@ngs.ru*

На основе литературных данных проанализировано состояние проблемы сопряженной (комбинированной) стрессоустойчивости растений при изменении климата в Сибири. Отмечено, что по результатам исследований Росгидромета Российской Федерации и мониторинга климата Всемирной метеорологической организации региональные изменения климата в России более существенны, чем в других регионах мира и имеют ярко выраженный характер. Последствия изменения климата оказывают наиболее существенное влияние именно на сельское хозяйство, которое в значительной степени зависит от погодных и климатических условий. В растениеводстве к числу адаптационных мер можно отнести повышение стрессоустойчивости растений за счет изменения видового состава возделываемых растений, новых сортов, технологий, средств защиты и других мер. Показано, что в связи с изменением климата возникает необходимость разработки регионально-ландшафтных комплексных программ, моделирование совместного действия стрессоров в лабораторных условиях с учетом повышения стресс-толерантности в полевых условиях. Рассмотрены наиболее интенсивные по повреждающему действию на продуктивность сельскохозяйственных культур комбинации стрессоров. Различные комбинации стрессоров требуют от организма растений новых типов ответных реакций, которые реализуются на молекулярном, клеточном и организменном уровне. Акцентировано внимание на необходимости использования инновационных подходов, учитывающих информацию о микробном сообществе того или иного места обитания (метагеномные технологии), использование современных молекулярно-биологических методов, основанных на применении транскриптомного, метаболомного, протеомного анализа растений.

**Ключевые слова:** растениеводство, изменение климата, Сибирь, сопряженная стрессоустойчивость растений, моделирование.

По оценкам регулярного мониторинга климата Всемирной метеорологической организацией сделан вывод об изменении климата на планете [1]. Согласно результатам исследований Научно-исследовательских учреждений Росгидромета Российской Федерации (РФ) с учетом данных за 2016 г. среднегодовая температура на территории РФ растет более чем в 2,5 раза быстрее глобальной, со скоростью 0,45 °C за 10 лет, и особенно быстро в полярной области. Годовая сумма осадков на территории РФ уве-

личивается на 2,1% за 10 лет [2]. Причем, в последние десятилетия региональные изменения климата в России более существенны, чем в других регионах мира и имеют ярко выраженный характер. Отклонения от средних за 1961–1990 гг. годовых температур приземного воздуха в 2012 году в Западной Сибири в летний период было наиболее высоким среди других регионов (2,81 °C, вероятность 100%). В Европейской части РФ – 1,64 °C и 89,5% соответственно. В Западной Сибири к середине XXI в. прогнозируется

повышение среднегодовой температуры воздуха на 3–4 °С, на севере Европейской части России на 2–3 °С [3]. Современный 30-летний климатический период Западной Сибири отличается от предыдущих более высоким энергетическим уровнем (температурами воздуха). Согласно выполненным прогнозам на 2021–2030 гг. рост температуры, а значит и испарения не приведет к ожидаемому снижению стока воды даже в южных районах недостаточного увлажнения. В то же время влажность почвы в летний период согласно расчетам уменьшится [4]. К сожалению, при более долгосрочных прогнозах погоды их точность существенно снижается. Тем не менее, урожайность некоторых сельскохозяйственных культур при росте средней температуры на 1–3 °С в средней полосе может несколько повыситься, а других снизиться, что приведет к удорожанию сельскохозяйственной продукции. В жарких странах любое повышение температур сразу приведет к снижению продуктивности культур и усугубит опасность появления голода [5, 6]. В настоящее время пока достоверно невозможно доказать, какие именно глобальные трансформации нам ожидать, но в последние двадцать лет аномальные явления в виде засухи, наводнений, ураганов случаются все чаще. Некоторые исследователи предполагают, что происходит смена климатической эпохи с зональной на меридиональную. Так, если в предыдущую эпоху (зональную) широкие полосы циклонов шли с запада на восток – в Сибирь через Европу, то сейчас погода «перемещается» вдоль меридианов – с одного полюса на другой [7].

Климатические изменения, которые наблюдаются в последние десятилетия, могут угрожать стабильности производства продуктов питания для человека и основных кормов для животных. Увеличение частоты и интенсивности экстремальных явлений, таких как наводнения и засухи будут оказывать воздействие на продовольственную безопасность, в частности, на производство сельскохозяйственных культур. Последствия изменения климата оказывают

наиболее существенное влияние именно на сельское хозяйство, которое в значительной степени зависит от погодных и климатических условий. Большое разнообразие почвенно-климатических условий России, и в частности в Сибири, предполагает и создание разных программ адаптации сельского хозяйства к изменениям климата, которые при этом должны быть комплексными и системными. В силу большого разнообразия почвенно-климатических условий РФ программы адаптации сельского хозяйства должны носить регионально-ландшафтный характер, оставаясь комплексными и системными [3].

В растениеводстве к числу адаптационных мер можно отнести повышение стрессоустойчивости растений за счет изменения видового состава возделываемых растений, новых сортов, технологий, средств защиты и других мер. Ганс Селье, который впервые разработал теорию стресса на животных объектах, определил стресс как совокупность стереотипных филогенетически запрограммированных реакций организма, которые вызываются любыми сильными, сверхсильными, экстремальными воздействиями и сопровождаются перестройкой адаптивных сил организма [8, 9].

Растения, по сравнению с животными организмами, вследствие своего «сидячего» образа жизни непрерывно подвергаются широкому ряду воздействий окружающей их среды. При переносе фаз триады Селье на растения первую стадию называют первичной индуктивной стрессовой реакцией. Вторая фаза – фаза адаптации и третья – истощение ресурсов надежности. Если повреждающее действие стрессора превосходит защитные возможности организма, то происходит его гибель. В этом случае можно говорить об экстремальном факторе [10–12].

В последние годы большой интерес вызывают стрессовые реакции, связанные с сопряженной («перекрестной», комбинированной) устойчивостью или кросс-адаптацией растений. Было установлено, что реакция растений на воздействие двух или

более стрессоров является уникальной и не может быть экстраполирована на реакцию растений к отдельному стрессору. При этом сопряжение может быть как положительным, так и отрицательным. Одновременное действие различных стрессоров приводит к высокой степени сложности ответных реакций растений, так как они контролируются различными, а иногда и противоположными сигнальными путями, которые могут или взаимодействовать, или ингибировать друг друга [13, 14]. Так, кратковременная тепловая обработка растений хлопчатника сопровождается повышением их устойчивости к последующему засолению. Адаптация растений к засолению приводит к повышению их термотолерантности [15]. Предварительный тепловой шок на том же объекте стимулирует способность растений адаптироваться к последующей засухе и, наоборот, в процессе засухи повышается устойчивость организма к высокой температуре [16]. Обработка ультрафиолетовым средневолновым излучением (УФ-В) способствует адаптации растений базилика к действию хлоридного засоления [17]. Кратковременный тепловой шок повышает адаптацию растений картофеля к хлоридному засолению и водному дефициту. При этом устойчивые к засолению генотипы обладают более выраженной способностью противостоять прогрессирующей почвенной засухе [18]. В то время как выращивание растений в условиях теплового стресса увеличивает их чувствительность к засухе [19], отрицательные температуры понижают устойчивость растений ячменя к действию *Bipolaris sorokiniana* Shoem. [20]. Наибольшее отрицательное влияние на растения мятлика установлено при совместном действии хлорида натрия и засухи [21]. Солевой стресс увеличивает восприимчивость растений томата к патогену *Solanum habrochaites* [22]. На арабидопсис губительно действует сочетание соли и теплового стресса, также как засухи и теплового стресса [14]. Кроме того, установлена сортоспецифичность пшеницы при совместном действии патогена *Bipolaris sorokiniana* Shoem. и хлоридно-

го засоления – от усиления до компенсации отрицательного влияния стрессоров [23].

В ответных реакциях растений на повреждающие факторы выделяют элементы специфической и неспецифической устойчивости. Однако до сих пор нет единой точки зрения о том, носит ли комплекс адаптивных реакций, протекающих в растении при воздействии неблагоприятных факторов, неспецифический характер [14]. Появление сопряженной устойчивости или кросс-адаптации (процесс повышения устойчивости организма к конкретному фактору в результате адаптации к фактору иной природы) является серьезным аргументом в пользу неспецифического (универсального, общего) характера защитных реакций организма. Функционирование общих систем устойчивости позволяет растению избегать огромных энергетических затрат, связанных с необходимостью формирования специализированных механизмов адаптации в ответ на действие стрессоров [24, 25]. Для формирования неспецифических элементов устойчивости (синтез белков теплового шока, полиаминов, моносахаридов, антиоксидантов и пр.) требуется меньше времени, чем для прохождения специфических адаптивных реакций (синтез белков-антифризов, переключение фотосинтеза на САМ-путь и др.). Специфическая реакция на действие экстремальных факторов контролируется генетическими механизмами через работу белоксинтезирующего аппарата. В основе неспецифической реакции лежит физиологическая пластичность (изменение структуры и активности клеточных белков, пластичность мембранных компонентов, генерация активных форм кислорода и пр.). Системы восстановления работают на разных уровнях биологической организации – молекулярном, клеточном, организменном, популяционном и биоценоотическом [26–28].

Способность видов, популяций и сортов растений переносить неблагоприятные факторы среды различная. В связи с этим выявление наиболее стресс-толерантных для конкретных почвенно-климатических условий видов и сортов сельскохозяйствен-

ных культур в условиях изменения климата является важной задачей на современном этапе. Под толерантностью сельскохозяйственных культур можно понимать способность популяций и сортов растений переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды без резкого снижения урожайности и потери способности к размножению [29, 30].

Текущие и прогнозируемые изменения климата объединяют комплекс стрессоров, влияющих на рост, развитие и урожайность растений и ежегодные потери от воздействия стрессоров оцениваются в мире в миллиарды долларов. Многочисленные исследования влияния стрессоров на растения проводятся в основном в лабораторных условиях. Несмотря на большую производительность, стабильность и четкую моделируемость лабораторных опытов, условия в пределах любого конкретного поля отличаются от контролируемых условий в лаборатории. Обычно в лабораторных условиях применяют одновременное воздействие на растения одного абиотического и одного биотического стрессора. Абиотический стрессор, как правило, объединяют с какой-либо патогенной инфекцией [31]. В результате изменения климата может измениться взаимодействие с сорняками, насекомыми, патогенами, такими как вирусы, бактерии, нематоды и грибы. Из-за сложности имитации полевых условий интенсивность и продолжительность стресса могут отличаться в лабораторных опытах от полевых. Кроме того, прогнозируемые климатические модели точно не отражают изменение климата на уровне конкретных участков земель и полей [14, 30, 32].

Для решения этой проблемы разрабатывается ряд подходов, которые включают не только изменение видового состава возделываемых растений, новых сортов, технологий, средств защиты, но и выбор комбинации конкретных стрессоров для изучения в лабораторных условиях. При сочетании различных стрессоров исследователи ставят задачу определения конкретных молекулярных путей, которые смогли бы обеспечить

стрессоустойчивость растений в полевых условиях. Выделены наиболее интенсивные по повреждающему действию на продуктивность сельскохозяйственных культур комбинации стрессоров. Они включают: засуха – жара; озон ( $O_3$ ) – засоленность;  $O_3$  – жара; питательный стресс – засуха; питательный стресс – засоленность; питательный стресс – высокий уровень углекислого газа ( $CO_2$ ); УФ-В – жара; свет высокой интенсивности в сочетании с жарой, засухой или заморозками. В последние годы к ним добавлен ряд других комбинаций стрессоров. К ним относят засуху и заморозки, засуху и засоленность, тяжелые металлы в сочетании с засухой, УФ-В с различными видами тяжелых металлов (Cd, Zn) и засуху, сопряженную с уплотнением почвы [14, 33–37]. По мнению исследователей, большинство из указанных взаимодействий стрессоров могут быть связаны с вредителями и патогенами [38]. В некоторых исследованиях установлено, что воздействие специфическими абиотическими стрессорами повышает устойчивость растений к биотическим стрессам [39–43]. Однако в большинстве случаев пролонгированная экспозиция растений к абиотическим стрессам, таким как засуха, экстремальная температура, питательный стресс или засоленность приводят к ослаблению иммунитета растений и повышенной чувствительности к биотическим стрессам [20, 22, 23, 44–46]. Кроме того, недавние исследования показали, что в некоторых комбинациях биотических и абиотических стрессоров растения уделяют приоритетное внимание реагированию на один из индивидуальных стрессоров, участвующих в комбинации [47, 48]. Эти противоречивые результаты свидетельствуют о том, что положительное или отрицательное воздействие определенной комбинации стрессоров может определяться конкретным генотипом растения, сорта, вида или сроками и интенсивностью стрессов.

