ВЕСТНИК

БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

2⁽⁴⁶⁾
2018

ISSN 1684-7628

ОТРАСЛИ НАУК

сельскохозяйственные

технические

экономические

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
В КАТАЛОГЕ «ИЗДАНИЯ ОРГАНОВ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ»
ОАО АГЕНТСТВО «РОСПЕЧАТЬ»**

66024

**Каталожная цена подписки
за полугодие – 700 рублей**

Выходит один раз в квартал

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук

СОДЕРЖАНИЕ

Агрономия

- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-7-16
Р.Ф. Абдрахманов, Л.М. Хасанова
Орошение многолетних трав и овощных культур водами
повышенной минерализации.....7
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-17-20
И.Е. Анищенко, О.Ю. Жигунов, Л.М. Ишбирдина
Род *Ligularia* Cass. при интродукции в Южно-Уральском
ботаническом саду17
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-21-24
И.И. Валеева, А.Н. Гусев
Разработка рецептур и оценка качества кваса функционального
назначения с применением нетрадиционного сырья.....21
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-25-31
Э.Ф. Вафина, И.Ш. Фатыхов
Реакция сортов ярового рапса на абиотические условия
в Среднем Предуралье формированием урожайности25
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-32-35
Ф.М. Гасымов, Л.В. Уфимцева
Химико-технологическая оценка сортов и перспективных
форм абрикоса селекции ФГБНУ ЮУНИИСК32
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-35-39
Ю.А. Доля, Р.Ш. Заремук
Биологические резервы продуктивности вишни
на отдельных этапах генеративного развития.....35
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-40-44
А.Г. Ложкин
Перспективы возделывания сортов яровой твердой пшеницы
в условиях лесостепной зоны Чувашской Республики40
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-44-49
Р.А. Максимов
Новый способ посева на ранних стадиях селекции ячменя
в условиях Среднего Урала.....44
- DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-49-53
А.В. Худякова, А.В. Федоров
Подбор эффективных ISSR-праймеров для генотипирования
растений семейства тыквенные49

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-54-57	
А.В. Андреева, Г.М. Султангазин, О.Н. Николаева	
Влияние пробиотика «Энзимспорин» на естественную резистентность и прирост живой массы телят	54
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-58-61	
Г.З. Бронникова, Е.Н. Сковородин	
Анатомо-топографические особенности и рост печени перепелов в постэмбриональном онтогенезе	58
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-61-66	
Ф.Р. Валитов	
Полиморфизм гена <i>PRL</i> в популяциях крупного рогатого скота плановых пород Республики Башкортостан.....	61
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-66-71	
И.Р. Гатиятуллин, Г.В. Базекин, И.В. Чудов	
Морфофункциональная оценка миокарда крыс линии Wistar при применении глицирризиновой кислоты	66
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-72-75	
В.В. Гимранов, Р.Р. Вахитов	
Применение Ветоспорина и Витамэлама при гнойно-некротических процессах в области пальцев у крупного рогатого скота.....	72
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-76-79	
И.П. Заднепрятский	
Сравнительная оценка кожно-волосного покрова бычков симментальской и обракской пород.....	76
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-79-84	
Ф.Г. Каюмов, Н.П. Герасимов, Р.Ф. Третьякова	
Реализация племенной ценности бычков калмыцкой породы и её помесей с красным ангусским скотом американской селекции на фоне разной интенсивности кормления.....	79
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-85-90	
В.Г. Семенов, Р.М. Мударисов, Д.А. Никитин	
Иммунопрофилактика организма поросят в обеспечении продуктивности свиней	85
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-90-93	
Ф.М. Шагалиев, И.З. Хуснутдинов, Ф.А. Гафаров	
Снижение затрат кормов на производство молока	90
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-93-100	
О.Н. Дидманидзе, Р.Т. Хакимов, А.В. Неговора	
Оптимизация параметров системы питания газового двигателя с использованием сжиженного метана	93
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-100-105	
И.Р. Кафиев, Р.Р. Нугуманов, Л.Р. Галлямова	
Влияние несинусоидальности напряжения источника питания на надежность линейного асинхронного двигателя	100
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-105-110	
М.М. Константинов, А.А. Румянцев, Н.А. Борзов	
Методология количественной оценки цвета гречневой крупы при ее обработке.....	105
DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-111-117	
А.Ю. Несмиян, К.П. Дубина, П.С. Мальцев	
Совершенствование процесса дозирования семян кукурузы вакуумным аппаратом точного высева	111

	DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-117-129	
	Р.С. Рахимов, С.Г. Мударисов, И.Р. Рахимов	
	Разработка ресурсосберегающей технологии и обоснование параметров комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур в зоне Урала.....	117
	DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-129-134	
	Д.Ю. Широков, Р.Р. Камалетдинов, Ф.Н. Галлямов	
	Разработка и оптимизация параметров устройства для предпосевной обработки семян в воздушном потоке.....	129
Лесное хозяйство	DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-134-139	
	С.А. Кабанова, М.А. Данченко	
	Оценка результативности влияния стимуляторов на количественные показатели семян и сеянцев сосны обыкновенной	134
	DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-139-143	
	В.В. Тагиров, С.Ю. Бахтина, А.А. Тагирова	
	Изменчивость годичного прироста в высоту подроста сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях	139
	DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-143-148	
	Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова	
	Влияние изменчивости сосны кедровой сибирской по форме шишек на всхожесть семян и рост сеянцев	143

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА

LIBRARY.RU

AGRIS

Полные тексты статей доступны на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU:
<http://elibrary.ru> и на сайте www.bsau.ru

DOI журнала: 10.31563/1684-7628

DOI выпуска: 10.31563/1684-7628-2018-46-2

Главный редактор: И.И. Габитов, д-р техн. наук, профессор

Заместители главного редактора: Р.Р. Султанова, д-р с.-х. наук, профессор
И.В. Чудов, д-р биол. наук, доцент

Редакционная коллегия: Х. Арэнс, проф., д-р экономики (Германия); Р.М. Баширов, член-корр. АН РБ, д-р техн. наук, профессор; В.В. Гимранов, д-р вет. наук, профессор; М. Грингс, проф., д-р сельского хозяйства (Германия); Ф.С. Амиршоев, д-р биол. наук, профессор (Таджикистан); Р.Р. Исмагилов, член-корр. АН РБ, д-р с.-х. наук, профессор; К. Канненберг, д-р экон. наук (Польша); Ж.К. Керималиев, д-р вет. наук (Кыргызстан); Д.Д. Лукманов, д-р экон. наук, доцент; С.Г. Мударисов, д-р техн. наук, профессор; Х.Х. Тагиров, д-р с.-х. наук, профессор; Н.К. Мазитов, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН (Республика Татарстан); А.А. Стекольников, д-р вет. наук, профессор, академик РАН (Санкт-Петербург); И.О. Чанышев, д-р с.-х. наук

Адрес учредителя,
издателя и редакции:
450001, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34
Тел./факс: (347) 228-15-11
E-mail: vestnik-bsau@mail.ru

www.vestnik.bsau.ru

ISSN 1684-7628

Редактор: **Н.А. Николаенко**
Технический и художественный редактор: **А.Е. Дереева**
Подписано в печать **18.06.2018**. Формат бумаги 60×84/8
Усл.-печ. л. **17,20**. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печать трафаретная. Заказ **378**. Тираж **300** экз.
РИО ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ
450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, каб. 109

© ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 2018

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе
по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор),
регистрационный номер
ПИ № ФС77-67713
от 10.11.2016

CONTENTS

Agronomics

- R. Abdrakhmanov F., L. Khasanova
Irrigation of perennial grasses and vegetable crops with water
of high salinity 7
- I. Anishchenko, O. Zhigunov, L. Ishbirdina
Ligularia Cass. genus being introduced
into the South-Ural botanical garden 17
- I. Valeeva, A. Gusev
Developing formula and assessing quality of functional kvass using
non-traditional raw materials 21
- E. Vafina, I. Fatykhov
Response of spring rape varieties to abiotic conditions
in the middle Cis-Ural region by crop yield development 25
- F. Gasymov, L. Ufimtseva
Chemical-technological estimation of varieties and perspective forms
of apricot selected by the South Ural Scientific Research Institute
of Horticulture and Potato 32
- Y. Dolya, R. Zaremuk
Biological reserves of cherry yield capacity at separate stages
of reproductive growth 35
- A. Lozhkin
Prospects of cultivation of spring hard wheat varieties
under the conditions of the forest-steppe zone of the Chuvash Republic 40
- R. Maksimov
New method of barley seeding at early breeding stages
under the conditions of the middle urals 44
- A. Khudyakova, A. Fedorov
Selection of effective ISSR-primers for genotyping
of cucurbitaceae plants 49

Veterinary and Animal science

- A. Andreyeva, G. Sultangazin, O. Nikolaeva
Influence of «Enzimsporin» probiotic on natural resistance and life
weight gain of calves 54
- G. Bronnikova, E. Skovorodin
Anatomic and topographic characteristics and growth of quail liver
in postnatal onthogenesis 58