Большинство из изученных на сегодняшний день комбинаций стрессоров оказывают негативное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур в полевых усло-

виях и это связано с большей чувствительностью к стрессам репродуктивных тканей по сравнению с вегетативными органами. В связи с этим приоритетной задачей является изучение реакции генеративных органов на стрессорные комбинации [49]. Ключевую роль в повышении толерантности растений к комбинации стрессоров играют механизмы антиоксидантной защиты и карбоновый метаболизм [37, 50–52]. С помощью транскриптомного, метаболомного и протеомного анализов были выявлены различные сигнальные пути, которые активируются конкретными комбинациями стрессоров. Они включают различные факторы транскрипции, защитные реакции, сигналы гормонов и синтез осмолитов [53–57]. Реакция растений на комбинации различных стрессоров, вероятно, может координироваться этими различными путями и сигналами. Наши знания о молекулярных, биохимических и биофизических механизмах реакции растений на комбинации различных стрессов еще недостаточны и необходимы исследования в этом направлении [58–60]. В настоящее время проводятся интенсивные исследования, связанные с анализом микробиомов – сообществом микроорганизмов, живущих в конкретной экологической нише. Оптимизация питания растений, устойчивость к абиотическим стрессам и защита от фитопатогенов связаны с гормональной регуляцией микробами статуса растения [61]. Внимание ученых в последнее время привлекают ассоциации растений с полезными микроорганизмами, и в частности с эндофитными бактериями, которые способны колонизировать внутренние ткани растения, не вызывая его заболеваний и не оказывая отрицательного влияния на развитие. Бактериальные эндофиты колонизируют те же самые экологические ниши, что и фитопатогенные микроорганизмы и рассматриваются как перспективный агент биоконтроля фитопатогенов и повышения устойчивости растений к абиотическим стрессорам [62, 63].

Таким образом, в связи с изменением климата возникает необходимость разра-

ботки регионально-ландшафтных комплексных программ, моделирование совместного действия стрессоров в лабораторных условиях с учетом повышения стресс-толерантности в полевых условиях. Несмотря на то, что наиболее быстрая адаптация и микроэволюция происходят на популяционном уровне, остается много неизвестного для этого процесса [64]. Различные комбинации стрессоров требуют от организма растений новых типов ответных реакций, которые реализуются на разных уровнях биологической организации: молекулярном, клеточном и организменном уровне. Для дальнейших исследований необходимы инновационные подходы, учитывающие информацию о микробном сообществе того или иного места обитания (метагеномные технологии), использование современных молекулярно-биологических методов, основанных на применении транскриптомного, метаболомного и протеомного анализа растений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **World Meteorological Organization.** – WMO, 2017. – № 1189 – [Электронный ресурс]: [http://www.wmo.int/pages/themes/WMO/climatechange\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/themes/WMO/climatechange_en.html)
2. **Доклад** об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. – М.: Росгидромет, 2017. – 70 с.
3. **Стратегический** прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. – М.: Росгидромет, 2005. – 28 с.
4. **Парамонов В.В., Земцев В.А., Копысов С.Г.** Климат Западной Сибири в фазу замедления потепления (1986–2015 гг.) и прогнозирование гидроклиматических ресурсов на 2021–2030 гг. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг ресурсов. – 2017. – Т. 328, № 1. – С. 62–74.
5. **Приручить** погоду. Глобальное потепление наносит урон аграриям // Агротехника и технология. – 2017. – № 5. – [Электронный ресурс]: <http://www.agroinvestor.ru/regions/article/28577-nebesnye-syurprizy/>
6. **Кокорин А.О.** Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. – М.:

- Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – 80 с.
7. **Изменение** климата Сибири. – [Электронный ресурс]: <http://3rm.info/interesnoe/58094-izmenenie-klimata-sibiri.html>
  8. **Ганс Селье.** Очерки об адаптационном синдроме. – М.: МЕДГИЗ, 1960. – 253 с.
  9. **Селье Г.** На уровне целого организма. – М.: Наука, 1972. – 122 с.
  10. **Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С.** Стресс у растений (биофизический подход). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 144 с.
  11. **Пятыгин С.С.** Стресс у растений: физиологический подход // Журн. общей биологии. – 2008. – Т. 69, № 4. – С. 294–298.
  12. **Растение и стресс** (курс лекций). – ГОУ ВПО «Уральский ГУ». – Екатеринбург, 2008. – 40 с.
  13. **Генкель П.А.** О сопряженной и конвергентной устойчивости растений // Физиология растений. – 1979. – Т. 26, вып. 5. – С. 921–929.
  14. **Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R.** Abiotic and biotic stress combinations // New Phytologist. – 2014. – Vol. 203, N 1. – P. 32–43.
  15. **Kuznetsov V.I., Rakitin V.Yu., Borisova N.N., Rotschupkin B.V.** Why does heat shock increase salt resistance in cotton plants? // Plant Physiol. Biochem. – 1993. – Vol. 31, N 2. – P. 181–188.
  16. **Kuznetsov V.I., Rakitin V.Yu., Zholkevich V.N.** Effects of preliminary heatshock treatment on accumulation of osmolytes and drought resistance in cotton plants during water deficiency // Physiologia Plantarum. – 1999. – Vol. 107, N 4. – P. 399–406.
  17. **Тоайма В.И., Радюкина Н.Л., Дмитриева Г.А., Кузнецов Вл.В.** Участие антиоксидантной защитной системы базилика в кросс-адаптации при комплексном действии УФ-В и засоления // Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство. – 2010. – № 3. – С. 34–40.
  18. **Норкулов Н.Х., Давлятназарова З.Б., Шукурова М.Х., Ашуров С.Х., Файзиева С.А., Алиев К.А.** Влияние теплового шока и последующей почвенной засухи на активность окислительных систем растений картофеля // Известия академии наук Республики Таджикистан, отделение биологических и медицинских наук. – 2014. – № 4 (188). – С. 29–35.
  19. **Yongbo Wu, Bo Ye.** Effects of combined elevated temperature and drought stress on anti-oxidative enzyme activities and reactive oxygen species metabolism of *Broussonetia papyrifera* seedlings // Shengtai xuebao. – 2016. – Vol. 36, N 2. – P. 403–410.
  20. **Ptazek A., Hura K., Zur I., Nimczyk E.** Relationship between frost tolerance and cold-induced resistance of spring barley, meadow fescue and winter oilseed rape to fungal pathogens // J. Agron and Grop Sci. – 2003. – Vol. 189, N 5. – P. 333–340.
  21. **Chang Hong-jun, Qin Yu-qian.** Влияние стрессов NaCl и засухи на качество и флуоресценцию хлорофилла мятлика лугового // Acta Bot.boreali-occident. Sin. – 2008. – Т. 28, № 9. – С. 1850–1855.
  22. **Kissoudis C., Chowdhury R., Van Heusden S., Van de Wiel C., Finkers R., Vissler R.G., Bai Y., Van der Linden G.** Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato // Euphytica. – 2015. – Vol. 202, N 2. – P. 317–332. DOI 10.1007/s10681–015–1363–x
  23. **Гурова Т.А., Луговская О.С., Свежинцева Е.А.** Влияние совместного действия обыкновенной корневой гнили и хлоридного засоления на проростки сортов пшеницы // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 157–159.
  24. **Кузнецов В.В.** Индуцибельные системы и их роль в адаптации растений к стрессорным факторам: автореф. дис.... д-ра биол. наук в форме научного доклада. – Кишинев. – 1992. – 74 с.
  25. **Карпун Н.Н., Янушевская Э.Б., Михайлова Е.В.** Механизмы формирования неспецифического индуцированного иммунитета у растений при биогенном стрессе // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50, № 5. – С. 540–549.
  26. **Кузнецов В.В.** Общие системы устойчивости и трансдукция стрессорного сигнала при адаптации растений к абиотическим факторам // Вестн. Нижегородского ун-та. – 2001. – Т. 48, № 5 – С. 65–69.
  27. **Медведев С.С.** Физиология растений: Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 336 с.
  28. **Kreslavski V.D., Allakhverdiev S.I., Los D.A., Kuznetsov V.V.** Signaling role of reactive oxygen species in plants under stress Signaling

- role of reactive oxygen species in plants under stress // Russian Journal of Plant Physiology. – 2012. – Т. 59, № 2. – С. 141–154.
29. **Kashevarov N.I., Osipova G.M., Tyuryukov A.G., Filippova N.I.** Investigation of the characteristics of smooth bromegrass (*Bromopsis inermis* Leys) biological traits for cultivation under extreme environmental conditions // Russian Agricultural Sciences. – 2015. – Vol. 41, № 1. – P. 14–17.
30. **Mittler R., Blumwald E.** Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives // The annual Review of Plant Biology. – 2010. – Vol. 61. – P. 443–462.
31. **Методические** положения ранней диагностики устойчивости сортов яровой пшеницы и ячменя к совокупному действию стрессоров / Т.А. Гурова, С.Г. Денисюк, О.С. Луговская, Е.А. Свежинцева, В.В. Минеев; СФНЦА РАН.– Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – 62 с.
32. **Гурова Т.А., Осипова Г.М.** Инструментальные методы и программно-аппаратные средства при решении проблемы стрессоустойчивости в растениеводстве // Вычислительные технологии. – 2016. – Т. 21, вып. 1. – С. 65–74.
33. **Mittler R.** Abiotic stress, the field environment and stress combination // Trends in Plant Science. – 2006. – Vol. 11. – P. 15–19.
34. **Bandurska H., Niedziela J., Chadzinikolaou T.** Separate and combined responses to water deficit and UV-B radiation // Plant Science. – 2013. – Vol. 213. – P. 98–105.
35. **Cherif J., Mediouni C., Ben Ammar W., Jemal F.** Interactions of zinc and cadmium toxicity in their effects on growth and in antioxidative systems in tomato plants (*Solanum lycopersicum*) // J. of Environmental Sciences (China). – 2011. – Vol. 23. – P. 837–844.
36. **De Silva ND., Cholewa E., Ryser P.** Effects of combined drought and heavy metal stresses on xylem structure and hydraulic conductivity in red maple (*Acer rubrum* L.) // J. of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63. – P. 5957–5966.
37. **Ahmed IM., Dai H., Zheng W., Gao F., Zhang G., Sun D., Wu F.** Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley // Plant Physiology and Biochemistry. – 2013. – Vol. 63. – P. 49–60.
38. **Atkinson N.J., Urwin P.E.** The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field // J. of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63. – P. 3523–3543.
39. **Carter AH, Chen XM, Garland-Campbell K., Kidwell K.K.** Identifying QTL or high-temperature adult-plant resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in the spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar 'Louise'. TAG. // Theoretical and Applied Genetics. – 2009. – Vol. 119. – P. 1119–1128.
40. **Bowler C., Fluhr R.** The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance // Trends in Plant Science. – 2000. – Vol. 5. – P. 241–246.
41. **Rouhier N., Jacquot J.P.** Getting sick may help plants overcome abiotic stress // New Phytologist. – 2008. – Vol. 180. – P. 738–741.
42. **Пшибытко Н.Л., Зеневич Л.А., Жаворонкова Н.Б., Лысенко Е.А., Кабашникова Л.Ф.** Засуха как костректор при фузариозном увядании томатов (*Solanum Lycopersicum*) // Вестник национальной академии наук Беларуси. – 2012. – № 1. – С. 80–84.
43. **Юшкевич Т.И.** Кросс-адаптация и устойчивость проростков сахарной свеклы при действии сверх сильных стрессоров // Современная микология в России. – 2015. – Т. 5. – С. 160.
44. **Anderson JP, Badruzsauhari E, Schenk PM, Manners JM, Desmond OJ, Ehlerl C, Maclean DJ., Ebert PR, Kazan K.** Antagonistic interaction between abscisic acid and jasmonate-ethylene signaling pathways modulates defense gene expression and disease resistance in Arabidopsis // Plant Cell. – 2004. – Vol. 16. – P. 3460–3479.
45. **Amtmann A., Troufflard S., Armengaud P.** The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants // Physiologia Plantarum. – 2008. – Vol. 133. – P. 682–691.
46. **Zhu Y., Qian W., Hua J.** Temperature modulates plant defense responses through NB-LRR proteins // PLoS Pathogens. – 2010. – Vol. 6. e100084.
47. **Atkinson NJ, Lilley CJ, Urwin PE.** Identification of genes involved in the response of *Arabidopsis* to simultaneous biotic and abiotic stresses // Plant Physiology. – 2013. – Vol. 162. – P. 2028–2041.
48. **Schenke D., Bottcher C., Scheel D.** Crosstalk between abiotic ultraviolet-B stress and biotic