	F. Valitov <i>PRL</i> gene polymorphism in populations of cattle for breed improvement in bashkortostan republic61
	I. Gatiyatullin, G. Bazekin, I. Chudov Morfofunctional assessment of a myocardium of Wistar line rats when using glycyrrhizic acid66
	V. Gimranov, R. Vakhitov Applying Vetosporin and Vitamelam to cure purulonecrotic processes around the cattle's hoof.....72
	I. Zadneprianskiy Comparative assessment of skin and hair of simmental and obrak bulls76
	F. Kayumov, N. Gerasimov, R. Tret'yakova Implementing breeding value of kalmyk bull-calves and their crosses with red angus cattle of american selection in terms of different feeding intensity79
	V. Semenov, R. Mudarisov, D. Nikitin Immunoprophylaxis of the organism of a pig in the pig productivity.....85
	F. Shagaliev, I. Khusnutdinov, F. Gafarov Decreasing fodder expenses on milk production90
Processes and machinery of agroengineering systems	O. Didmanidze, R. Khakimov, A. Negovora Improving parameters of a power supply system for a gas engine with liquefied methane.....93
	I. Kafiev, R. Nugumanov, L. Gallyamova Effect of power supply voltage unsinusoidality on reliability of a linear in- duction motor100
	M. Konstantinov, A. Rumiantsev, N. Borzov Methodology of quantitative assessment of buckwheat colour at its processing.....105
	A. Nesmiyan, K. Dubina, P. Maltsev Improvement of the process of corn seed dosing with the use of the vacuum precision drill.....111
	R. Rakhimov, S. Mudarisov, I. Rakhimov Development of resource-saving technology and justification of parameters of machinery complex for agricultural crops in the Urals region.....117
	D. Shirokov, R. Khamaletdinov, F. Gallyamov Developing and improving parameters of a machine for pre-sowing treatment of seeds in the air stream129
The forestry	S. Kabanova, M. Danchenko Evaluating effect of stimulating agents on scotch pine (<i>pinus sylvestris</i>) seeds and seedlings134
	V. Tagirov, S. Bakhtina, A. Tagirova Variability of year increase in the height of ordinary pine tree in different forest-aging conditions139

R. Khamitov, S. Khamitova

Influence of the siberian cedar pine variability by the form of cones on seed germination and seedling growth 143

Editor-in-chief: I. Gabitov, Dr. tech. sci., Professor

Deputy Editor-in-chief: R. Sultanova, Dr. agr. sci.,
I. Chudov, Dr. biol. sci.

Editorial board: H. Arenz, Prof. Dr. oec. habil. (Germany); R. Bashirov, Corresponding Member AS RB, Dr. tech. sci., Professor; V. Gimranov, Dr. vet. sci., Professor; M. Grings, Prof. Dr. agr. habil. (Germany); F. Amirshoyev, Dr. biol. sci., Professor (Tajikistan); R. Ismagilov, Corresponding Member AS RB, Dr. agr. sci., Professor; K. Kannenberg, Dr. econ. sci. (Poland); Z. Kerimaliev, Dr. vet. sci. (Kyrgyz Republic); D. Lukmanov, Dr. econ. sci.; S. Mudarisov, Dr. tech. sci., Professor; H. Tagirov, Dr. agr. sci., Professor; N. Mazitov, Dr. agr. sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Republic of Tatarstan); A. Stekolnikov, Dr. vet. sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg); I. Chanyshev, Dr. agr. sci.

Editorial Office Address:

34, 50-letia October St.,
Ufa, 450001

Tel.: (347) 228-15-11

E-mail: vestnik-bsau@mail.ru

Publishing house FSEI HE Bashkir SAU

Printed FSEI HE Bashkir SAU

Editor: **N. Nikolaenko**

Technical editor, corrector, make-up: **A. Dereeva**

ISSN 1684-7628

© FSEI HE Bashkir SAU, 2018

ОРОШЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ВОДАМИ ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Ключевые слова: орошение; солоноватые подземные воды; ирригационные свойства; урожайность сельскохозяйственных культур; поливные нормы; многолетние травы; овощные культуры.

Введение. Республика Башкортостан является зоной рискованного земледелия, значительная ее часть характеризуется засушливостью. Данный факт оказывает определенное влияние на показатели отрасли сельскохозяйственного производства. Башкортостан входит в первую пятерку крупнейших сельскохозяйственных регионов Российской Федерации, однако в периоды засухи (1975, 1998, 2010, 2012 гг.) показатели сельхозпроизводства снижались к уровню предыдущего года, сельхозтоваропроизводители испытывали серьезный дефицит оборотных средств, вынужденно сокращали поголовье и, следовательно, не имели возможности в большинстве своем вести расширенное воспроизводство.

Орошаемое земледелие имеет огромное значение для экономики республики в целом. Как правило, средняя стоимость валовой продукции с мелиорируемых земель в 2–2,5 раза превышает стоимость валовой продукции с эквивалентной площади немелиорируемых угодий [1].

Площадь орошаемых земель в Башкортостане составляет около 60 тыс. га, большая часть находится в хорошем состоянии, около 11,9 тыс. га – в удовлетворительном. В 1991 г. площадь орошаемых земель доходила до 140 тыс. га.

Ресурсы пресных поверхностных и подземных вод на территории республики сильно ограничены и распространены крайне не равномерно. В результате Башкирское Предуралье, являющееся основным производителем сельскохозяйственной продукции, испытывает острый дефицит пресной воды. В сложившейся обстановке во многих районах Западной Башкирии основным источником оросительной воды могут служить подземные воды повышенной минерализации, запасы которых здесь весьма значительны. Степень водообеспеченности подземными солоноватыми водами (производительности водоносных горизонтов, глубине залегания солоноватых вод) рассматрива-

емой территории представлена на рисунке 1 [2]. Суммарные запасы солоноватых вод на территории Южного Предуралья оцениваются значительной цифрой – 52 млрд м³ (таблица 1). Большой резерв для орошения представляют слабосолоноватые (1–3 г/л) воды закарстованных пермских пород, развитые в подрайонах ИБ, ИВ и ИГ, – соответственно 2,2, 4,0 и 1,5 млрд м³, т. е. 0,3, 0,3 и 0,3 млн м³/км². Необходимо отметить, что на большей части подрайонов ИБ, ИВ и ИГ они могут явиться основным источником оросительной воды, так как подрайоны эти бедны поверхностными водами, а создание прудов и водохранилищ затруднено вследствие карста. Выяснение особенностей размещения и формирования этих вод, а также изучение их ирригационных свойств представляют большой практический интерес [3, 6, 7].

В настоящее время накоплен значительный опыт по орошению солоноватыми водами как за рубежом, так и в нашей стране. Зарубежные исследования по орошению солоноватыми водами (США, Израиль, Алжир, Марокко, Тунис, Италия, Индия и др.) показали, что для орошения целого ряда овощных, зерновых и прочих культур возможно использовать воды с минерализацией от 1,5–2,0 до 5,0–8,0 г/л и получать высокие урожаи, нередко превышающие урожаи при поливе пресной водой.

Цель исследования – анализ гидрогеологических условий Западного Башкортостана.

Методы и условия исследования. Опыт орошения водами повышенной минерализации накоплен в Дагестане, Азербайджане, Средней Азии, на Кавказе, в Крыму и др. В Республике Башкортостан в ряде районов (Аургазинский, Кармаскалинский, Уфимский, Туймазинский и др.) также в целях орошения используются солоноватые (1,3–2,3 г/л) поверхностные воды рек Уршак, Аургазы, Уzenь, Куганак, Ик, Куваши и др. Положительный опыт орошения водами сульфатно-кальциевого состава пастбищ Аурга-

зинского района при минерализации 2,2 г/л, овощей (картофель, капуста) и многолетних трав в Уфимском районе при минерализации 2,1 г/л, водами сульфатно-хлоридными магниево-натриево-кальциевого состава с минерализацией 1,3–2,3 г/л в Туймазинском районе свидетельствует не только о возможности, но и о целесообразности применения соленоватых вод для орошения культур в Западной Башкирии. Вопрос использования подземных вод повышенной

минерализации для орошения является комплексным, охватывает круг вопросов из области гидрогеологии, почвоведения, агротехники, мелиорации и других отраслей знаний. Особое место занимают вопросы, связанные с изучением особенностей формирования соленоватых подземных вод, оценкой прогнозных запасов и производительности водоносных горизонтов, а также оценкой ирригационных свойств соленоватых вод различного ионно-солевого состава [3].

Таблица 1 Естественные (вековые) запасы подземных соленоватых вод Южного Предуралья

Район	Под районы	Площадь, км ²	Средняя мощность водоносных пород, м	Водоотдача	Естественные запасы, млрд м ³		Удельные запасы в млн м ³ /км ²	
					1–3 г/л	более 3 г/л	1–3 г/л	более 3 г/л
I	IA	8700	15	0,15*	19,6	–	2,3	–
	IB	8200	60	0,015	2,2	5,2	0,3	0,6
	IV	13300	30	0,01	4,0	–	0,3	–
	IG	5100	40	0,015	1,5	1,6	0,3	0,3
II	IIA	52800	30	0,008	4,2	8,5	0,1	0,2
	IIB	7100	40	0,01	1,0	1,8	0,1	0,3
Всего		95200	–	–	35,2	17,1	–	–

Рисунок 1

Карта районирования Южного Предуралья по условиям водообеспечения подземными соленоватыми водами: 1–4 – район I (влагообеспеченный): 1 – подрайон IA, 2 – подрайон IB, 3 – подрайон IV, 4 – подрайон IG; 5–6 – район II (недостаточно водообеспеченный): 5 – подрайон IIA, 6 – подрайон IIB; 7–8 – район III (неводобеспеченный): 7 – подрайон IIIA, 8 – подрайон IIIB; 9 – границы районов и подрайонов