- (flg22) stress signaling in *Arabidopsis* prevents flavonol accumulation in favor of pathogen defence compound production // *Plant, Cell & Environment*. – 2011. – Vol. 34. – P. 1849–1864.
49. **Prasad P.V., Pisipati S.R., Momčilović I, Ristic Z.** Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2011. – Vol. 197. – P. 430–441.
  50. **Demirevska K., Simova-Stoilova L., Fedina I., Georgieva K., Kunert K.** Response of oryzacystatin I transformed tobacco plants to drought, heat and light stress // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2010. – Vol. 196. – P. 90–99.
  51. **Perez-Lopez U., Miranda-Apodaca J., Munoz-Rueda A., Mena-Petite A.** Lettuce production and antioxidant capacity are differentially modified by salt stress and light intensity under ambient and elevated CO<sub>2</sub> // *Journal of Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 170. – P. 1517–1525.
  52. **Sales C.R., Ribeiro R.V., Silveira J.A., Machado E.C., Martins M.O., Lagoa A.M.** Superoxide dismutase and ascorbate peroxidase improve the recovery of photosynthesis in sugarcane plants subjected to water deficit and low substrate temperature // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2013. – Vol. 73. – P. 326–336.
  53. **Arbona V., Manzi M., Ollas C., Gymez-Cadenas A.** Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants // *International Journal of Molecular Sciences* – 2013. – ol. 14(3), P. 4885–4911. DOI: 10.3390/ijms14034885
  54. **Bo Peng, Hui Li, Xuan-Xian Eng.** Functional metabolomics: from biomarker discovery to metabolome reprogramming // *Protein & Cell*. – 2015. – Vol. 6, N 9. – P. 628–637, DOI. ORG/10.1007/s13238-015-0185-x
  55. **Drapal M., Vignolo E.R.F., Rosales R.O.G., Bonierbale M., Mihovilovich E., Fraser P.D.** Identification of metabolites associated with water stress responses in *Solanum tuberosum* L. clones. // *Phytochemistry*. – 2017. – Vol. 135. – P. 24–33. DOI 10.1016/j.phytochem.2016.12.003
  56. **Пузанский Р.К., Емельянов В.В., Гавриленко Т.А., Шишова М.Ф.** Метабомика — современный подход при изучении адаптации растений картофеля к биотическому и абиотическому стрессу (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53, № 1. – С. 15–28. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.15rus
  57. **Sun CX, Li MQ, Gao XX, Liu LN, Wu X.F, Zhou J.H.** Metabolic response of maize plants to multi-factorial abiotic stresses // *Plant Biol (Stuttg)*. – 2016 Jan. – Vol. 18. – Suppl 1. – P. 120–129. DOI 10.1111/plb.12305. Epub 2015 Jan 26
  58. **Koussevitzky S., Suzuki N., Huntington S., Armijo L., Sha W., Cortes D., Shulaev V., Mittler R.** Ascorbate peroxidase 1 plays a key role in the response of *Arabidopsis thaliana* to stress combination // *Journal of Biological Chemistry*. – 2008. – Vol. 283. – P. 34197–34203.
  59. **Prasch C.M., Sonnewald U.** Simultaneous application of heat, drought, and virus to *Arabidopsis* plants reveals significant shifts in signaling networks // *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 162. – P. 1849–1866.
  60. **Rasmussen S, Barah P, Suarez-Rodriguez MC, Bressendorff S, Friis P, Costantino P, Bones AM, Nielsen HB, Mundy J.** Transcriptome responses to combinations of stresses in *Arabidopsis* // *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 161. – P. 1783–1794.
  61. **Тихонович И.А., Иванова Е.А., Першина Е.В., Андронов Е.Е.** Мета геномные технологии выявления генетических ресурсов микроорганизмов // *Вестн. РАН*. – 2017. – № 4. – С. 31–35.
  62. **Чеботарь В.К., Щербakov А.В., Щербакoва Е.Н., Масленникова С.Н., Заплаткин А.Н., Мальфанова Н.В.** Эндofитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие // *Сельскохозяйственная биология*. – 2015. – Т. 50, № 5. – С. 648–654.
  63. **Baltruschaft H., Fodor J., Harrach B.D. et al.** Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants // *New Phytologist*. – 2008. – Vol. 180, N 2. – P. 501–510.
  64. **Penuelas J., Sardans J., Estiarte M., Ogaya R., Carnicer J. et al.** Evidence of current impact of climate change on life: a walk from genes to the biosphere // *Global Change Biology*. – 2013. – Vol. 19, N 8. – P. 2303–2338.

REFERENCES

1. **World Meteorological Organization.** – WMO, 2017. – № 1189 [Elektronnyi resurs]: [http://www.wmo.int/pages/themes/WMO\\_climate-change\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/themes/WMO_climate-change_en.html)
2. **Doklad** ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii za 2016 god. – M.: Rosgidromet, 2017. – 70 s.
3. **Strategicheskii** prognoz izmenenii klimata Rossiiskoi Federatsii na period do 2010-2015 gg. i ikh vliyaniya na otrasli ekonomiki Rossii. – M.: Rosgidromet, 2005. – 28 s.
4. **Paramonov V.V., Zemtsev V.A., Kopysov S.G.** Klimat Zapadnoi Sibiri v fazu zamedleniya potepeniya (1986–2015 gg.) i prognozirovaniye gidroklimaticheskikh resursov na 2021–2030 gg. // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring resursov.* – 2017. – T. 328, № 1. – S. 62–74.
5. **Priruchit'** pogodu. Global'noe poteplenie nanosit uron agrariyam // *Agrotekhnika i tekhnologiya.* – 2017. – № 5. – [Elektronnyi resurs]: <http://www.agroinvestor.ru/regions/article/28577-nebesnye-syurprizy/>
6. **Kokorin A.O.** Izmeneniye klimata: obzor Pyatogo otsenoch'nogo doklada MGEIK. – M.: Vsemirnyi fond dikoi prirody (WWF), 2014. – 80 s.
7. **Izmeneniye** klimata Sibiri. – [Elektronnyi resurs]: <http://3rm.info/interesnoe/58094-izmeneniye-klimata-sibiri.html>
8. **Gans Sel'e.** Ocherki ob adaptatsionnom sindrome. – M.: MEDGIZ, 1960. – 253 s.
9. **Sel'e G.** Na urovne tselogo organizma. – M.: Nauka, 1972. – 122 s.
10. **Veselova T.V., Veselovskii V.A., Chernavskii D.S.** Stress u rastenii (biofizicheskii podkhod). – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1993. – 144 s.
11. **Pyatygin S.S.** Stress u rastenii: fiziologicheskii podkhod // *Zhurn. Obshchei Biologii.* – 2008. – T. 69, № 4. – S. 294–298.
12. **Rasteniye i stress** (kurs lektsii). – GOU VPO «Ural'skii GU». – Ekaterinburg, 2008. – 40 s.
13. **Genkel' P.A.** O sopryazhennoi i konvergentnoi ustoichivosti rastenii // *Fiziologiya rastenii.* – 1979. – T. 26, vyp. 5. – S. 921–929.
14. **Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R.** Abiotic and biotic stress combinations // *New Phytologist.* – 2014. – Vol. 203, N 1. – P. 32–43.
15. **Kuznetsov V.I., Rakitin V.Yu., Borisova N. N., Rotschupkin B.V.** Why does heat shock increase salt resistance in cotton plants? // *Plant Physiol. Biochem.* – 1993. – Vol. 31, N 2. – P. 181–188.
16. **Kuznetsov V.I., Rakitin V.Yu., Zholkevich V.N.** Effects of preliminary heatshock treatment on accumulation of osmolytes and drought resistance in cotton plants during water deficiency // *Physiologia Plantarum.* – 1999. – Vol. 107, N 4. – P. 399–406.
17. **Toaima V.I., Radyukina N.L., Dmitrieva G.A., Kuznetsov V.I.** Uchastie antioksidantnoi zashchitnoi sistemy bazilika v kross - adaptatsii pri kompleksnom deistvii UF – V i zasoleniya. // *Vestnik RUDN, seriya Agronomiya i zhivotnovodstvo.* – 2010. – № 3. – S. 34–40.
18. **Norkulov N.Kh., Davlyatnazarova Z.B., Shukurova M.Kh., Ashurov S.Kh., Faizieva S.A., Aliev K.A.** Vliyanie teplovogo shoka i posleduyushchei pochvennoi zasukhi na aktivnost' okislitel'nykh sistem rastenii kartofelya // *Izvestiya akademii nauk respubliky Tadjikistan, otdeleniye biologicheskikh i meditsinskikh nauk.* – 2014. – № 4 (188). – S. 29–35.
19. **Yongbo Wu, Bo Ye.** Effects of combined elevated temperature and drought stress on anti-oxidative enzyme activities and reactive oxygen species metabolism of *Broussonetia papyrifera* seedlings // *Shengtai xuebao.* – 2016. – Vol. 36, N 2. – P. 403–410.
20. **Ptazek A., Hura K., Zur I., Nimczyk E.** Relationship between frost tolerance and cold-induced resistance of spring barley, meadow fescue and winter oilseed rape to fungal pathogens // *J. Agron and Crop Sci.* – 2003. – Vol. 189, N 5. – P. 333–340.
21. **Chang Hong-jun, Qin Yu-qian.** Vliyanie stressov NaCl i zasukhi na kachestvo i fluorestsentsiyu khlorofilla myatlika lugovogo // *Acta Bot. boreali-occident. Sin.* – 2008. – T. 28, № 9. – S. 1850–1855.
22. **Kissoudis C., Chowdhury R., Van Heusden S., Van de Wiel C., Finkers R., Vissers R.G., Bai Y., Van der Linden G.** Combined biotic and abiotic stress resistance in tomato // *Euphytica.* – 2015. – Vol. 202, N 2. – P. 317–332. DOI 10.1007/s10681-015-1363-x
23. **Gurova T.A., Lugovskaya O.S., Svezhintseva E.A.** Vliyanie sovместnogo deistviya obyknovЕННОI kornevoi gnili i khloridnogo zasoleniya na prorostki sortov pshenitsy // *Uspekhi sovremennoi nauki.* – 2017. – T. 2, № 4. – S. 157–159.

24. **Kuznetsov V.V.** Indutsibel'nye sistemy i ikh rol' v adaptatsii rastenii k stressornym faktoram: avtoref. dis.... d-ra biol. nauk v forme nauchnogo doklada. – Kishinev. – 1992. – 74 s.
25. **Karpun N.N., Yanushevskaya E.B., Mikhailova E.V.** Mekhanizmy formirovaniya nespetsificheskogo indutsirovannogo immuniteta u rastenii pri biogennom stresse. // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. – 2015. – T. 50, № 5. – S. 540–549.
26. **Kuznetsov V.V.** Obshchie sistemy ustoichivosti i transduksiya stressornogo signala pri adaptatsii rastenii k abioticheskim faktoram // Vestn. Nizhegorodskogo un-ta. – 2001. – T. 48, № 5 – S. 65–69.
27. **Medvedev S.S.** Fiziologiya rastenii: Ucheb. – SPb: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2004. – 336 s.
28. **Kreslavski V.D., Allakhverdiev S.I., Los D.A., Kuznetsov V.V.** Signaling role of reactive oxygen species in plants under stress Signaling role of reactive oxygen species in plants under stress // Russian Journal of Plant Physiology. – 2012. – T. 59, № 2. – S. 141–154.
29. **Kashevarov N.I., Osipova G.M., Tyuryukov A.G., and Filippova N.I.** Investigation of the characteristics of smooth bromegrass (*Bromopsis inermis* Leys) biological traits for cultivation under extreme environmental conditions // Russian Agricultural Sciences. – 2015. – Vol. 41, № 1. – P. 14–17.
30. **Mittler R., Blumwald E.** Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives // The annual Review of Plant Biology. – 2010. – Vol. 61. – P. 443–462.
31. **Metodicheskie** polozheniya rannei diagnostiki ustoichivosti sortov yarovoi pshenitsy i yachmenya k sovokupnomu deistviyu stressorov / T.A. Gurova, S.G. Denisyuk, O.S. Lugovskaya, E.A. Svezhintseva, V.V. Mineev; SFNTsA RAN.– Novosibirsk: SFNTsA RAN, 2017. – 62 s.
32. **Gurova T.A., Osipova G.M.** Instrumental'nye metody i programmno-apparatnye sredstva pri reshenii problemy stressoustoichivosti v rastenievodstve // Vychislitel'nye tekhnologii. – 2016. – T. 21, vyp. 1. – S. 65–74.
33. **Mittler R.** Abiotic stress, the field environment and stress combination // Trends in Plant Science. – 2006. – Vol. 11. – P. 15–19.
34. **Bandurska H., Niedziela J., Chadzinikolau T.** Separate and combined responses to water deficit and UV-B radiation // Plant Science. – 2013. – Vol. 213. – P. 98–105.
35. **Cherif J., Mediouni C., Ben Ammar W., Jemal F.** Interactions of zinc and cadmium toxicity in their effects on growth and in antioxidative systems in tomato plants (*Solanum lycopersicum*) // J. of Environmental Sciences (China). – 2011. – Vol. 23. – P. 837–844.
36. **De Silva ND., Cholewa E., Ryser P.** Effects of combined drought and heavy metal stresses on xylem structure and hydraulic conductivity in red maple (*Acer rubrum* L.) // J. of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63. – P. 5957–5966.
37. **Ahmed IM., Dai H., Zheng W., Gao F., Zhang G., Sun D., Wu F.** Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley // Plant Physiology and Biochemistry. – 2013. – Vol. 63. – P. 49–60.
38. **Atkinson NJ, Urwin PE.** The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field // J. of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63. – P. 3523–3543.
39. **Carter AH, Chen XM, Garland-Campbell K, Kidwell KK.** Identifying QTL or high-temperature adult-plant resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in the spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar 'Louise'. TAG. // Theoretical and Applied Genetics. – 2009. – Vol. 119. – P. 1119–1128.
40. **Bowler C, Fluhr R.** The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance // Trends in Plant Science. – 2000. – Vol. 5. – P. 241–246.
41. **Rouhier N, Jacquot JP.** Getting sick may help plants overcome abiotic stress // New Phytologist. – 2008. – Vol. 180. – P. 738–741.
42. **Pshibytko N.L., Zenevich L.A., Zhavoronkova N.B., Lysenko E.A., Kabashnikova L.F.** Zasukha kak kostressor pri fuzarioznom uvyadaniy tomatov (*Solanum Lycopersicum*) // Vestnik natsional'noi akademii nauk Belarusi. – 2012. – № 1. – S. 80–84.
43. **Yushkevich T.I.** Kross-adaptatsiya i ustoichivost' prorostrkov sakharnoi svekly pri deistvii sverkh sil'nykh stressorov // Sovremennaya mikologiya v Rossii. – 2015.– T. 5. – S. 160.
44. **Anderson JP, Badruzaufari E, Schenk PM, Manners JM, Desmond OJ, Ehlert C, Maclean DJ, Ebert PR, Kazan K.** Antagonistic interaction between abscisic acid and jasmo-