Существующие способы ирригационной характеристики вод основываются на критических нормах допустимого содержания в воде растворенных солей, вызывающих засоление почвы и оказывающих отрицательное влияние на растворение. Пригодность воды для орошения зависит от многих факторов: минерализации и химического состава воды, водопроницаемости почво-грунтов и подстилающего слоя, уровня и минерализации грунтовых вод, климата, солеустойчивости культур, существующей агротехники и пр. По А.Н. Костякову, допустимое содержание солей в оросительной воде составляет 1–1,5 г/л. А при хорошей агротехнике и орошении небольшими поливными и оросительными нормами на проницаемых почвах с глубоким залеганием водоупора и достаточным

Существует ряд расчетных методов для определения пригодности воды для орошения: 1) ирригационный коэффициент Х. Стеблера (Ка), по его величине качество оросительных вод подразделяется на хорошее ($\text{Ка} > 18$), удовлетворительное ($\text{Ка} = 18\text{--}6$), неудовлетворительное ($\text{Ка} = 5,9\text{--}1,2$), плохое ($\text{Ка} < 1,2$); 2) коэффициент потенциального поглощения натрия (SAR) – данные департамента сельского хозяйства США, опасность осолонцевания низкая, если $\text{SAR} < 10$, средняя – при $10 < \text{SAR} < 18$, высокая – при $18 < \text{SAR} < 26$ и очень высокая – при $\text{SAR} > 26$; 3) по А.М. Можейко и Т.К. Воротник – доля одновалентных катионов (три группы вод: весьма неблагоприятные для орошения (более 75 %), неблагоприятные (66–75 %) и благоприятные (менее 66 %)) и величина pH (три типа: кислые ($\text{pH} < 6,5$), нейтральные ($\text{pH} = 6,5\text{--}8,0$) и щелочные ($\text{pH} > 8$)); 4) показатель величины ионного обмена (К) по И.Н. Антипову-Каратаеву и Г.М. Кадеру – вода считается пригодной для орошения при $\text{K} > 1$ и непригодной при $\text{K} \leq 1$.

Обсуждение результатов исследования. Ирригационные показатели сульфатно-гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатных, кальциевых, магниевых-кальциевых вод с минерализацией 0,8–3,0 г/л (pH обычно $< 7,6\text{--}8,0$), рассчитанные всеми перечисленными методами, хорошие. Содержание карбонатных и сульфатных солей кальция в этих водах составляет более половины (51–94 %) суммы солей. Сульфатные натриево-магниевых-кальциевых, магниевых-натриево-кальциевых, натрий-

количеством осадков для естественной промывки можно использовать воду с минерализацией до 5–6 г/л. Установлено, что наиболее вредными являются соли натрия, и предельно допустимое содержание их в поливной воде для хорошо водопроницаемых почв составляет (г/л): сода – 1, хлорид натрия – 2, сульфат натрия – 5, а для суммы солей допустимо следующее отношение весовых величин соответственно: 1:3:10. Если в солевом составе поливной воды много гипса, то такая вода считается безвредной, а если преобладает сода, тогда она является непригодной для орошения или необходимо внесение гипса для превращения соды в менее вредный сульфат натрия. По степени вредности для растений легкорастворимые соли располагаются в следующем порядке:

ево-кальциевые воды (1,6–4,3 г/л) характеризуются также благоприятными ирригационными показателями. Содержание кальциевых солей составляет 32–65 %. Анализ ирригационных характеристик сульфатно-гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатных вод с преобладанием в катионном составе кальция показывает, что эти воды с минерализацией 1–4 г/л при благоприятных мелиоративных условиях с успехом могут применяться для орошения. Кроме того, что эти воды будут приносить в почву большое количество сульфата кальция, они являются существенным источником поступления и ряда микроэлементов, необходимых растениям (меди, цинка, йода, бора, молибдена, марганца, кобальта и др.). Как показали исследования, содержание их в солончатых водах Западной Башкирии значительно (до одного порядка) выше, чем в пресных. Оценка качества сульфатных натриевых, кальциево-натриевых, кальциево-магниевых-натриевых вод показала неодинаковые результаты. При минерализации воды до 5 г/л (слабо- и среднесолончатые воды) ирригационные коэффициенты вод пестрые – от удовлетворительных до неудовлетворительных. Это объясняется, с одной стороны, сложным химическим составом воды, а с другой – тем, что расчетные формулы, являясь эмпирическими, получены для различных районов с неодинаковыми почвенно-климатическими и геолого-гидрогеологическими условиями.

Совершенно очевидно, что решение вопроса о возможности использования этих вод для орошения в Западном Башкортостане должно

основываться на результатах опытных работ в полевых условиях. Сильносолоноватые сульфатные натриевые воды (5–10 г/л) имеют неудовлетворительные ирригационные показатели. Содержание кальция (в форме карбоната и сульфата) в воде с минерализацией до 5 г/л составляет 16–47 %, а свыше 5 г/л – не превышает 9–27 %. Хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные, кальциево-натриевые, натриево-кальциевые и магниево-кальциево-натриевые воды имеют также пестрые ирригационные показатели. При минерализации воды до 4–5 г/л они в основном положительные, а свыше 5 г/л – отрицательные. Таким образом, сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные воды с минерализацией до 5 г/л с примерно равным содержанием щелочноземельных и щелочных элементов и даже с преобладанием последних среди катионов при хороших гидрогеолого-мелиоративных условиях могут использоваться для орошения. Эти воды, как указывалось, в повышенных концентрациях содержат некоторые биологически активные микроэлементы, способствующие повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Использовать их для ирригации целесообразно совместно с сульфатными кальциевыми водами. Совместный каптаж вод соответствующих гидрохимических подзон позволит улучшить ирригационные свойства сульфатных натриевых вод. В республике из-за недостатка пресных вод в некоторых районах (Аургазинский, Уфимский и др.) имеется опыт орошения солоноватыми водами. Так, в Уфимском районе солоноватыми (2,1 г/л) сульфатными кальциевыми водами р. Уршак орошались овощи (картофель, капуста – площадь 40 га) и многолетние травы (площадь 100 га) в течение 20 и 10 лет соответственно (рисунок 2). На участках выполнены полевые исследования с проведением буровых и горных работ. Из скважин и шурфов отобраны пробы на водную вытяжку и для определения их физико-механических свойств. Поливная и оросительная нормы на участке многолетних трав составляют соответственно 300–500 и 900–2000 м³/га, а на участках овощей – 500–600 и 4500–6000 м³/га. При орошении вносятся удобрения (суперфосфат, калийная соль, мочеви́на или азотная селитра) из расчета на участке многолетних трав 3–4 ц/га, а овощей – 10 ц/га. Все участки расположены в одинаковых геоморфологических условиях (вторая надпойменная терраса р. Ур-

шак) с количеством атмосферных осадков, по многолетним данным, 789 мм/год (метеостанция г. Уфы). Из них в теплое время года (IV–X месяцы) выпадает 420 мм. Геолого-гидрогеологический разрез участков представлен на рисунке 3. Коэффициент фильтрации суглинков (мощность 4–4,5 м) и песчано-гравийных отложений (мощность 1,5–4,0 м, постепенно увеличивающаяся к реке) составляет 0,2–0,7 м/сут. и 5–10 м/сут. соответственно. На глубине 8,5–9,0 м песчано-гравийные отложения подстилаются плотными, относительно водоупорными серыми глинами. По схеме Д.М. Каца [4], данный разрез орошаемых участков с учетом строения пласта, его фильтрационных свойств и степени дренированности относится к двухслойному. Уровень грунтовых вод находится в покровном глинистом слое (3,8–4,0 м), естественная дренированность высокая.

Подъема уровня грунтовых вод под влиянием орошения не наблюдается. Небольшой купол подземных вод высотой один метр, образующийся в период интенсивного полива вблизи скважины 10, срабатывается после прекращения полива осенью и в зимний период. Сравнительный анализ водных вытяжек из отложений орошаемого в течение 10–20 лет сульфатной кальциевой водой (2,0 г/л) участка и неорошаемого (расположенного поблизости в аналогичных условиях) свидетельствует об отсутствии накопления солей в почвогрунтах. На неорошаемом участке максимум солей (0,224–0,269 %), представленных преимущественно CaSO₄ и MgSO₄, наблюдается в интервале глубин 0,75–1,0 м (рисунок 4, шурф 1). С глубиной содержание солей уменьшается и на глубине 4,5 м составляет 0,063 %. На участке, орошаемом солоноватой водой, содержание солей в почвогрунтах изменяется от 0,052 до 0,33 % (шурф 4, шурф 7), то есть даже ниже, чем на неорошаемом. Это указывает на вымывание солей из покровных отложений зоны аэрации оросительной водой и перенос их в грунтовые воды. Содержание водорастворенных солей в почвогрунтах на участке, орошаемом пресной водой, не превышает 0,11 % (шурф 11).

Таким образом, орошение сульфатными кальциевыми солоноватыми водами при наличии дренажа не приводит к соленакоплению в почвогрунтах на корнеобитаемых глубинах.

Следующий исследуемый участок расположен в Аургазинском районе на первой надпойменной террасе р. Аургазы западнее с. Сул-

танмуратово и имеет площадь более 100 га. Источником орошения являлась вода р. Аургазы

сульфатного кальциевого состава с минерализацией 2,2 г/л.