- nate-ethylene signaling pathways modulates defense gene expression and disease resistance in *Arabidopsis* // *Plant Cell*. – 2004. – Vol. 16. – P. 3460–3479.
45. **Amtmann A, Troufflard S, Armengaud P.** The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants // *Physiologia Plantarum*. – 2008. – Vol. 133. – P. 682–691.
46. **Zhu Y, Qian W, Hua J.** Temperature modulates plant defense responses through NB-LRR proteins // *PLoS Pathogens*. – 2010. – Vol. 6. e100084.
47. **Atkinson NJ, Lilley CJ, Urwin PE.** Identification of genes involved in the response of *Arabidopsis* to simultaneous biotic and abiotic stresses // *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 162. – P. 2028–2041.
48. **Schenke D, Bottcher C, Scheel D.** Crosstalk between abiotic ultraviolet-B stress and biotic (flg22) stress signaling in *Arabidopsis* prevents flavonol accumulation in favor of pathogen defence compound production // *Plant, Cell & Environment*. – 2011. – Vol. 34. – P. 1849–1864.
49. **Prasad P.V., Pisipati S.R., Momčilović I, Ristic Z.** Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2011. – Vol. 197. – P. 430–441.
50. **Demirevska K, Simova-Stoilova L, Fedina I, Georgieva K, Kunert K.** Response of oryzacystatin I transformed tobacco plants to drought, heat and light stress // *Journal of Agronomy and Crop Science*. – 2010. – Vol. 196. – P. 90–99.
51. **Perez-Lopez U, Miranda-Apodaca J, Munoz-Rueda A, Mena-Petite A.** Lettuce production and antioxidant capacity are differentially modified by salt stress and light intensity under ambient and elevated CO<sub>2</sub> // *Journal of Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 170. – P. 1517–1525.
52. **Sales C.R., Ribeiro R.V., Silveira J.A., Machado E.C., Martins M.O., Lagoa A.M.** Superoxide dismutase and ascorbate peroxidase improve the recovery of photosynthesis in sugarcane plants subjected to water deficit and low substrate temperature // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2013. – Vol. 73. – P. 326–336.
53. **Arbona V., Manzi M., Ollas C., Gumez-Cadenas A.** Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants // *International Journal of Molecular Sciences* – 2013. – 14(3): 4885–4911 DOI: 10.3390/ijms14034885
54. **Bo Peng, Hui Li, Xuan-Xian Eng.** Functional metabolomics: from biomarker discovery to metabolome reprogramming // *Protein & Cell*. – 2015. – Vol. 6, N 9. – P. 628–637, DOI: ORG/10.1007/s13238-015-0185-x
55. **Drapal M., Vignolo E.R.F., Rosales R.O.G., Bonierbale M., Mihovilovich E., Fraser P. D.** Identification of metabolites associated with water stress responses in *Solanum tuberosum* L. clones. // *Phytochemistry*. – 2017. – Vol. 135. – P. 24–33 DOI 10.1016/j.phytochem.2016.12.003
56. **Puzanskii R.K., Emel'yanov V.V., Gavrilenko T.A., Shishova M.F.** Metabolomika — sovremennyi podkhod pri izuchenii adaptatsii rastenii kartofelya k bioticheskomu i abioticheskomu stressu (obzor) // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. – 2018. – T. 53, № 1. – S. 15–28 DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.15rus
57. **Sun CX, Li MQ, Gao XX, Liu LN, Wu XF, Zhou JH.** Metabolic response of maize plants to multi-factorial abiotic stresses // *Plant Biol (Stuttg)*. – 2016 Jan.; – Vol. 18. – Suppl 1. – P. 120–129. DOI: 10.1111/plb.12305. Epub 2015 Jan 26
58. **Koussevitzky S., Suzuki N., Huntington S., Armijo L., Sha W., Cortes D., Shulaev V., Mittler R.** Ascorbate peroxidase 1 plays a key role in the response of *Arabidopsis thaliana* to stress combination // *Journal of Biological Chemistry*. – 2008. – Vol. 283. – P. 34197–34203.
59. **Prasch CM, Sonnewald U.** Simultaneous application of heat, drought, and virus to *Arabidopsis* plants reveals significant shifts in signaling networks // *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 162. – P. 1849–1866.
60. **Rasmussen S., Barah P., Suarez-Rodriguez MC, Bressendorff S., Friis P., Costantino P., Bones AM, Nielsen HB, Mundy J.** Transcriptome responses to combinations of stresses in *Arabidopsis* // *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 161. – P. 1783–1794.
61. **Tikhonovich I.A., Ivanova E.A., Pershina E.V., Andronov E.E.** Meta genomnye tekhnologii vyyavleniya geneticheskikh resur-

- sov mikroorganizmov // Vestn. RAN. – 2017. – № 4. – S. 31–35.
62. **Chebotar' V.K., Shcherbakov A.V., Shcherbakova E.N., Maslennikova S.N., Zaplatkin A.N., Mal'fanova N.V.** Endofitnye bakterii kak perspektivnyi biotekhnologicheskii resurs i ikh raznoobrazie // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. – 2015. – T. 50, № 5. – S. 648–654.
63. **Baltruschaft H., Fodor J., Harrach B.D.** et al. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants // *New Phytologist*. – 2008. – Vol. 180, N 2. – P. 501–510.
64. **Penuelas J., Sardans J., Estiarte M., Ogasya R., Carnicer J. and et al.** Evidence of current impact of climate change on life: a walk from genes to the biosphere // *Global Change Biology*. – 2013. – Vol. 19, N 8. – P. 2303–2338.

## THE PROBLEM OF COMBINED STRESS RESISTANCE OF PLANTS UNDER CLIMATE CHANGE IN SIBERIA

**T.A. GUROVA, Candidate of Science in Agriculture, Head of Laboratory**  
**G. M. OSIPOVA, Doctor of Agricultural Sciences, Head Researcher**

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS*  
*Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia*  
 e-mail: guro-tamara@yandex.ru, osip@ngs.ru

The problem of combined stress resistance of plants due to climate change in Siberia is analyzed on the basis of the literature data. According to the research of the Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring and as a result of climate monitoring of the World Meteorological Organization, it is clearly concluded that regional climate changes in Russia are more significant than in other regions of the world and have a pronounced character. The effects of the climate change have the most significant impact on agriculture, which, to a large extent, depends on weather and climate conditions. In crop breeding, adaptation measures include increasing of the stress resistance of plants by changing the species composition of cultivated plants, introducing new varieties, developing new technologies and protection methods and other measures. It is shown that due to the climate change, there is a need to develop regional landscape complex programs, and to model joint action of stressors in laboratory conditions taking into account the increase of the stress tolerance in field conditions. The most intensive combinations of stressors by their damaging action on crop productivity are considered. Different combinations of stressors require new types of plant responses, which are formed at the molecular, cellular and organismic levels. The attention is focused on the need for the application of innovative approaches that take into account information about the microbial community of a habitat (metagenomic technologies) and the use of modern molecular biological methods based on the transcriptomic, metabolomic and proteomic analysis of plants.

**Keywords:** crop breeding, climate change, Siberia, combined stress resistance of plants, modelling

*Поступила в редакцию 24.02.2018*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ РЕГИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СВИНОВОДСТВА СИБИРИ

**В.Г. ЕРМОХИН**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
**В.А. РОГАЧЁВ**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией,  
**В.Г. ШЕЛЕПОВ**, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск  
e-mail: 3480646@mail.ru*

Представлено моделирование кормовой белковой добавки из регионального сырья, соответствующей требованиям, предъявляемым к кормам органического животноводства, и позволяющей обеспечить зоонормативное содержание лизина и обменной энергии в рецептурах полнорационных комбикормов для откормочного органического свиноводства Сибири. Используются рекомендации Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства для определения перечня белоксодержащего регионального кормового сырья и удельного содержания зерновых компонентов в полнорационных комбикормах для свиней. Приведена примерная рецептура питания растущих свиней. Отмечено, что ячмень, пшеница, овес при условии выполнения требований к их возделыванию перспективны для использования в органическом свиноводстве. Обоснована целесообразность использования пшеницы для производства белковой добавки методом биохимического фракционирования. Приведены формулы вычисления рационального содержания лизина и обменной энергии в моделируемой добавке из пшеницы в составе полнорационных комбикормов для растущих свиней по нормам органического животноводства. Определено, что данное содержание теоретически составляет на 1 кг сухого вещества для свиней живой массой 40–70 кг – 12,9 г лизина и 11,9 МДж обменной энергии, массой 70–120 кг соответственно 10,6 г и 14,2 МДж. Такое содержание лизина и обменной энергии в белковой добавке из пшеницы гипотетически достижимо. Полученные результаты позволяют прогнозировать возможность производства органической свинины хозяйствами Сибири на собственной сырьевой базе.

**Ключевые слова:** органическое свиноводство, рецептуры комбикормов, лизин, обменная энергия, белковая добавка из пшеницы.

Современное научное обеспечение развития свиноводства Сибири базируется на совершенствовании селекции [1], организации и разработке новых комплексных технологических решений задач полноценного кормления животных [2]. В настоящее время намечены подходы к исследованиям по развитию в Сибири органического свиноводства [3, 4], углубляется работа по повышению качества свинины [5].

В Сибири сложился концентратный тип откорма свиней, основой которого являются зерновые – ячмень, пшеница, овес [6]. Также в кормовые рационы обычно включают пшеничные отруби. Для обеспечения белковой полноценности рационов дополнительно рекомендуется использовать мясокостную муку, рыбную муку, шроты, соевые, подсолнечные жмыхи, обрат, дрожжи [6]. В состав рецептур наиболее современных рационов все чаще включают (в значительном количестве) синтетические аминокислоты [7].

С 1 января 2016 г. вступил в силу ГОСТ Р 56508–2015, разработанный Комитетом по аграрным вопросам Госдумы Российской Федерации (РФ), регламентирующий правила производства, хранения, транспортирования продукции органического производства [8]. Ранее стандартов для производства органической продукции в стране не существовало. ГОСТ открывает правовой доступ к новому сегменту рынка – продуктам органического животноводства. Очевидно, что наполнение рынка органических продуктов Сибири во всех аспектах желательно осуществлять продукцией местного, регионального происхождения. Подобная задача является новой как в научном, так и в практическом плане.

Свинина относится к разряду органической продукции, рекомендуемой для реализации на территории РФ, приказом Министерства здравоохранения РФ № 614 от 19 августа 2016 г. включена в список пищевых

продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Для населения РФ рациональное среднедушевое потребление свинины в год определено в количестве 18 кг [9]. Такой норме потребления свинины соответствует использование в пищу в среднем за неделю одним человеком 2–3 шницелей, или 5–6 котлет рубленых, изготовленных по классическим рецептурам [10].

В рамках утвержденных правил ведения органического производства в РФ не разрешено применение минеральных азотных удобрений, синтетических пестицидов, синтетических аминокислот, распространенное во многих интенсивно развивающихся хозяйствах. Также попали под запрет рекламируемые средствами массовой информации методы генной инженерии, техника трансплантации эмбрионов, клонирование [8].

Для достижения максимальной эффективности общего откормочного свиноводства академик В.Г. Рядчиков рекомендует непременно применять при кормлении свиней синтетический лизин: от 16,1% (от общего лизина в полнорационном комбикорме) для откорма свиней живой массой 100–120 кг, до 34,5% для растущих свиней живой массой 25–48 кг [7]. В свете нормативных требований [8] подобные рекомендации органическому свиноводству становятся неприемлемыми.

В «Справочнике сибирского животноводства» Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства (СибНИПТИЖ) в составе примерных рецептов полнорационных комбикормов для поросят 2–4 мес, откормочного молодняка живой массой 40–70, 70–120 кг включены 2, 4 и 3% мясокостной муки, а также 2, 5 и 7% подсолнечного шрота соответственно [6]. Однако эти продукты не включены в список кормового сырья, разрешенного к использованию в органическом животноводстве [8], поэтому применительно к органическому свиноводству Сибири рекомендации СибНИПТИЖа [6] требуют корректировки.

Для организации эффективного органического откормочного свиноводства в Сибири необходим поиск новых, прежде всего белковых, кормовых добавок предпочтительно из местного сырья, обеспечивающих в составе полнорационных комбикормов качественное питание свиней, определенное нормативами кормления сельскохозяйственных животных [11] и при этом соответствующих требованиям, предъявляемым к кормам для органического животноводства [8].

В настоящей работе представлено моделирование кормовой белковой добавки из регионального сырья, соответствующей требованиям, предъявляемым к кормовому сырью органического животноводства, и позволяющей обеспечить зоонормативное содержание лизина и обменной энергии в рецептурах полнорационных комбикормов для откормочного органического свиноводства Сибири.

В ходе исследований изучены рецептуры полнорационных комбикормов, определенных нормами кормления свиней, для откормочного молодняка живой массой 40–70 и 70–120 кг при среднесуточном приросте за весь период откорма 650–700 г, являющимся наиболее результативным при мясном откорме свиней [11].

За основу перечня белоксодержащего регионального кормового сырья и удельного содержания зерновых компонентов в полнорационных комбикормах для свиней приняты рекомендации СибНИПТИЖа [6]. Используемые в работе материалы по полевым севооборотам и особенностям возделывания подсолнечника взяты из агротехнических рекомендаций [12, 13]. Получение белковой добавки может быть осуществлено методом биохимического фракционирования, ранее частично апробированного и запатентованного [14, 15]. Необходимое содержание лизина и энергии в моделируемой белковой добавке определено по зависимостям, полученным математическими вычислениями исходя из соображения, что содержание лизина и энергии в добавке представляют собой соответствующие «закрывающие звенья» общего их содержания

в полнорационном комбикорме. Необходимые вычисления выполнены с использованием программы Microsoft Excel.