Рисунок 2

Схема орошаемых земель в долине р. Уршак: 1 – неорошаемый участок; 2 – орошаемый участок из р. Уршак в течение 10 лет; 3 – также в течение 20 лет; 4 – орошаемый участок из оз. Улу-Куль; 5 – скважина; 6 – шурф; 7 – источник; 8 – насосная станция; 9 – линия разреза

Рисунок 3

Гидрогеологический разрез долины р. Уршак: 1 – почва; 2 – глина; 3 – глина с прослойками песка; 4 – глина заглинованная; 5 – суглинок; 6 – суглинок с прослойками песка; 7 – песчано-гравийные отложения; 8 – аргиллитоподобная глина; 9 – гипс; 10 – уровень подземных вод в скважине, м; 11 – коэффициент фильтрации, м/сут.; 12 – источник

Рисунок 4

Солевые профили почвогрунтов орошаемого участка в долине р. Уршак.
Ионы: 1 – гидрокарбонатный; 2 – сульфатный; 3 – хлоридный; 4 – кальциевый; 5 – магниевый; 6 – натриевый и калиевый; 7 – нитратный

Гидрогеологический разрез его однослойный, представлен существенно глинистыми породами ($K_f = 0,1$ м/сут.). Гравийно-галечниковый горизонт отсутствует. Грунтовые воды находятся на глубине 2,0–3,0 м, они также имеют сульфатный кальциевый состав и минерализацию 2,5–3,0 г/л. Почвогрунты здесь уже в естественных условиях сильно засолены (от 1,2 до 5 %) главным образом за счет гипса (рисунок 5, шурф 13). Он содержится в виде муч-

нистого материала или кристаллов, образуя иногда гнезда и прослои мощностью до 5,0–10,0 см. Наибольшей загипсованностью характеризуется интервал глубин 0,5–1,0 м. На орошаемых участках данного массива, расположенных вблизи реки, где глубина залегания грунтовых вод более 3,5 м и имеются условия для их оттока, концентрация солей $< 1\%$ (0,076–0,90 %; скв. 18). Таким образом, и здесь орошение сульфатными кальциевыми водами

не только не приводило к дополнительному соленакоплению в почвогрунтах, но в значительной степени способствовало их рассолению (в 2–3 раза). При меньшей глубине залегания грунтовых вод (до 2,5–3 м) на орошаемых участках массива, удаленных от реки, параллельно с некоторым рассолением (до 0,2–1,2 %) почвогрунтов верхнего слоя (до 1 м) в нижележащем (0,75–1,5 м) отмечается вторичное засоление их до 5,0–5,4 % (рисунок 5, шурф 15). В подобных гидрогеолого-мелиоративных условиях использованию для ирригации солоноватых вод должно предшествовать создание искусственного дренажа.

Сравнение содержания солей на орошаемом и неорошаемом участках при глубине залегания подземных вод более 3,5 м показывает, что со-

держание их на орошаемом участке, где наблюдается промывной режим, до 1,5–3 меньше, чем на неорошаемом. Следовательно, орошение солоноватыми водами не только не привело к дополнительному засолению грунтов, но даже способствовало их некоторому рассолению.

При глубине залегания подземных вод менее 2,5–3,0 м и слабом естественном дренаже орошение солоноватыми водами также вызвало некоторое рассоление почвогрунтов в верхнем слое (до 0,5–1,0 м) с 0,0681–4,76 % до 0,118–1,19 %. Однако в подстилающем слое (0,75–1,5 м) засоленность грунтов усилилась до 5,4 %. В подобных гидрогеолого-мелиоративных условиях использование солоноватых вод для орошения требует создания искусственного дренажа.

Рисунок 5
Солевые профили почвогрунтов орошаемого массива в долине р. Аургаза

Вообще же глубина залегания подземных вод без учета подземного оттока не может являться критерием мелиоративной оценки земель для целей орошения [5].

Орошение водой из прудов на реках Манчарка и Нази (Дюртюлинский район), подверженной влиянию нефтепромысловых рассолов

и имеющей поэтому хлоридный кальциево-натриевый состав, минерализацию 2,0–6,5 г/л и более, вызвало также засоление почвогрунтов на отдельных участках (до 25 га) с уровнем грунтовых вод 0,75 м выше «критического» (рисунок 6, скв. 17). Орошение той же водой при глубине залегания подземных вод более 2,5

м (на большей части орошаемого массива УГВ более 3,5–4,0 м) не привело к резким изменени-

ям в водно-солевом составе почвогрунтов (рисунок 6, скв. 16, 18).

Рисунок 6

Влияние орошения хлоридными натриевыми водами (до 2,5 г/л) на состав поровых растворов почвогрунтов в зависимости от глубины залегания подземных вод

Орошаемый участок расположен на правом пологом склоне долины р. Нази и сложен достаточно однородными плиоценовыми глинами и суглинками с коэффициентом фильтрации $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ м/сутки. Геофильтрационный разрез массива характеризуется чередованием слабопроницаемых пород, то есть относится к беспластовой схеме со слабым фильтрационным оттоком. По естественной дренированности орошаемый участок относится к слабодренированным. В первом случае, когда уровень грунтовых вод выше «критического», орошение водой с благоприятными ирригационными показателями, повышенными поливными и оросительными (до 3000 м³/га) нормами привело к тому, что подземные воды начали принимать участие в почвообразовательном процессе. Началось испарение грунтовых вод, что вызвало повышение их минерализации (до 3,1 г/л) и изменение химического состава (до хлоридного кальциево-натриевого).

Наиболее интенсивное накопление (до 2,7 мг-экв/100 г) хлоридов натрия в почвогрунтах зоны аэрации произошло в интервале глубин 0,0–1,0 м (0,19–0,23 %). Из других солей присутствуют сульфаты натрия и магния (0,2 и 0,16 мг-экв/100 г), карбонаты кальция (0,82 мг-экв/100 г). С глубины 1,3 м минерализация почвенных растворов резко падает (до 0,10 %): содержание хлор-иона менее 0,1 мг-экв/100 г, а натрия – 0,2–0,4 мг-экв/100 г.

На других участках, где глубина уровня грунтовых вод ниже «критической», орошение нормой 1200–1500 м³/га пока не вызывает соленакопления в почвогрунтах (разрезы 16, 18).

Минерализация почвенных растворов составляет 0,07–0,09 %, содержание хлор-иона – 0,07–0,15 мг-экв/100 г (0,003–0,005 %), натрий-иона – 0,08–0,44 мг-экв/100г. Соли представлены преимущественно гидрокарбонатами кальция (до 0,7 мг-экв/100 г), сульфатом кальция (0,2 мг-экв/100 г) и магния (0,3 мг-экв/100 г), в небольшом количестве – хлоридом магния (0,06 мг-экв/100 г) и натрия (0,06–0,13 мг-экв/100 г).

Орошаются здесь черноземы выщелоченные, тяжелосуглинистые, среднесиловые. Содержание гумуса от 5,7 до 9,4 %. За время орошения произошло выщелачивание карбонатов с глубины 0,6 на 0,85 м. В результате этого произошло повышение кислотности (рН) почвогрунтов от 6,1 до 7,6. Обеспеченность почв подвижным фосфором колеблется от 132 до 184–477 мг/кг (повышенная и высокая), калием – от 92–05 до 270 мг/кг (средняя и высокая). В поглощенном комплексе почвогрунтов среди двухвалентных катионов Ca^{+2} преобладает над Mg^{2+} (22,2 и 3,1 мг-экв/100 г). Объемная масса составляет 1,20–1,69 г/см³, общая скважность – 36–53 %. За пределами орошаемого участка объемная масса 1,10–1,15 г/см, а скважность – 55–60 %, что близко к оптимальным показателям для сельскохозяйственных культур. Плот-

ность почв на орошаемых землях составляет 2,51–2,75 г/см³, влажность (в середине августа) – от 4,1–6,8 до 15,8–19,1 %, наименьшая влагоемкость – 7,7–27,8 %, запас влаги в интервале глубин 0–1,5 м колеблется от 590–834 до 1580–3328 м³/га.

Таким образом, опыт орошения слабосоленоватыми водами (до 2,5 г/л) сложного химического состава ($\text{Cl}^{\text{C}}_{\text{шб}}\text{aNa}$) свидетельствует о том, что наибольшую опасность (засоление) для почвогрунтов представляет не столько качество оросительной воды, сколько отсутствие оттока с орошаемого массива, высокое (выше «критического») залегание грунтовых вод и участие последних в почвообразовательном процессе.

Выводы. Анализ гидрогеологических условий Западного Башкортостана свидетельствует о весьма широком распространении в его недрах соленоватых вод, их исключительном качественном разнообразии как по составу растворенных солей, так и по величине минерализации. Оценка соленоватых вод различных гидрохимических зон республики показала их принципиальное отличие в ирригационном отношении. Сульфатные и гидрокарбонатно-сульфатные слабосоленоватые воды (1–3 г/л) с преобладанием в катионном составе щелочноземельных компонентов (кальция и магния) имеют хорошие качества по всем показателям и, безусловно, пригодны для орошения. По сравнению с пресными водами, они содержат повышенные концентрации ряда микроэлементов (медь, кобальт, марганец, молибден, йод, бром и др.), которые необходимы для нормальной жизнедеятельности растений. Сульфатные натриевые и сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые сильносоленоватые (5–10 г/л и более) воды не пригодны для орошения без раз-

бавления пресной водой, так как являются потенциально опасными для засоления почв. Сульфатные, хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные среднесоленоватые (3–5 г/л) воды с примерно равным содержанием щелочноземельных и щелочных элементов и преобладанием последних среди катионов занимают промежуточное положение. Решение вопроса их пригодности для целей ирригации зависит от конкретных условий орошаемого массива и должно основываться на результатах опытных работ в полевых условиях. Для улучшения ирригационных свойств вод указанного состава следует предусмотреть совместную эксплуатацию водных ресурсов сульфатной кальциевой и сульфатной натриевой подзон.

Опыт использования вод повышенной минерализации для орошения в некоторых районах Западного Башкортостана показал, что слабосоленоватые воды при наличии дренажа можно успешно применять даже на тяжелосуглинистых и глинистых почвах. В условиях слабодренированных массивов, сложенных плохифильтрующими породами ($K_f < 0,1$ м/сут.), необходимо создание искусственного дренажа.

Применение подземных соленоватых вод для орошения является совершенно новой проблемой мелиоративной гидрогеологии не только в Башкортостане, но и в Волго-Уральском регионе в целом. Наибольшую актуальность она представляет для западных районов республики, где, с одной стороны, находится значительная часть орошаемых земель и, следовательно, потребность в водных ресурсах особенно высока. С другой стороны, именно здесь ощущается большой дефицит пресной воды не только для орошаемого земледелия, но и для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Библиографический список

1. Батанов, Б.Н. Мелиорация в Башкирии: этапы развития, новые задачи [Текст] / Б.Н. Батанов // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 3. С. 3–6.
2. Абдрахманов, Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана [Текст]: монография / Р.Ф. Абдрахманов. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.
3. Абдрахманов, Р.Ф. Гидрогеология Южного Предуралья (в связи с поисками воды для орошения) [Текст]: монография / Р.Ф. Абдрахманов, В.Г. Попов. Уфа: БФАН СССР, 1985. 124 с.
4. Кац, Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды [Текст] / Д.М. Кац. М.: Колос, 1976. 271 с.
5. Аверьянов, С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель [Текст] / С.Ф. Аверьянов. М.: Колос, 1978. 288 с.
6. Мустафин, Р.Ф. Влияние рельефа на запасы снежного покрова и влаги на лесных почвах [Текст] / Р.Ф. Мустафин, И.К. Хабиров, Р.Р. Султанова, А.Р. Раянова // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 6 (206). С. 85–89.
7. Мустафин, Р.Ф. Роль водоемов Башкирского Зауралья и их использование в отраслях производственной сферы / Р.Ф. Мустафин, Р.Ф. Абдрахманов, Б.Н. Батанов // Природообустройство. 2016. № 3. С. 51–56.

1. **Абдрахманов Рафил Фазылович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: hydro@ufaras.ru.

2. **Хасанова Луиза Маратовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: luizamaratowna@yandex.ru.

Оросительная мелиорация, представляя сложный комплекс хозяйственных и инженерных мероприятий, является важнейшим средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Значительная часть Башкортостана является зоной рискованного земледелия. В тех районах, где водные ресурсы (как поверхностные, так и пресные подземные) ограничены, орошение небольших массивов может базироваться на подземных водах (пресных и слабосоленых). В статье изложен опыт орошения многолетних трав и овощных культур солеными водами различного ионно-солевого состава, показывающий, что при

наличии дренажа можно успешно применять сульфатные кальциевые соленые воды даже на тяжелосуглинистых и глинистых почвах. В отдельных случаях орошение солеными водами не только не привело к засолению грунтов, но способствовало их некоторому рассолению. Приводится оценка ирригационных свойств различных соленых вод комплексом эмпирических и натурных методов. В целях решения проблем орошаемого земледелия рассмотрены особенности формирования соленых подземных вод в Башкортостане, дана оценка их прогнозных запасов и производительность водоносных горизонтов.

R. Abdrakhmanov, L. Khasanova

IRRIGATION OF PERENNIAL GRASSES AND VEGETABLE CROPS WITH WATER OF HIGH SALINITY

Key words: *irrigation; brackish groundwater; irrigation properties; crop yields; irrigation depth; perennial grasses; vegetable crops.*

Authors' personal details

1. **Abdrakhmanov Rafil**, Doctor of geological and mineral sciences, professor of the Land Management, Construction and Hydraulics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: hydro@ufaras.ru.

2. **Khasanova Luisa**, Candidate of technical sciences, assistant professor of the Land Management, Construction and Hydraulics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: luizamaratowna@yandex.ru.

Irrigation reclamation being a complex set of economic and engineering activities is the most important means to increase crop productivity. The most part of Bashkortostan is an area of risk farming. Irrigation can be based on groundwater (fresh and slightly salty) in areas where water resources (both surface and fresh underground ones) are limited. The article describes the experience of irrigating perennial grasses and vegetable crops with brackish waters of different ionic and salt composition. It proves that sulfate calcium brackish waters

can be successfully applied even on heavy loam and clay soils when there is drainage. There are cases when irrigation with brackish waters did not result in soil salinization but contributed to its desalinization. A set of empiric and field methods were conducted to estimate irrigation properties of various brackish waters. To solve problems of irrigation farming the way brackish groundwater is formed in Bashkortostan was studied, there is an assessment of brackish groundwater reserves and their capacity.

© Абдрахманов Р.Ф., Хасанова Л.М.

РОД *LIGULARIA* CASS. ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

Ключевые слова: род *Ligularia*; интродукция; морфометрические параметры; сезонный ритм развития; успешность интродукции.

Введение. Род *Ligularia* Cass. (бузульник, лигулярия) семейства *Asteraceae* Dumort. (Астровые) включает около 150 видов, однако в озеленении используется не более десяти. Бузульники распространены в Европе, Азии и Африке. Несколько видов растет в Передней Азии, на Кавказе. В Европейской части России в естественных условиях встречается только один вид – *L. sibirica* (L.) Cass. (Б. сибирский) [1]. Центр разнообразия рода находится в Юго-Западном Китае [2]. В естественных природных условиях бузульники произрастают по берегам водоёмов, на влажных лугах, лесных полянах, только некоторые виды предпочитают засушливые условия.

Бузульники – это коротко-корневищные многолетние растения с прямыми стеблями до 120 см высотой. Листья крупные, до 50 см в поперечнике, расположены очередно. Соцветия – корзинки, собраны в метельчатые, кистевидные или щитковидные соцветия, редко одиночные. Краевые цветки язычковые, желтые, оранжевые, расположены в один ряд, срединные – трубчатые, желтые или коричневые. Семянки продолговатые [3].

Цель исследования – изучение сезонного ритма развития, морфометрических параметров и оценка успешности интродукции четырех представителей рода *Ligularia*: *L. fischeri* (Ledeb.) Turcz. (Б. Фишера), *L. stenocephala* (Maxim.) Matsum. & Koidz. (Б. узкоголовчатый), *L. dentata* (A. Gray) Hara (Б. зубчатый) '*Desdemona*' и '*Othello*'.

Материалы исследования. Интродукционное изучение проводилось на коллекционном участке «Теневой сад» Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Бузульники привезены нами в виде корневищ из Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина (г. Москва) и БИН им. В.Л. Комарова (г. Санкт-Петербург).

L. fischeri: родина – Восточная Сибирь, Дальний Восток, Монголия, Китай, Япония. Прикорневые листья – сердцевидные, сердцевидно-почковидные с тонкими длинными черешками. Мелкие желтые корзинки в плотных кистевидных соцветиях.

L. stenocephala: родина – Северный Китай. Листья округлые, широкостреловидные, с зубчатыми краями. Корзинки светло-желтые в длинном кистевидном соцветии на темно-пурпурном цветоносе.

L. dentata: родина – Китай, Япония, где встречается на лесных влажных опушках. Прикорневые листья длинночерешковые, почковидные, в прикорневой розетке. Соцветия – корзинки, в щитковидном или метельчатом соцветии. Ложно-язычковые цветки светло-желтые, трубчатые – светло-коричневые.

Сорта: '*Desdemona*' – до 1 м высотой, верхняя сторона листьев имеет сиренево-коричневую окраску, цветки – огненно-оранжевые; '*Othello*' – до 90 см высотой с пурпурными крупными листьями и мандариново-оранжевыми соцветиями [4].

Условия и методы исследования. Среднегодовая температура воздуха – +2,6 °С, среднемесячная температура воздуха зимой от –12 °С до –16,6 °С, абсолютный минимум отмечен в –42 °С. Летняя среднемесячная температура – от +17,1 °С до +19,4 °С, абсолютный максимум до +37 °С, среднемесячное количество осадков летом – от 54 до 69 мм, среднегодовое количество осадков – 580 мм, безморозный период в среднем 144 дня. Преобладающие типы почв г. Уфы – серые и темно-серые лесные [5].

Для обработки фактических данных нами использованы следующие методики: сезонный ритм роста и развития изучен по И.Н. Бейдеману [6], исследование сезонного ритма роста и развития бузульников – по Н.В. Трулевич [7]. Анализ морфометрических количественных данных проводили по Г.Н. Зайцеву [8].

Результаты и обсуждение. Оценка прохождения интродуцентами фенологических фаз – это один из существенных показателей успешности интродукции (таблица 1).

В ходе наблюдений были установлены межвидовые различия по феноритмотипам, которые сохранялись у растений при длительном культивировании. Изученные бузульники являются длительно-вегетирующими весенне-летне-осенне-зелеными растениями с периодом зимнего покоя, весенним сроком пробуждения. По продолжительности цветения относятся к

группе долгоцветущих растений (более месяца). По срокам цветения *L. fischeri* и *L. stenocephala* – позднелетние растения, сорта *L. dentata* – раннеосенние. Длительность вегетационного периода в среднем 6,5 месяцев.