Примерные рецептуры полнорационных комбикормов для откормочного молодняка включают для свиней живой массой 40–70 кг восемь белоксодержащих компонентов: ячмень, пшеницу, овес, отруби пшеничные, шрот подсолнечный, дрожжи кормовые, рыбную и мясокостную муку (табл. 1). Для свиней живой массой 70–120 кг рекомендовано шесть из них (ячмень, пшеница, овес, отруби пшеничные, шрот подсолнечный, мясокостная мука). На основе анализа белоксодержащих компонентов полнорационных комбикормов на соответствие требованиям к кормовому сырью, разрешенному к использованию в органическом животноводстве, сделан прогноз перспективности их применения в органическом свиноводстве Сибири (см. табл. 1).

Ячмень, пшеница, овес при условии выполнения требований к их возделыванию перспективны для использования в органическом свиноводстве, так как включены в список кормового сырья, разрешенного к использованию в органическом животноводстве.

Отруби пшеничные, один из видов зерновых отходов, могут быть использованы на корм в органическом животноводстве, однако не являются необходимым кормовым компонентом. Шрот, в частности подсолнеч-

ный, не следует применять в откормочном свиноводстве Сибири, так как не включен в разрешенный список органических кормов, но возможно использование семян и жмыха подсолнечника. Однако при возделывании подсолнечника на семена в Сибири, точнее на Алтае, необходимо использование гербицидов, запрещенных к использованию в органическом производстве, что ограничивает использование подсолнечного жмыха для свиноводства. Мясокостная мука и кормовые дрожжи не включены в список разрешенных добавок, однако для замены последних можно использовать пекарские. Рыбная мука соответствует требованиям органического животноводства.

Из проведенного анализа кормовых компонентов комбикорма, рекомендуемого СибНИПТИЖем для откорма свиней, следует, что для органического откорма свиней в Сибири целесообразно использовать ячмень, пшеницу, овес, рыбную муку и дрожжи пекарские (как аналог дрожжей кормовых), отруби пшеничные. Из-за ограничений на применение в органическом животноводстве шрота подсолнечного и мясокостной муки комбикорма значительно теряют в содержании белка и рационы, рекомендуемые СибНИПТИЖем для общего откормочного свиноводства в Сибири [6], должны быть скорректированы применительно к органическому откорму свиней введением новых белковых добавок.

Таблица 1. Примерная рецептура полнорационных комбикормов для растущих свиней, %  
Table 1. Sample formula of complete combined feed for growing pigs, %

Компонент	Живая масса свиней			
	40–70 кг		70–120 кг	
	для кормов натуральной влажности [6]	в перерасчете на сухое вещество (СВ)*	для кормов натуральной влажности [6]	в перерасчете на сухое вещество*
Ячмень	41	41,6	37	37,6
Пшеница	20	19,4	25	24,3
Овес	10	9,7	10	9,7
Отруби пшеничные	15	14,5	15	14,5
Шрот подсолнечный	5	5,4	7	7,5
Дрожжи кормовые	1	1,0	–	–
Рыбная мука	1	1,0	–	–
Мясокостная мука	4	4,1	3	3,1
Мел	1,5	1,7	1,5	1,7
Соль поваренная	0,5	0,6	0,5	0,6
Премикс	1	1,0	1	1,0

\* При перерасчете использованы справочные данные [11] по влажности кормовых компонентов.

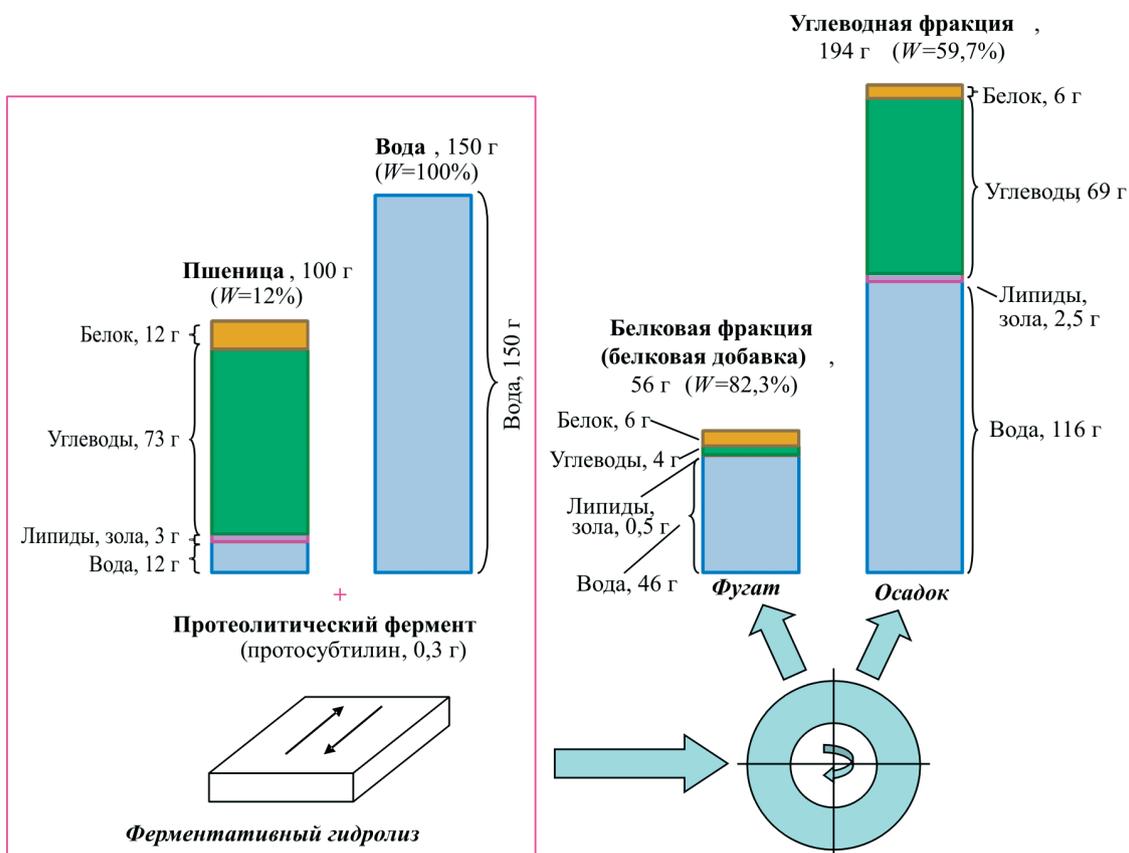


Схема биохимических преобразований пшеницы для получения белковой добавки  
The scheme of biochemical transformations of wheat in order to obtain protein supplement

Для производства кормов возделывание ячменя, пшеницы, овса в Сибири целесообразно в четырехпольном севообороте: пар чистый – пшеница – пшеница – ячмень или овес [13]. Пшеница – один из предпочтительных региональных сырьевых источников для получения белковых добавок, так как более продуктивна, чем ячмень или овес. Нативная пшеница, являясь белкосодержащим сырьем, содержит относительно много энергии, представленной углеводами. При использовании метода биохимического фракционирования с применением ферментов, которые разрешены в органическом животноводстве, можно вывести углеводную составляющую из общего состава пшеницы. Оставшаяся часть будет в основном представлена белком и может быть использована как белковая добавка в полнорационном комбикорме. Такой подход запатентован и применительно к кормлению свиней с достижением положительного результата первично апробирован [14, 15].

Предлагаемые биохимические преобразования пшеницы схематично показаны на рисунке. Моделируемую добавку из пшеницы предполагается ввести в полнорационные комбикорма для откорма свиней для замены шрота подсолнечного, мясокостной муки и пшеничных отрубей ( табл. 2).

Таблица 2. Модель рецептов органических полнорационных комбикормов для растущих свиней, % на сухое вещество  
Table 2. The model of organic complete combined feed formulas for growing pigs, % per dry matter

Компонент	Живая масса свиней	
	40–70 кг	70–120 кг
Ячмень	41,6	37,6
Пшеница	19,4	24,3
Овес	9,7	9,7
Добавка из пшеницы	24,0	25,2
Дрожжи пекарские	1,0	–
Рыбная мука	1,0	–
Мел	1,7	1,7
Соль поваренная	0,6	0,6
Премикс	1,0	1,0

Приведены расчеты содержания лизина как потенциально первой лимитирующей незаменимой аминокислоты в кормах для свиней [11] в белковой добавке из пшеницы, включенной в модель органических полнорационных комбикормов (см. табл. 2). Требуемый уровень энергии в моделируемой добавке определен с учетом того, что при составлении рационов особое внимание необходимо уделять отношению лизин / обменная энергия [16].

Получены формулы для определения требуемого содержания лизина и обменной энергии в моделируемой добавке из пшеницы:

$$L_d = \frac{100 \cdot L_k - \sum_{i=1}^k (A_i \cdot L_i)}{100 - (\sum_{i=1}^k A_i + \sum_{j=1}^m B_j)}; \quad (1)$$

$$\mathcal{E}_d = \frac{100 \cdot \mathcal{E}_k - \sum_{i=1}^k (A_i \cdot \mathcal{E}_i)}{100 - (\sum_{i=1}^k A_i + \sum_{j=1}^m B_j)}; \quad (2)$$

где  $L_d$  – искомое содержание лизина в сухой добавке г/кг СВ;  $L_k$  – нормативное содержание лизина в сухом полнорационном комбикорме, г/кг СВ [11];  $A_i$  – удельное содержание  $i$ -го белоксодержащего компонента в сухом комбикорме, %;  $L_i$  – содержание лизина в  $i$ -м сухом белоксодержащем компоненте комбикорма, г/кг СВ;  $k$  – количество белоксодержащих компонентов в полнорационном комбикорме;  $B_j$  – удельное содержание небелковых компонентов в сухом комбикорме, %;  $m$  – количество небелковых компонентов в комбикорме;  $\mathcal{E}_d$  – искомое содержание энергии в сухой добавке, МДж/кг СВ;  $\mathcal{E}_k$  – нормативное содержание энергии в сухом полнорационном комбикорме [11], МДж/кг СВ;  $\mathcal{E}_i$  – содержание энергии в  $i$ -м сухом белоксодержащем (энергосодержащем) компоненте комбикорма, МДж/кг СВ.

Концентрация энергии ( $\mathcal{E}_k$ ) и лизина ( $L_k$ ) в соответствии с усредненными нормами кормления [11] в 1 кг сухого корма составляет для растущих (при среднесуточном приросте 650–700 г за весь период откорма) свиней живой массой 40–70 кг – 13,6 МДж обменной энергии и 7,6 г лизина, массой 70–120 кг – 14,2 МДж и 6,2 г соответствен-

Таблица 3. Расчетное содержание обменной энергии и лизина в 1 кг сухой добавки из пшеницы для растущих свиней при среднесуточном приросте 650–700 г за весь период откорма

Table 3. The estimated content of metabolizable energy and lysine in 1 kg of dry protein supplement from wheat for growing pigs at average daily weight gain of 650–700 g during the whole period of fattening

Показатель	Живая масса свиней	
	40–70 кг	70–120 кг
Обменная энергия, МДж	11,9	14,2
Лизин, г	12,9	10,6

но. С использованием модели рецептов комбикормов для растущих свиней (табл. 2) и справочных данных по нормам кормления сельскохозяйственных животных [11] по формулам (1) и (2) получены искомые значения содержания лизина и энергии в сухой моделируемой белковой добавке из пшеницы (табл. 3).

При обеспечении содержания лизина и энергии в добавке из пшеницы на уровне вычисленных значений (см. табл. 3) возможна адекватная (по лизину и обменной энергии) замена базовых рецептов СибНИПТИЖ (см. табл. 1) на модельные рецептуры (см. табл. 2). Экспериментальные исследования, выполненные по схеме биохимических преобразований (см. рисунок), показывают, что получение добавки из пшеницы, соответствующей по содержанию лизина и обменной энергии требуемым значениям, практически достижимо (см. табл. 3).