Вегетация начинается в конце апреля – начале мая и заканчивается с установлением снежного покрова. У *L. fischeri* и *L. stenocephala* наступление фазы бутонизации в условиях Южно-Уральского ботанического сада (г. Уфа) наблюдается в начале июля, через месяц (в начале августа) – у сортов б. зубчатого. Период цветения у изученных представителей рода *Ligularia* также отличается.

Результаты морфометрических измерений изученных видов приведены в таблице 2.

Из таблицы видно, что наиболее высокорослым среди изученных бузульников является *L. fischeri*, у него также самые толстые генеративные побеги. *L. stenocephala* имеет наибольшее число генеративных побегов и листьев на них, а также самое длинное соцветие и соответ-

ственно число корзинок в соцветии. *L. dentata* 'Othello' отличается самым широким соцветием, а *L. dentata* 'Desdemona' – диаметром корзинки. Все морфометрические параметры исследованных таксонов рода *Ligularia* имеют нормальную степень варьирования (от 0,0 до 19,9 %).

В ходе многолетних исследований нами была проведена оценка интродукционной устойчивости видов и сортов рода *Ligularia* (таблица 3). Использованы шкалы, предложенные Р.А. Карпионовой [9] и дополненные Л.И. Томиловой [10]. Оценивалось состояние растений по семи признакам и по трехбалльной системе. Балл 1 – наихудшее состояние по данному признаку, балл 3 – наилучшее. Суммарная оценка вида по перечисленным показателям позволяет отнести его по успешности интродукции и перспективности в культуре к одной из трех групп: малоперспективные (МП – 10–13 баллов), перспективные (П – 14–17 баллов), очень перспективные (ОП – 18–21 баллов).

Таблица 1 Данные фенологических наблюдений за изученными таксонами рода *Ligularia*

Таксон	Фенофаза				
	весеннее отрастание	начало бутонизации	начало цветения	массовое цветение	конец цветения
<i>L. fischeri</i>	24.04	05.07	01.08	08.08	07.09
<i>L. stenocephala</i>	01.05	01.07	27.07	03.08	01.09
<i>L. dentata</i> 'Desdemona'	27.04	01.08	21.08	30.08	25.09
<i>L. dentata</i> 'Othello'	27.04	01.08	21.08	30.08	25.09

Таблица 2 Морфометрические параметры изученных таксонов рода *Ligularia*

Параметр	<i>L. fischeri</i>		<i>L. stenocephala</i>		<i>L. dentata</i> 'Desdemona'		<i>L. dentata</i> 'Othello'	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Высота генеративного побега, см	172,1 ± 2,44	3,8	159,7 ± 1,36	2,2	94,9 ± 1,58	4,4	95,7 ± 2,4	6,6
Число генеративных побегов, шт.	4,4 ± 0,20	12,1	7,1 ± 0,34	12,6	6,1 ± 0,26	11,2	3,4 ± 0,20	15,6
Толщина генеративного побега, мм	1,4 ± 0,03	5,8	1,1 ± 0,03	7,4	1,0 ± 0,04	10,9	0,9 ± 0,05	13,5
Число листьев на генеративном побеге, шт.	3,4 ± 0,20	15,6	4,6 ± 0,20	11,7	3,4 ± 0,20	15,6	3,0 ± 0,00	0,0
Длина черешка прикорневого листьев, см	63,4 ± 1,66	6,9	50,6 ± 0,92	4,8	56,6 ± 0,97	4,5	67,6 ± 1,56	6,1
Длина листовой пластинки, см	29,6 ± 0,53	4,7	31,4 ± 2,25	18,9	26,6 ± 0,87	8,7	33,0 ± 0,58	4,6
Ширина листовой пластинки, см	28,4 ± 0,43	4,0	28,4 ± 1,36	12,7	27,4 ± 0,79	7,6	34,9 ± 0,70	5,3
Длина соцветия, см	38,4 ± 1,41	9,7	67,6 ± 1,80	7,0	22,3 ± 11,43	16,9	15,0 ± 0,76	13,3
Ширина соцветия, см	9,0 ± 0,13	3,9	8,4 ± 0,20	6,2	17,4 ± 0,81	12,3	23,6 ± 0,57	6,4
Диаметр корзинки, см	5,2 ± 0,13	6,7	3,9 ± 0,13	8,6	7,8 ± 0,27	9,1	7,5 ± 0,26	9,2
Число корзинок, шт.	79,0 ± 1,15	3,9	325,7 ± 3,41	2,8	13,6 ± 1,02	19,9	19,4 ± 0,84	11,5

Примечание: M – среднее значение параметра; m – ошибка среднего значения параметра; Cv – коэффициент вариации.

Таблица 3 Оценка успешности и перспективности интродукции

Таксон	Интенсивность плодоношения	Всхожесть семян	Семенное размножение	Вегетативное размножение	Габитус в культуре	Повреждаемость болезнями и вредителями	Зимостойкость	Сумма баллов	Перспективность в культуре
<i>L. fischeri</i>	3	3	3	3	3	3	3	21	ОП
<i>L. stenocephala</i>	3	3	3	3	3	3	3	21	ОП
<i>L. dentata</i> 'Desdemona'	3	1	1	3	3	3	3	17	П
<i>L. dentata</i> 'Othello'	3	1	1	3	3	3	3	17	П

Примечание: П – перспективные, ОП – очень перспективные.

По результатам комплексной оценки успешности интродукции изученные бузульники являются перспективными для культуры и размножения в ботанических садах, их можно рекомендовать для широкого применения в ландшафтном дизайне, а также в зеленом строительстве в целом.

Выводы. Исследованные виды и сорта рода *Ligularia* – длительновегетирующие весенне-летне-осенне-зеленые растения. По продолжительности цветения отнесены к группе долгоцветущих растений (более месяца). Декоратив-

ные качества бузульников обусловлены их яркими соцветиями различных тонов желтого оттенка. Среди главных достоинств – позднелетний и раннеосенний длительные сроки цветения. Бузульники успешны при интродукции в условиях Южно-Уральского ботанического сада-института (Уфа), так как проходят полный жизненный цикл, включая цветение и плодоношение. Они могут культивироваться в тенистых садах в населенных пунктах региона Южного Урала.

Библиографический список

1. Флора СССР [Текст]. М.-Л. Т. 26. 1961. С. 788–856.
2. Илларионова, И.Д. Род *Ligularia* Cass. (Asteraceae) в Центральной Азии [Текст] / И.Д. Илларионова; отв. редактор и редактор тома Т.В. Егорова // Новости систематики высших растений. М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. Т. 38. С. 229–244.
3. Аксенов, Е.С. Декоративное садоводство для любителей и профессионалов. Травянистые растения [Текст] / Е.С. Аксенов, Н.А. Аксенова. М.: АСТ-ПРЕСС, 2001. С. 95–97.
4. Культурная флора травянистых декоративных многолетников средней полосы России [Текст]: атлас. М.: Фитон+, 2011. С. 113.
5. Кадильников, Е.В. Климат г. Уфы [Текст] / Е.В. Кадильников // Записки Башкирского филиала Географического общества СССР. Уфа, 1960. С. 61–71.
6. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ [Текст] / И.Н. Бейдеман. Новосибирск: Наука, 1974. 155 с.
7. Трулевич, Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений [Текст] / Н.В. Трулевич. М.: Наука, 1991. 216 с.
8. Зайцев, Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике [Текст] / Г.Н. Зайцев. М.: Наука, 1990. 296 с.
9. Карписонова, Р.А. Редкие виды травянистых растений широколиственных лесов СССР в Главном ботаническом саду [Текст] / Бюлл. ГБС АН СССР. 1979. Вып. 112. С. 54–59.
10. Томилова, Л.И. Эндемики флоры Урала в Ботаническом саду в Свердловске [Текст] / Бюлл. ГБС. 1982. Вып. 126. С. 25–31.

Сведения об авторах

1. **Анищенко Ирина Евгеньевна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450080, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195/3, тел.: 8 (347) 286-12-55, e-mail: irina6106@mail.ru.
2. **Жигунов Олег Юрьевич**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450080, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195/3, тел.: 8 (347) 286-12-55, e-mail: zhigunov2007@yandex.ru.
3. **Ишибирдина Лилия Маратовна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34, тел.: 8 (347) 228-68-11.

В работе представлены результаты изучения некоторых биологических особенностей (сезонный ритм развития растений, морфометрические параметры, выявление успешности в культуре) четырех представителей рода *Ligu-*

laria: *L. fischeri* (Ledeb.) Turcz. (Б. Фишера), *L. stenocephala* (Maxim.) Matsum. & Koidz. (Б. узкоголовчатый), *L. dentata* (A. Gray) Hara (Б. зубчатый) ‘*Desdemona*’ и ‘*Othello*’. Интродукционное изучение проводили на коллекци-

онном участке «Теневой сад» Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Изученные представители рода *Ligularia* являются длительновегетирующими весенне-летне-осенне-зелеными растениями с периодом зимнего покоя, весенним сроком пробуждения. По продолжительности относятся к группе долгоцветущих растений (более месяца). По срокам цветения *L. fischeri* и *L. stenocephala* – позднелетние растения, сорта *L. dentata* – раннеосенние. Наиболее высокорослым среди изученных бузульников является *L. fischeri*, у него также самые толстые генеративные побеги. *L. stenocephala* имеет наибольшее число гене-

ративных побегов и листьев на них, а также самое длинное соцветие и соответственно число корзинок в соцветии. *L. dentata* 'Othello' отличается самым широким соцветием, а *L. dentata* 'Desdemona' – диаметром корзинки. Все описанные виды успешно прошли интродукционные испытания в условиях Южно-Уральского ботанического сада, они проходят все стадии жизненного цикла. Культура бузульника является перспективной для выращивания в теневых садах не только города Уфы и других городов Южного Урала, но и для средней полосы России в целом.

I. Anishchenko, O. Zhigunov, L. Ishbirdina

LIGULARIA CASS. GENUS BEING INTRODUCED INTO THE SOUTH-URAL BOTANICAL GARDEN

Key words: *Ligularia* genus; introduction; morphometric parameters; seasonal rhythm of development; success of introduction.

Authors' personal details

1. **Anishchenko Irina**, Candidate of biological sciences, Leading Researcher of the laboratory for wild-growing flora and grass plant introduction, South-Ural Botanical Garden-Institute – Sub-division of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Bashkortostan Republic, Ufa, Mendeleev St., 195/3, phone: 8(347) 286-12-55, e-mail: irina6106@mail.ru.

2. **Zhigunov Oleg**, Candidate of biological sciences, Senior Researcher of the laboratory for wild-growing flora and grass plant introduction. South-Ural Botanical Garden-Institute – Sub-division of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Bashkortostan Republic, Ufa, Mendeleev St., 195/3, phone: 8(347) 286-12-55, e-mail: zhigunov2007@yandex.ru.

3. **Ishbirdina Liliya**, Candidate of biological sciences, associate professor of the Forestry and landscaping department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Bashkortostan Republic, Ufa, 50-let Otyabrya St., 34, phone: 8 (347) 228-68-11.

The paper presents the research results on some biological features (a seasonal rhythm of plant development, morphometric parameters, identification of crop success rate) of four representatives of *Ligularia* genus: *L. fischeri* (Ledeb.) Turcz. (*Liguralia Fischeri*), *L. stenocephala* (Maxim.) Matsum. & Koidz. (*Liguralia Stenocephala*), *L. dentata* (A. Gray) Hara (*Liguralia dentata*) 'Desdemona' and 'Othello'. Studies on plant introduction was carried out on the culture collection plot «Shadow garden» of the South-Ural botanical garden-institute, a sub-division of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Science Academy. The studied representatives of *Ligularia* genus are long-vegetative, spring-summer-autumn-green plants with winter rest and spring awakening. They belong to the group of long-flowering plants (flower-

ing period more than a month). The blossoming period is in late summer for *L. fischeri* and *L. stenocephala*, and early autumn for *L. dentata*. The tallest golden ray is *L. fischeri*, it has the thickest generative shoots as well. *L. stenocephala* has the greatest number of generative shoots and leaves and the longest umbel and the largest number of umbellets in it respectively. *L. dentata* 'Othello' differs in the widest umbel, and *L. dentata* 'Desdemona' has the largest diameter of the umbel. All the studied species successfully passed introduction trials under conditions of the South-Ural botanical garden. They undergo all the stages of life cycle. Golden ray is a promising crop for being grown in shadow gardens not only in Ufa city and other cities of South Urals, but also for the midland of Russia in general.

© Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю., Ишбирдина Л.М.

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КВАСА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

Ключевые слова: квас; нетрадиционное сырье; рябиновый порошок; функциональное назначение; микроэлементы; энергетическая ценность.

Введение. Квас – один из популярных национальных безалкогольных напитков России. С давних времен на Руси квас всегда был в почете. В последнее время принято считать, что квас не только утоляет жажду и придает бодрости, но и обладает важными целебными свойствами. Качественно приготовленный квас способствует улучшению пищеварения и укрепляет здоровье. За счет молочной кислоты, которая содержится в квасе, наблюдается положительное влияние на состав микрофлоры кишечника, повышение иммунитета, усиление мышечной активности. Бактериологи утверждают, что квас обладает бактерицидными свойствами и вызывает гибель тифозных и паратифозных бактерий [1]. Спрос на квас объясняется тем, что у населения растет интерес к национальным русским напиткам, обладающим как оригинальными вкусовыми свойствами, так и положительным влиянием на организм человека. Исходя из этого, квас можно отнести к функциональным напиткам [2]. Одним из перспективных направлений в развитии квасоварения в условиях рыночной конкуренции является разработка технологии кваса, обладающего функциональными свойствами, на основе нетрадиционного сырья, имеющего в своем составе биологически активные вещества [3]. Исходя из проведенного анализа литературы, перспективным сырьем для обогащения продуктов повседневного потребления являются плодовые порошки, а именно порошок рябины (*Sorbus aucuparia* L), поскольку свежая плодовая продукция является сезонным продуктом и не обеспечивает регулярного поступления биологически активных веществ в рацион питания населения. По химическому составу сушеные ягоды представляют собой концентрированные и высококалорийные продукты питания, богатые углеводами, пектиновыми и минеральными веществами, витаминами и органическими кислотами [4].

Цель исследования заключается в разработке рецептуры кваса функционального назначения с использованием порошка рябины (*Sorbus aucuparia* L).

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**: изучить пищевую ценность порошка рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L); оценить влияние порошка рябины различной концентрации на органолептические и физико-химические показатели качества продукта; выявить оптимальные дозировки порошка рябины для внесения в продукт; определить пищевую и энергетическую ценность готовых напитков.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в лабораториях ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ и ФГБНУ Башкирский НИИСХ. Объектом исследования служил квас, приготовленный по классическому рецепту (контроль) и с заменой сухого хлебного кваса в рецептуре на рябиновый порошок в качестве обогащающей добавки (10, 15, 20, 25 и 30 %). Исследования проводили с использованием общепринятых и специальных физико-химических методов оценки качества сырья: общий сахар – методом Бертрана (ГОСТ 8756.13) [5]; содержание аскорбиновой кислоты – по ГОСТ 24556 [6]; β-каротин – по методу основанной на фотометрическом измерении массовой концентрации каротиноидов в растворе этилового спирта [7]. Определение микроэлементов проводили методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии [8]. Качество готовых изделий определяли согласно ГОСТ Р 53094. Квасы. Общие технические условия [9]. Органолептические показатели напитков оценивали по ГОСТ 6687, содержание сухих веществ – по ГОСТ 6687.2, кислотность – по ГОСТ 6687.4, объемную долю спирта определяли по ГОСТ 6687.7.

Результаты исследования. Известно, что использование в рецептуре рябинового порошка, выработанного из выжимок рябины обыкновенной сортовой, оставшихся после производства соков, нектаров и пюре, повышает их пищевую ценность и экономическую эффективность от их реализации. В рябиновом порошке содержатся клетчатка, сахара; витамины: аскорбиновая кислота, β-каротин; минеральные вещества: калий, кальций, железо,

марганец, медь, цинк [10]. Таким образом, рябиновый порошок – ценное сырье для производства пищевых продуктов, в том числе напитков. Использование порошка рябины для производства кваса должно способствовать решению таких задач, как рациональное использование сырья и расширение ассортимента напитка. Для исследования первоначально была проведена оценка качества используемого сырья – рябинового порошка. Результаты представлены в таблице 1. Так, общее содержание

сахаров в порошке рябины составило 0,79 %, от их количества и соотношения зависят вкус, питательная и пищевая ценность полученных продуктов с добавлением порошка. Кроме того, выявлено, что порошок рябины характеризуется высоким содержанием витамина С – 62,50 мг %, каротиноидов (в пересчете на β -каротин) – 0,57 мг %. Также выяснили, что в порошке рябины содержатся минеральные вещества: медь (2,65 мг/кг), цинк (4,55 мг/кг), железо (23,74 мг/кг), марганец (6,59 мг/кг).

Таблица 1 Химический состав рябинового порошка (*Sorbus aucuparia* L)

Массовая доля сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	β -каротин, мг/100г	Содержание микроэлементов, мг/кг			
			Cu	Zn	Fe	Mn
0,79	62,50	0,57	2,65	4,55	23,74	6,59

Далее была проведена работа по подбору оптимальной концентрации рябинового порошка для внесения в рецептуру хлебного кваса. Для исследования взяли традиционную рецептуру. Изготавливали шесть образцов кваса с различной дозировкой порошка рябины и определяли их органолептические и физико-хими-

ческие показатели. Органолептическую оценку осуществляли с помощью балльной системы оценки качества. Опытные образцы напитков дегустировали и оценивали по 25-балльной шкале независимые эксперты. Балловая оценка органолептических показателей качества образцов представлена в таблице 2.