## ВЫВОДЫ

1. Пшеница является перспективным региональным зерновым сырьем для производства органических белковых добавок.
2. Рациональное содержание лизина и энергии в белковой добавке из пшеницы в составе полнорационных комбикормов для откармливаемых по нормам органического животноводства свиней теоретически составляет (на 1 кг сухого вещества) для свиней живой массой 40–70 кг – 12,9 г лизина

и 11,9 МДж обменной энергии, массой 70–120 кг соответственно 10,6 г и 14,2 МДж. Полученные результаты выполненной работы позволяют прогнозировать возможность производства органической свинины хозяйствами Сибири на собственной сырьевой базе.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Заболотная А.А., Бекенёв В.А.** Методы повышения продуктивности свиней отечественной и зарубежной селекции // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2014. – № 8. – С. 55–67.
2. **Бекенёв В.А., Бакланова Н.Н., Яковенко Н.А., Чайко Н.В., Боцан И.В., Рукавишников А.М., Подвинцев С.И.** Экспериментально-учебная свиноводческая ферма (технологический проект) // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2017. – Т. 47, № 1 (254). – С. 82–89.
3. **Ленивкина И.А., Жучаев К.В.** Проблемы и перспективы развития органического сельского хозяйства в России // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Новосибирск: изд-во НГАУ, 2016. – С. 188–192.
4. **Ленивкина И.А., Жучаев К.В.** Развитие органического сельского хозяйства в мире и России // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Новосибирск: изд-во НГАУ, 2016. – С. 192–197.
5. **Бекенёв В.А., Деева В.С., Аришин А.А., Чернуха И.М., Боцан И.В., Третьякова Н.Л.** Использование биоресурсов свиноводства в повышении мясных качеств свинины // Вестник Новосиб. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 3 (40). – С. 176–184.
6. **Справочник** сибирского животновода / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИПТИЖ; под ред. М.Д. Чамуха, А.С. Донченко. – Новосибирск, 2000 – 220 с.
7. **Основы** питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие / В.Г. Рядчиков. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 328 с.
8. **ГОСТ Р 56508–2015.** Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования. – М.: Стандартинформиздат, 2015. – 71 с.
9. **Приказ** Минздрава РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания». – [Электронный ресурс]: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2016/08/26/3128-prikazom-minzdrav-rossii-utverzhdennyi-rekomendatsii-po-ratsionalnym-normam-potrebleniya-pischevyh-produktov#downloadable>
10. **Сборник** рецептур блюд для предприятий общественного питания на производственных предприятиях и в учебных заведениях. Четвертое издание. – М.: Экономика, 1973. – 446 с.
11. **Нормы** и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. 3-е изд. перераб. и доп. / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов и др. – М., 2003. – 456 с.
12. **Технология** подготовки чистого пара после подсолнечника в Западной Кулунде (рекомендации) – Барнаул: Кулундинская СХОС, 2005. – 19 с.
13. **Полевые** севообороты в Западно-Кулундинской степи Алтайского края (рекомендации). – Барнаул: ГНУ АНИИСХ, 2011. – 23 с.
14. **Патент** № 2453126 (Российская Федерация). Способ производства высокобелковой основы из зерна пшеницы для приготовления пищевого продукта / В.Г. Ермохин, Т.Т. Вольф, В.А. Углов. – 2010141619/10. Заяв. 11.10.2010, опубл. 20.06.2012; Бюл. № 17.
15. **Ермохин В.Г., Жучаев К.В., Богатырева С.Н.** Аминокислотно-сахаристая добавка из пшеницы в рационах свиней // Вестн. НГАУ. – 2014. – № 2 (31). – С. 73–77.
16. **Рядчиков В.Г.** Нормы потребности свиней мясных пород в энергии и переваримых аминокислотах // Научн. журн. КубГАУ. – 2007. – № 34 (10). – С. 1–29.

#### REFERENCES

1. **Zabolotnaya A.A., Bekenev V.A.** Metody povysheniya produktivnosti svinei otechestvennoi i zarubezhnoi seleksii // Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. – 2014. – № 8. – S. 55–67.
2. **Bekenev V.A., Baklanova N.N., Yakovenko N.A., Chaiko N.V., Botsan I.V.,**

- Rukavishnikova A.M., Podvintsev S.I.** Eksperimental'no-uchebnaya svinovodcheskaya ferma (tekhnologicheskii projekt) // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2017.– T. 47, № 1 (254). – S. 82–89.
3. **Lenivkina I.A., Zhuchaev K.V.** Problemy i perspektivy razvitiya organicheskogo sel'skogo khozyaistva v Rossii // Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sb. nauch. tr. – Novosibirsk: izd-vo NGAU, 2016. – S. 188–192.
  4. **Lenivkina I.A., Zhuchaev K.V.** Razvitie organicheskogo sel'skogo khozyaistva v mire i Rossii //Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa: sb. nauch. tr. – Novosibirsk: izd-vo NGAU, 2016. – S. 192–197.
  5. **Bekenev V.A., Deeva V.S., Arishin A.A., Chernukha I.M., Botsan I.V., Tret'yakova N.L.** Ispol'zovanie bioresursov svinovodstva v povyshenii myasnykh kachestv svininy // Vestnik Novosib. gos. agrar. un-ta. – 2016. – № 3 (40). – S. 176–184.
  6. **Spravochnik** sibirskogo zhitovnovoda / RASKhN. Sib. otd-nie. SibNIPTIZh; pod red. M.D. Chamukha, A.S. Donchenko. – Novosibirsk, 2000 – 220 s.
  7. **Osnovy** pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhitovnykh: uchebno-prakticheskoe posobie / V.G. Ryadchikov. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 328 s.
  8. **GOST R 56508–2015.** Produktsiya organicheskogo proizvodstva. Pravila proizvodstva, khraneniya, transportirovaniya. – M.: Standartinformizdat, 2015. – 71 s.
  9. **Prikaz** Minzdrava RF ot 19 avgusta 2016 g. № 614 «Ob utverzhdenii Rekomendatsii po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya». – [Elektronnyi resurs]: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2016/08/26/3128-prikazom-minzdrava-rossii-utverzhdeny-rekomendatsii-po-ratsionalnym-normam-potrebleniya-pishchevyh-produktov#downloadable>
  10. **Sbornik** retseptur blyud dlya predpriyatii obshchestvennogo pitaniya na proizvodstvennykh predpriyatiyakh i v uchebnykh zavedeniyyakh. Chetvertoe izdanie. – M.: Ekonomika, 1973. – 446 s.
  11. **Normy** i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhitovnykh: Spravochnoe posobie. 3-e izd. pererab. i dop. / A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shecheglov i dr. – M., 2003. – 456 s.
  12. **Tekhnologiya** podgotovki chistogo para posle podsolnechnika v Zapadnoi Kulunde (rekomendatsii) – Barnaul: Kulundinskaya SKhOS, 2005. – 19 s.
  13. **Polevye** sevooboroty v Zapadno-Kulundinskoj stepi Altaiskogo kraja (rekomendatsii). – Barnaul: GNU ANIISKH, 2011. – 23 s.
  14. **Patent** № 2453126 (Rossiiskaya Federatsiya). Sposob proizvodstva vysokobelkovoivo osnovy iz zerna pshenitsy dlya prigotovleniya pishchevogo produkta / V.G. Ermokhin, T.T. Vol'f, V.A. Uglov. – 2010141619/10. Zayav. 11.10.2010, opubl. 20.06.2012; Byul. № 17.
  15. **Ermokhin V.G., Zhuchaev K.V., Bogatyreva S.N.** Aminokislотно-sakharistaya dobavka iz pshenitsy v ratsionakh svinei // Vestn. NGAU. – 2014 – № 2 (31). – S. 73–77.
  16. **Ryadchikov V.G.** Normy potrebnosti svinei myasnykh porod v energii i perevarimyykh aminokislотakh // Nauchn. zhurn. KubGAU. – 2007. – № 34 (10). – S. 1–29.

## MODELLING OF PROTEIN SUPPLEMENT FROM REGIONAL RAW MATERIAL FOR ORGANIC PIG BREEDING OF SIBERIA

**V.G. ERMOKHIN, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,  
V.A. ROGACHEV, Doctor of Agricultural Sciences, Laboratory Head,  
V.G. SHELEPOV, Corresponding Member of RAS, Laboratory Head**

*Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies RAS  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia  
e-mail: 3480646@mail.ru*

The work presents modelling of feed protein supplement from regional raw material compliant with requirements for organic animal husbandry feed and zoostandard content of lysine and energy in complete feed formulas for growing and fattening organic pigs of Siberia. During the study, recommendations of Siberian Research and Technological Design Institute of Animal Husbandry were used. These included a list of regional feed raw material containing protein and determination of specific content of the grain component in complete combined feed for pigs. A sample feed formula for growing pigs is given. It was observed that barley, wheat and oat may be used for organic pig breeding on condition that they are cultivated in compliance with all the necessary requirements. The work substantiates the use of wheat for producing protein supplement by means of biochemical fractionation. It also presents formulas for calculation of efficient lysine content and metabolizable energy in the protein supplement modelled from wheat in the composition of complete combined feed for growing pigs compliant with the standards of organic animal husbandry. It was determined that this content in theory amounts to 12.9 g of lysine and 11.9 MJ of metabolizable energy per 1 kg of dry matter for pigs with the live weight of 40-70 kg and 10.6 g and 14.2 MJ respectively for pigs with the live weight of 70-120 kg. This content of lysine and metabolizable energy is hypothetically achievable. The results obtained allow to predict the possibility of organic pig production by Siberian farms using their own raw material.

**Keywords:** organic pig breeding, formulas of combined feed, lysine, metabolizable energy, protein supplement from wheat.

*Поступила в редакцию 12.03.2018*



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-2-13

УДК631.454:633.11:633.853.492

## ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОЧВЕ ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ ОСТАТКОВ ПШЕНИЦЫ И РАПСА

**Я.П. НАЗДРАЧЁВ**, старший научный сотрудник,  
**В.М. ФИЛОНОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией,  
**Е.В. МАМЫКИН**, младший научный сотрудник

*Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева,  
021601, Казахстан, Акмолинская область, Шортандинский район,  
пос. Научный, ул. Бараева, 15  
e-mail: yakov.n.81@mail.ru*

Исследована минерализация растительных остатков пшеницы и рапса и ее влияние на содержание азота в почве с целью корректировки применения удобрений в севообороте. Сравнительную оценку проводили на основе эмиссии углерода из почвы, которую определяли в лабораторных экспериментах абсорбционным методом. Почва – чернозем южный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Закладку лабораторного опыта проводили 3 раза в семикратной повторности в течение двух месяцев. Показано, что более 50% выделения углерода при разложении растительных остатков пришлось на первые 20 сут эксперимента. Эмиссия углерода в вариантах с остатками пшеницы и рапса отмечена в 3 раза интенсивнее, чем в варианте с почвой без растительных остатков. Разница в выделении углерода в целом за 60 сут эксперимента между послеуборочными остатками пшеницы и рапса не установлена. Отмечено, что остатки рапса в первые 20 сут эксперимента разлагались более активно. Показано, что добавка в почву минерального азота в количестве 50 мг/кг в варианте с соломой за первые 20 сут стимулировала процесс минерализации примерно на 11% и повысила эмиссию углерода. Инкубирование почвы без добавок увеличило количество нитратного азота за 20 сут в 3 раза по сравнению с исходным содержанием, за 40 – в 5 раз, за 60 – в 7 раз. Внесение в почву растительных остатков стимулировало иммобилизацию азота. Содержание нитратного азота в почве с остатками пшеницы и рапса достигло уровня варианта без растительных остатков через 2 мес инкубирования.

**Ключевые слова:** почва, растительные остатки, пшеница, рапс, эмиссия углерода, иммобилизация и минерализация азота.

При производстве сельскохозяйственной продукции в современной земледелии уделяется большое внимание уменьшению деградации почв и биологизации агротехнологий. Особое значение в решении этих задач отводится использованию растительных остатков, которые являются важным средством регулирования плодородия почвы [1]. Растительные остатки оказывают прямое и косвенное влияние на физические, химические и биологические свойства почвы, ее воздушный, температурный и пищевой режимы [2, 3]. Поступление растительных ос-

татков в почву и их трансформация в гумусовые вещества и органоминеральные комплексы представляет собой один из путей секвестирования углерода и, как следствие, снижения содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере [4].

Цель исследования – сравнительная оценка процессов минерализации надземных растительных остатков яровой пшеницы и рапса.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводили в Научно-производственном центре зернового хозяйства

им. А.И. Бараева в 2013–2015 гг. Опыты проведены на основе оценки эмиссии  $\text{CO}_2$  из почвы, которую определяли в модельных лабораторных экспериментах абсорбционным методом [5]. Лабораторный опыт проводили по одной и той же схеме 3 раза. В опытах использовали герметично закрывающиеся пластиковые сосуды объемом 500 мл, в которые помещали по 200 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром ячейки 3 мм. В семи сосудах почву перемешивали с 1,5 г измельченных воздушно-сухих пожнивных остатков пшеницы и рапса. Почву в сосудах увлажняли до 60% полной влагоемкости (ПВ) и инкубировали в термостате при 25 °С. В четырех сосудах к почве с водой добавляли азот в виде  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  из расчета 50 мг N/кг почвы. Для определения скорости продуцирования  $\text{CO}_2$  на поверхность почвы ставили чашечку диаметром 3,5 см с 5 мл 1 н. (нормальный) NaOH и сосуд закрывали крышкой. После экспозиции, которая в зависимости от скорости эмиссии  $\text{CO}_2$  составляла от одних до нескольких суток, остаток щелочи оттитровывали по фенолфталеину 0,1 н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и рассчитывали количество выделившегося из почвы  $\text{CO}_2$ . Данные пересчитывали в миллиграммах углерода на 1 кг почвы за 0–20, 20–40, 40–60 и 0–60 сут.

Почва – чернозем южный карбонатный тяжелосуглинистый – была отобрана с полей осенью после уборки пшеницы в 2012–2014 гг.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Доступность растительных остатков почвенным микроорганизмам считается основным критерием их качества. Наибольшее влияние на податливость биомассы к разложению оказывает содержание в ней клетчатки и лигнина, а также соотношение углерода и азота (C : N) [2].

По результатам исследований среднее содержание азота в надземной биомассе рапса 1,39% [6]. В соломе пшеницы в среднем содержится 0,78% N [7]. При содержании углерода в воздушно-сухих растительных

остатках примерно 40% отношение C : N в рапсе составляло 1:29, пшеничной соломе – 1 : 51. Хотя у рапса более узкое соотношение C : N в сравнении с соломой пшеницы, но согласно градации Правин-Кумар Ягадиш, С. Тарафдар, Житендра Ранвар, Шиям Катжи [8] остатки пшеницы и рапса характеризовались медленной степенью разложения и низким качеством.

Усредненные данные за три закладки опыта показали, что более 50% выделившегося углерода ( $\text{C-CO}_2$ ) приходилось на первые 20 сут эксперимента, в дальнейшем продуцирование  $\text{C-CO}_2$  резко снижалось (рис. 1). Наименьшее количество  $\text{CO}_2$  по всем периодам учета выделялось на варианте с почвой без растительных остатков: 449 мг/кг за 0–20 сут, 201 – 20–40 сут, 177 – 40–60 сут и 828 мг/кг за 0–60 сут. Добавка к почве растительных остатков пшеницы и рапса, как с азотным удобрением, так и без него, повышало эмиссию углерода примерно в 3 раза. За первые 20 сут в варианте с соломой пшеницы выделилось 1360 мг/кг  $\text{C-CO}_2$ , чуть больше углерода выделилось с пожнивными остатками рапса – 1485 мг/кг. Добавление азота к соломе пшеницы повышало выделение углекислоты в этот период примерно на 11%, до 1512 мг/кг почвы. Внесение минерального азота в почву в варианте с биомассой рапса не приводило к увеличению эмиссии углерода (1509 мг/кг почвы). По результатам исследований [9, 10], внесение азота способствует ускорению разложения соломы пшеницы. В сумме за 60 сут эксперимента различий по выделению  $\text{CO}_2$  растительными остатками пшеницы и рапса не установлено. В варианте с остатками пшеницы выделилось 2390 мг  $\text{C-CO}_2$ /кг почвы, рапса – 2448 мг  $\text{C-CO}_2$ /кг почвы. Дополнительное внесение азота в виде аммиачной селитры не приводило к увеличению эмиссии углерода, которая составила на пшенице 2430 мг  $\text{C-CO}_2$ /кг, на рапсе – 2418 мг  $\text{C-CO}_2$ /кг почвы.

Отсутствие различий по разложению растительных остатков в целом за период эксперимента объясняется, на наш взгляд, близким содержанием азота в соломе пшеницы и остатках рапса.

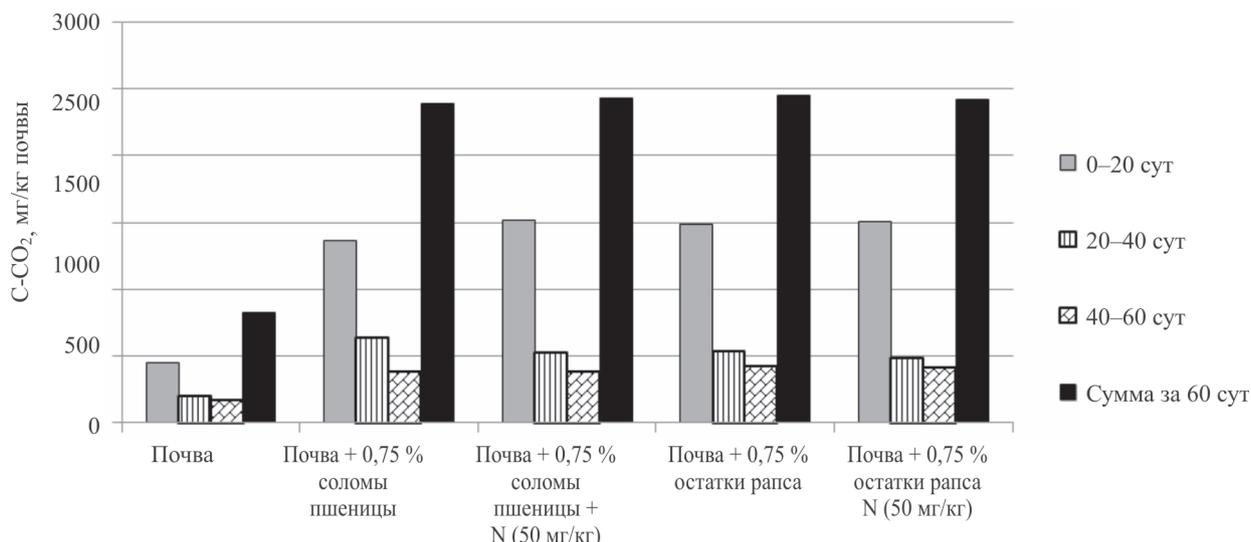


Рис. 1. Эмиссия углерода по вариантам лабораторного опыта (в среднем за три закладки опыта)  
 Fig. 1. CO<sub>2</sub> emissions by treatments in laboratory experiments (on average in three times the experiment was laid)

Поскольку при разложении растительного материала происходит выделение диоксида углерода, то можно рассчитать, какое количество биомассы разложилось за определенное время. Разложение растительных остатков происходит, как правило, в две фазы: вначале с интенсивным выделением CO<sub>2</sub>, в последующем с резким уменьшением его продуцирования [11–13]. В наших опытах отмечена аналогичная ситуация.

В среднем за три закладки различия по степени разложения растительных остатков пшеницы и рапса за 60 сут эксперимента отсутствовали, и дополнительное внесение азота удобрений влияния на разложение в

целом за этот период не оказывало. В среднем за 2 мес инкубирования почвы минерализовалось 52–54% углерода от изначально внесенного в почву количества (рис. 2). Небольшое превышение (в виде тенденции) минерализации остатков рапса в сравнении с соломой пшеницы наблюдалось только в первые 20 сут опыта.

В первые 20 сут опыта под влиянием азотного удобрения наблюдалось небольшое ускорение минерализации соломы, для остатков рапса данный эффект не зарегистрирован. В последующие 20–40 сут более интенсивное разложение отмечалось у соломы пшеницы (15%), в остальных вариантах

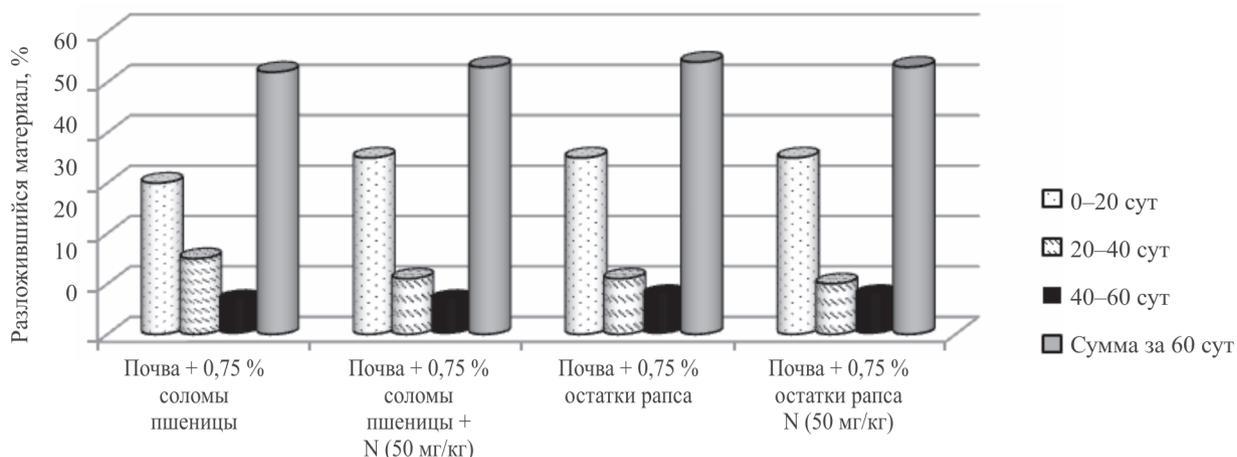


Рис. 2. Степень разложения растительных остатков пшеницы и рапса (в среднем за три закладки опыта)  
 Fig. 2. Degree of decomposition of wheat and rape residues (on average in three times the experiment was laid)

опыта растительные остатки разлагались примерно с одинаковой скоростью – 9–11%. В последние 20 сут опыта скорости разложения биомассы пшеницы и рапса практически не различались.

По мнению В.М. Семёнова, А.К. Ходжаевой [2], 75–85% внесенного с растительным материалом углерода после 1–3 мес минерализуется до  $C-CO_2$ , а остающийся в почве углерод растений оказывается относительно устойчивым к разложению. В настоящих опытах степень деструкции послеуборочных остатков пшеницы и рапса за двухмесячный период была несколько меньше.

На разложение растительного материала в отдельные периоды опыта влияет не только содержащийся в нем азот, но и вносимый с удобрением. Растительные остатки также оказывают непосредственное влияние на трансформацию азота почвы. В начале разложения бедного азотом растительного материала преобладает иммобилизация азотистых соединений до тех пор, пока отношение  $C : N$  в нем не уменьшится до  $20 : 1-22 : 1$  [2, 14, 15]. Если отношение  $C : N$  в органическом веществе ниже, чем у микроорганизмов, осуществляющих его гидролиз, в почве наблюдается минерализация азота с накоплением минеральных форм элемента [2].

В почве, используемой для закладки лабораторного опыта, было определено ис-

ходное содержание нитратного азота, которое составило в первую закладку 20 мг/кг почвы, во вторую и третью – около 10 мг/кг почвы. В опытах (вторая и третья закладки) также проводились наблюдения за динамикой нитратного азота в почве за три периода 0–20, 0–40 и 0–60 сут. В среднем за две закладки исходное содержание  $N-NO_3$  в почве составило 10,5 мг/кг, при дальнейшем ее инкубировании количество нитратного азота за 20 сут увеличилось в 3 раза, 40 сут – в 5 раз, 60 сут – в 7 раз (рис. 3).

Инициирование роста гетеротрофных микроорганизмов растительными остатками сопровождается изменением минерализационно-иммобилизационной оборачиваемости азота в почве [2]. Активная иммобилизация азота при разложении растительных остатков может быть причиной его дефицита в почве. Добавление к почве растительных остатков пшеницы и рапса приводило к иммобилизации азота за первые 20 сут эксперимента. Значительная часть азота, содержащегося в почве, пожнивных остатках и внесенном удобрении, поглощалась почвенными микроорганизмами.

После 20 сут опыта наименьшее содержание нитратного азота (5 мг/кг) отмечено при внесении в почву соломы пшеницы, добавление к ней минерального азота увеличило содержание нитратов до 9 мг/кг почвы. Внесение пожнивных остатков рапса имело

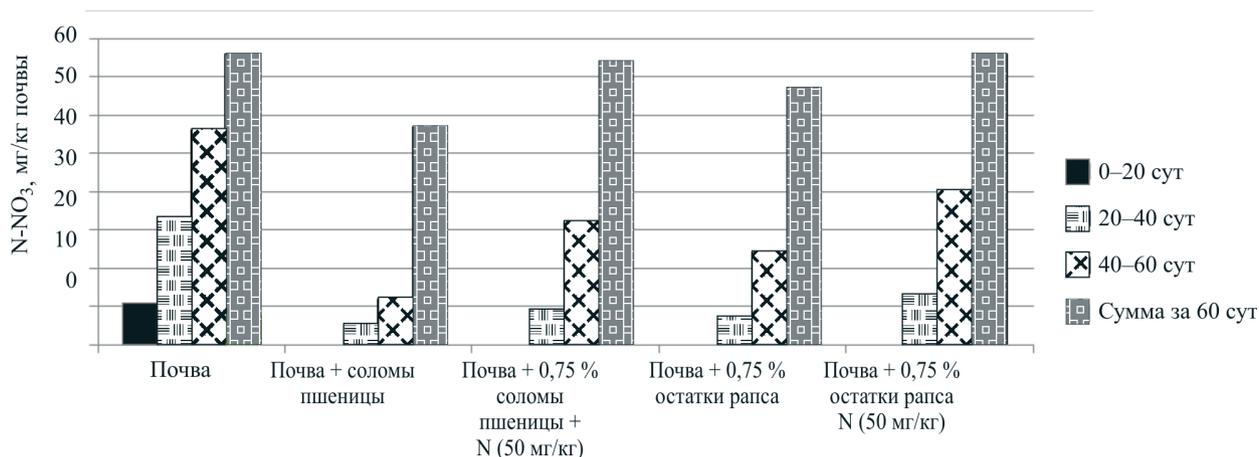


Рис. 3. Динамика содержания нитратного азота при инкубировании почвы с растительными остатками в различных вариантах (в среднем за две закладки опыта)

Fig. 3. Dynamics of nitrate nitrogen content while incubating soil with plant residues in different treatments (on average in two times the experiment was laid)

небольшое преимущество перед соломой пшеницы: на варианте без удобрения количество нитратного азота составляло 7 мг/кг почвы, с дополнительным внесением удобрения – 13 мг/кг почвы.

За последующие 40 и 60 сут эксперимента отмечалось высвобождение азота на вариантах с внесением растительных остатков пшеницы и рапса. К концу опыта содержание нитратов в почве на вариантах с растительными остатками стало практически таким же, как в варианте с одной почвой. По результатам исследований Д.-Ф. Дежоюкс., С. Рекоус, Д.-М. Мейнард, А. Трансаутрот, Л. Литерме, иммобилизация азота совпадала с быстрой стадией разложения растительных остатков, во вторую, медленную фазу, наоборот, происходила минерализация азота [16]. Это полностью согласуется с полученными результатами, если сопоставить данные по количеству выделенного  $\text{CO}_2$  почвой, степенью разложения растительных остатков и содержанию нитратного азота в почве.

### ВЫВОДЫ

1. При разложении растительных остатков в почве в течение двух месяцев в оптимальных гидротермических условиях более 50% выделившегося углерода приходилось на первые 20 сут эксперимента, затем процесс минерализации резко замедлился. Разница в выделении  $\text{CO}_2$  в целом за 60 сут эксперимента между растительными остатками пшеницы и рапса не установлена. Однако за первые 20 сут эксперимента растительные остатки рапса разлагались более интенсивно.

2. Добавка в почву минерального азота в количестве 50 мг/кг не оказала существенного влияния на минерализацию ни соломы, ни биомассы рапса в целом за период опыта. Однако за первые 20 сут в варианте с соломой минеральный азот стимулировал процесс минерализации примерно на 11%. добавка азота к соломе пшеницы повышала эмиссию углерода.

3. В сравнении с исходным содержанием в почве  $\text{N-NO}_3$  инкубирование почвы без

добавок увеличило количество нитратного азота за 20 сут в 3 раза, за 40 – в 5 раз, за 60 – в 7 раз. Добавка к почве растительных остатков пшеницы и рапса стимулировала иммобилизацию азота. Содержание нитратного азота в почве с растительными остатками достигло уровня контрольного варианта только через 2 мес инкубирования.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Серая Т.М., Богатырёва Е.Н., Бирюкова О.М., Мезенцева Е.Г.** Высвобождение элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом // *Агрохимия*. – 2013. – № 3. – С. 52–59.
2. **Семёнов В.М., Ходжаева А.К.** Агроэкологические функции растительных остатков в почве // *Агрохимия*. – 2006. – № 7. – С. 63–81.
3. **Ходжаева А.К., Семёнов В.М., Дулов Л.Е., Семёнова Н.А., Кузнецова Т.В., Семёнов А.М., Бруггенван А.Х.К.** Диагностика биологических свойств почвы при органической и традиционной системе земледелия // *Агрохимия*. – 2010. – № 5. – С. 3–12.
4. **Lal R.** Soil carbon sequestration to mitigate climate change // *Geoderma*. – 2004. – Vol. 123, N 1–2. – P. 1–22.
5. **Шарков И.Н.** Абсорбционный метод определения эмиссии  $\text{CO}_2$  из почв // *Методы исследований органического вещества почв*. – М.: Россельхозакадемия: ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 401–407.
6. **Власенко А.Н., Наздрачёв Я.П., Шарков И.Н.** Отзывчивость ярового рапса на удобрения в Северном Казахстане // *Земледелие*. – 2014. – № 7. – С. 20–22.
7. **Нормативные** показатели выноса и коэффициенты использования питательных веществ с.-х. культурами из минеральных удобрений и почвы. – М.: ЦИНАО, 1986. – 113 с.
8. **Praveen-Kumar Jagadish, C. Tarafdar, Jitendra Panvar, Shyam Kathju.** A rapid method for assessment of plant residue quality // *J. Plant Nutrition and Soil Sci.* – 2003. – Vol. 166, N 5. – P. 662–666.
9. **Назарюк В.М.** Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.

10. **Hadas A., Kautsky L., Goek M., Kara E.E.** Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover // *Soil Biol. Biochem.* – 2004. – Vol. 36, N 2. – P. 349–362.
11. **Jenkinson D.S.** Studies on decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from <sup>14</sup>C-labelled rye grass decomposing under field conditions // *J. Soil Sci.* – 1977. – Vol. 28, N 3. – P. 424–434.
12. **Thuries L., Pansu M., Feller C., Herrman P., Remy J.-C.** Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil // *Soil Biol. Biochem.* – 2001. – Vol. 33, N 7–8. – P. 997–1010.
13. **Trinsoutrot I., Recous S., Mary B., Nikolardot B.** C and N fluxes of decomposing <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N Brassica napus L.: effects of residue composition and N content // *Soil Biol. Biochem.* – 2000. – Vol. 32, N 11–12. – P. 1717–1730.
14. **Bartholomew W.V., Clark F.E.** Mineralization and immobilization of plant and animal residues. In *Soil Nitrogen* // American Society of Agronomy. – 1965. – P. 287–306.
15. **Коулман Д.К., Коул К.В., Эллиот Э.Т.** Распад и круговорот органического вещества и динамика питательных веществ в агроэкосистемах // *Сельскохозяйственные экосистемы.* – М.: Колос, 1987. – С. 85–103.
16. **Dejoux J.-F., Recous S., Meynard J.-M., Trinsoutrot I., Leterme L.** The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring // *Plant and Soil.* – 2000. – Vol. 218, N 1–2. – P. 257–272.
4. **Lal R.** Soil carbon sequestration to mitigate climate change // *Geoderma.* – 2004. – Vol. 123, N 1–2. – P. 1–22.
5. **Sharkov I.N.** Absorbtsionnyi metod opredeleeniya emissii SO<sub>2</sub> iz pochv. // *Metody issledovaniya organicheskogo veshchestva pochv.* – М.: Rossel'khozakademiya: GNU VNIPTIOU, 2005. – S. 401–407.
6. **Vlasenko A.N., Nazdrachev Ya.P., Sharkov I.N.** Otyzvchivost' yarovogo rapsa na udobreniya v Severnom Kazakhstane // *Zemledelie.* – 2014. – № 7. – S. 20–22.
7. **Normativnye pokazateli vynosa i koeffitsienty ispol'zovaniya pitatel'nykh veshchestv s.-kh. kul'turami iz mineral'nykh udobrenii i pochvy.** – М.: TsINA O, 1986. – 113 s.
8. **Praveen-Kumar Jagadish, C. Tarafdar, Jitendra Panvar, Shyam Kathju.** A rapid method for assessment of plant residue quality // *J. Plant Nutrition and Soil Sci.* – 2003. – Vol. 166, N 5. – P. 662–666.
9. **Nazaryuk V.M.** Balans i transformatsiya azota v agroekosistemakh – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. – 257 s.
10. **Hadas A., Kautsky L., Goek M., Kara E. E.** Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover // *Soil Biol. Biochem.* – 2004. – Vol. 36, N 2. – P. 349–362.
11. **Jenkinson D.S.** Studies on decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from <sup>14</sup>C-labelled rye grass decomposing under field conditions // *J. Soil Sci.* – 1977. – Vol. 28, N 3. – P. 424–434.
12. **Thuries L., Pansu M., Feller C., Herrman P., Remy J.-C.** Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil // *Soil Biol. Biochem.* – 2001. – Vol. 33, N 7–8. – P. 997–1010.
13. **Trinsoutrot I., Recous S., Mary B., Nikolardot B.** C and N fluxes of decomposing <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N Brassica napus L.: effects of residue composition and N content // *Soil Biol. Biochem.* – 2000. – Vol. 32, N 11–12. – P. 1717–1730.
14. **Bartholomew W.V. Clark F.E.** Mineralization and immobilization of plant and animal residues. In *Soil Nitrogen* // American Society of Agronomy. – 1965. – P. 287–306.

#### REFERENCES

1. **Seraya T.M., Bogatyreva E.N., Biryukova O.M., Mezentseva E.G.** Vysvobozhdenie elementov pitaniya pri zadelke solomy v dernovo-podzolistye pochvy v zavisimosti ot ee vidovogo sostava i udobreniya azotom // *Agrokhimiya.* – 2013. – № 3. – S. 52–59.
2. **Semenov V.M., Khodzhaeva A.K.** Agroekologicheskie funktsii rastitel'nykh ostatkov v pochve // *Agrokhimiya.* – 2006. – № 7. – S. 63–81.
3. **Khodzhaeva A.K., Semenov V.M., Duloval L.E., Semenova N.A., Kuznetsova T.V.,**

15. **Koulman D.K., Koul K.V., Elliot E.T.** Raspad i krugovorot organicheskogo veshchestva i dinamika pitatel'nykh veshchestv v agroekosistemakh // Sel'skokhozyaistvennyye ekosistemy. – M.: Kolos, 1987. – S. 85–103.
16. **Dejoux J.-F., Recous S., Meynard J.-M., Transoutrot I., Leterme L.** The fate of nitrogen from winter-frozen rapeseed leaves: mineralization, fluxes to the environment and uptake by rapeseed crop in spring // Plant and Soil. – 2000. – Vol. 218, N 1–2. – P. 257–272.

## **FEATURES OF WHEAT AND RAPE RESIDUE MINERALIZATION IN SOIL AFTER HARVESTING**

**YA.P. NAZDRACHEV, Senior Researcher,  
V.M. FILONOV, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head,  
E.V. MAMYKIN, Junior Researcher**

*A.I. Barayev Research and Production Centre of Grain Farming  
15, Barayeva St, Nauchny, Shortandy District, Akmolinsk Region, 021601, Kazakhstan  
e-mail: yakov.n.81@mail.ru*

We studied wheat and rape residue mineralization and its impact on nitrogen content in soil to adjust fertilizer application in crop rotation. Comparative evaluation was carried out by measuring carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from soil by the absorption method under laboratory conditions. The soil was southern chernozem of heavy loamy granulometric composition. A laboratory experiment was laid three times in seven replications during two months. Results indicated that more than 50% of carbon dioxide was released from plant residues when decomposed for the first 20 days of the experiment. The CO<sub>2</sub> production in wheat and rape residue treatments was observed to be three times more intensive than that in the treatment without plant residues. No difference was found in CO<sub>2</sub> emission between wheat straw and rape treatments for 60 days of the experiment. Rape residues were observed to decompose more intensively for the first 20 days of the experiment in comparison with wheat straw. Addition of mineral nitrogen in a dose of 50 mg/kg to soil increased wheat straw mineralization by 11 percent during the first 20 days, and contributed to intensifying CO<sub>2</sub> emission. Incubating soil without residues increased the nitrate-N content 3 times for 20 days of the experiment, 5 times for 40 days, and 7 times for 60 days as compared to the initial amount. Incorporation of wheat and rape residues to soil resulted in nitrogen immobilization. The nitrate-N content in the soil with wheat and rape residues reached a level of the treatment without plant residues after 2 months' incubation.

**Keywords:** soil, plant residues, wheat, rape, CO<sub>2</sub> emission, nitrogen immobilization and mineralization.

*Поступила в редакцию 18.12.2017*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Представляемая статья должна содержать новые, еще не опубликованные результаты научных исследований и соответствовать одной из следующих рубрик журнала:

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 микотоксинологией 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	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства 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 микотоксинологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Для публикации статей аспирантов необходимо представить документ, подтверждающий обучение в аспирантуре. Обязательна рекомендация научного руководителя. Статьи аспирантов публикуются в рубриках:

Краткие сообщения	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства 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 микотоксинологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Из диссертационных работ (публикация статей аспирантов)	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства 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 микотоксинологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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 содержанием рукописи. 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 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.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья в двух экземплярах на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, сектор редакционно-издательской деятельности СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto: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 10 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 4 страниц.

Порядок оформления статьи: УДК, заголовок статьи (не более 70 знаков), инициалы и фамилия автора, ученое звание и степень, должность, полное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его адрес, адрес электронной почты автора, реферат на русском и английском языках (не менее 1500–2000 знаков каждый), ключевые слова (5–10), основной текст статьи, библиографический список (не менее 15 источников).

#### 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.

#### Примерный план статьи, представляемой для опубликования:

- постановка проблемы, цель, задачи исследования;
- условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения исследования;
- результаты исследования и их обсуждение;
- заключение или выводы.

#### План статьи <http://sibvest.elpub.ru/>

Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008) в виде общего списка в порядке цитирования: в тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана; библиографические данные приводятся по титульному листу издания, все элементы библиографического перечня отделяются друг от друга тире; цифры, обозначающие том, выпуск, издание, страницы, ставятся после сокращенного слова, например: Т. 3, вып. 8. – С. 15–20.

Схема перечня библиографических данных:

- для монографий – фамилия и инициалы автора или первых четырех (если это коллективная монография, ссылка дается на название книги), название книги, повторность издания, место издания, название издательства, год издания, номер тома, общий объем.
- для статей – фамилия, инициалы автора или первых трех и др., название статьи, если это журнал – его название, год выпуска, том, номер, страницы, если сборник – его название, место издания, издательство, год издания, номер тома, выпуска, страницы.

**Примеры оформления библиографических ссылок <http://sibvest.elpub.ru/>**

Формулы должны быть напечатаны четко. Необходимо соблюдать различия между одинаковыми по начертанию прописными и строчными буквами, подчеркивая прописные буквы двумя черточками снизу. Латинские буквы размечаются волнистой чертой снизу.

Таблицы и рисунки должны иметь порядковый номер и название. Диаграммы следует представлять в программе Excel (с базой данных, на основе которой они построены). На осях абсцисс и ординат графиков указываются величины и единицы измерения. Не рекомендуется рисунки загромождать надписями, лучше детали занумеровать и расшифровать в подрисовочной подписи или тексте статьи. Фотографии представляются в формате \*.jpg, \*.tif. Всем иллюстрациям нужно дать сквозную нумерацию. Ссылки на иллюстративный материал приводятся в тексте статьи в круглых скобках. Необходимо избегать повторений данных в таблицах, графиках и в тексте статьи.

Корректурa дается авторам для контроля. Стилистическая правка, дополнения и сокращения не допускаются.

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 (квитанцию) для оплаты.

Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать рукописи, не отвечающие настоящим требованиям.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование, по результатам которого редколлегия принимает решение о целесообразности опубликования материалов.

---