Таблица 2 Органолептическая оценка кваса с различной дозировкой порошка рябины по 25-балльной шкале, балл

Номер образцов	Внешний вид, цвет (от 1 до 7)	Вкус и аромат (от 6 до 12)	Насыщенность CO ₂ (от 2 до 6)	Итого
Контроль (1)	6	11	6	23
10 % (2)	6	11	6	23
15 % (3)	6	11	6	23
20 % (4)	6	12	6	24
25 % (5)	5	9	3	17
30 % (6)	5	8	3	16

Органолептическая оценка напитков показала, что наибольшее количество баллов получил образец № 4 (24 балла). По результатам исследований органолептических показателей установлено, что при замене 10 и 15 % сухого хлебного кваса на порошок рябины не наблюдалось изменения запаха и вкуса. При замене 20 % происходило появление выраженного рябинового вкуса и запаха, который в дальнейшем усиливался с увеличением замены сухого хлебного кваса на порошок рябины, что ухуд-

шало органолептические показатели качества. При замене 25 и 30 % образцы имели выраженный резкий кислый рябиновый вкус и запах, также происходило уменьшение насыщенности CO₂. Для получения объективных и достоверных данных по влиянию порошка рябины на качество готовых образцов была проведена оценка и по физико-химическим показателям качества: содержание сухих веществ, титруемая кислотность и объемная доля спирта. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 Физико-химические показатели качества кваса с внесением рябинового порошка в разных концентрациях [6]

Вариант опыта	Контроль	10 % порошка рябины	15 % порошка рябины	20 % порошка рябины	25 % порошка рябины	30 % порошка рябины
Титруемая кислотность, к. ед.	4,22	4,59	4,85	5,32	6,85	7,2
Массовая доля сухих веществ, %	7,05	6,95	6,65	6,55	6,4	6,2
Объемная доля спирта, %	0,9	1,01	1,02	1,03	1,03	1,05

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что внесение рябинового порошка в различных

концентрациях по-разному влияет на физико-химические показатели качества кваса. Один из

основных нормируемых физико-химических показателей кваса – кислотность, которую определяли титриметрическим методом и выражали в кислотных единицах (к.е.). Заметно увеличение титруемой кислотности напитков. Вместе с тем контрольный образец и напитки с внесением порошка рябины до 25 % по данному показателю соответствуют требованиям ГОСТа, а образец с внесением порошка с дозировкой 30 % выходит за их пределы. С увеличением дозировки порошка рябины в рецептуре происходит уменьшение содержания сухих веществ. Это связано с тем, что влажность рябинового порошка ниже, чем у сухого хлебного кваса. Содержание спирта в полученных образцах кваса было в пределах допустимых норм.

Таким образом, полученные результаты исследования показывают, что экспериментальный образец с добавлением порошка рябины с дозировкой до 20 % по органолептическим и физико-химическим показателям соответствует нормам. По данным органолептической оценки, наибольшие предпочтения были оказаны образцу с 20 % концентрацией порошка. Исходя из этого, была отобрана в качестве оптимальной для добавления в рецептуру 20 % концентрация порошка рябины. Как уже было отмече-

но выше, порошок рябины является ценным источником аскорбиновой кислоты, β -каротина, а также минеральных веществ. В связи с этим далее представлялось важным выявить количественное содержание данных показателей в готовых напитках, приготовленных с добавлением порошка рябины. Было установлено, что введение в рецептуру рябинового порошка способствует обогащению готового опытного продукта этим компонентом. Так, содержание аскорбиновой кислоты в напитке с добавлением 20 % порошка рябины составило 11,6 мг %, в то время как в контрольном образце не содержится данный витамин.

Аналогичный результат получили и в отношении β -каротина. Так, его содержание в опытном варианте составило 0,26 мг %, а в контрольном образце не было обнаружено. Результаты определения содержания микроэлементов в напитках представлены в таблице 4. Рассчитана пищевая и энергетическая ценность напитков (таблица 5).

Внесение рябинового порошка при концентрации 20 % уменьшает энергетическую ценность кваса на 7,6 %, что позволяет его рекомендовать для использования в качестве диетического изделия.

Таблица 4 Содержание микроэлементов в напитках

Вариант образцов	Содержание микроэлементов, мг/л			
	Cu	Zn	Fe	Mn
Контроль	0,006	–	0,0011	0,0014
Квас с внесением 20 % порошка рябины	1,15	3,25	19,74	5,87

Таблица 5 Расчет энергетической ценности готовых напитков

Компонент	Контроль	Квас с внесением 20 % порошка рябины
Белок, г	2,47	2,31
Углеводы, г	7,9	7,5
Спирт этиловый, г	0,54	0,55
Органические кислоты, г	0,23	0,32
Энергетическая ценность, ккал	42,48	39,44

Выводы. 1. Установлено, что оптимальной дозировкой порошка рябины является 20 % концентрация, при использовании которой отмечены наилучшие органолептические и физико-химические показатели.

2. Обнаружено, что при внесении в рецептуру хлебного кваса порошка рябины (20 %) улучшается качество готовых напитков и происходит их обогащение биологически актив-

ными веществами. Так, содержание аскорбиновой кислоты в напитке с добавлением 20 % порошка рябины составило 11,6 мг %, β -каротина – 0,26 мг %, минеральных веществ: медь (1,15 мг/л), цинк (3,25 мг/л), железа (19,74 мг/л), марганец (5,87 мг/л).

3. Выявлено, что добавление порошка рябины в рецептуру хлебного кваса способствует снижению калорийности напитка.

Библиографический список

1. Старостин, В.А. Что пили наши предки [Текст] / В.А. Старостин // Пиво и напитки. 2007. № 3. С. 28–29.

2. Исаев, В.С. Современные аспекты производство кваса (теория, исследования, практика) [Текст] / В.С. Исаев, Т.В. Иванова, Н.М. Сте-

панова, Л.М. Думбрава, Н.Н. Раттель. Москва, 2009. 304 с.

3. Пилипенко, А. Повышение рентабельности работы пивоваренных заводов [Текст] / А. Пилипенко // Пиво и напитки. 2012. № 3. С. 14.

4. Плотникова, Т.В. Плодово-ягодные порошки в пищевых продуктах [Текст] / Т.В. Плотникова, Е.В. Тяпкина // Продукты & Ингредиенты. 2006. № 2. С. 20–21.

5. ГОСТ 8756.13-87 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров [Текст].

6. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С [Текст].

7. Крупянская, В.Н. Получение и исследование соединений облепихового масла с β -цик-

лодекстрином [Текст] / В.Н. Крупянская // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2004. № 2. С. 222–224.

8. Методика количественного химического анализа. Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пищевых продуктах и пищевом сырье атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией. No М-02-1009-08. Санкт-Петербург, 2008.

9. ГОСТ Р 53094. Квас. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2008. С. 11.

10. Доценко, В.Ф. Исследование возможности использования плодовых порошков [Текст] / В.Ф. Доценко, Ю.А. Мирошник // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2014. № 3/10 (69). С. 14.

Сведения об авторах

1. **Валеева Ильмира Ильгизовна**, магистрант кафедры технологии общественного питания и растительного сырья, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: valeeva19940718@yandex.ru.

2. **Гусев Александр Николаевич**, доцент факультета пищевых технологий, кафедры технологии общественного питания и переработки растительного сырья, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, б. Хадии Давлетшиной, 6, e-mail: gusev.alexnik@yandex.ru.

Разработана рецептура квасов с применением рябинового порошка, определена оптимальная дозировка порошка в рецептуре и изучено влияние порошка на качество готовых напитков.

Обосновано применение рябинового порошка при расширении ассортимента кваса повышенной пищевой и биологической ценности.

I. Valeeva, A. Gusev

DEVELOPING FORMULA AND ASSESSING QUALITY OF FUNCTIONAL KVASS USING NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS

Key words: *kvass; non-traditional raw materials; ashberry powder; functional food products; microelements; energy value.*

Authors' personal details

1. **Valeeva Ilmira**, 2-year Master's degree student of the Catering technology and plant raw material processing department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Ocyabrya St., 34, e-mail: valeeva19940718@yandex.ru.

2. **Gusev Alexsandr**, assistant professor of the Catering technology and plant raw material processing department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, Hadiya Davletshina bul., 6, e-mail: gusev.alexnik@yandex.ru.

As the result of the conducted studies a kvass formula was developed using ashberry powder. An optimal dosage of powder for the formula was found. Effect of the powder on quality of ready-

made beverages was studied. Application of ashberry powder to enlarge assortment of kvass with higher food and biological value is supported.

© Валеева И.И., Гусев А.Н.

РЕАКЦИЯ СОРТОВ ЯРОВОГО РАПСА НА АБИОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ ФОРМИРОВАНИЕМ УРОЖАЙНОСТИ

Ключевые слова: яровой рапс; сорт; урожайность; семена; сухое вещество; абиотические условия; агрохимические показатели почвы.

Введение. В настоящее время рапс выращивается почти на всех континентах мира, производство семян растёт из года в год. Повышенный интерес к данной культуре обусловлен относительно хорошей приспособленностью к умеренному климату, высокой продуктивностью современных сортов, увеличивающейся потребностью в растительных маслах и высокобелковых кормах [1, 4–14].

По мнению А.А. Жученко [2], рост урожайности в значительной степени (на 50 % и более) обусловлен оптимизацией взаимодействия «генотип – среда». Д. Шпаар (1999) долю селекции в росте урожайности семян рапса оценивал на уровне 45 %. Общеизвестно, что наибольшую продуктивность могут обеспечить сорта и гибриды, адаптированные к местным условиям внешней среды.

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию по Российской Федерации на 2017 г., включены по регионам страны 123 сорта и гибрида ярового рапса. Удмуртская Республика относится к 4 региону государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию. На 2017 г. по региону допущено к использованию 34 сорта и гибрида ярового рапса, в том числе сорта Аккорд, Галант, Таврион.

Цель исследования – выявление реакции сортов ярового рапса Аккорд, Галант, Таврион на абиотические условия. **Задачи:** определить корреляционную связь урожайности сортов ярового рапса с агрохимическими показателями почвы и с дозами внесённых минеральных удобрений; установить параметры метеорологических условий при формировании урожайности семян и сухого вещества сортов ярового рапса на ГСУ Удмуртской Республики; выявить корреляционную связь урожайности семян и сухого вещества с метеорологическими

условиями вегетационного периода по фазам развития сортов ярового рапса; рассчитать долю влияния сорта и абиотических условий на продуктивность исследуемых сортов.

Объект исследований: сорта ярового рапса Галант, Таврион, Аккорд.

Методика и условия проведения исследований. Для выявления реакции сортов рапса формированием урожайности на абиотические условия были использованы данные Инспектуры по Удмуртской Республике – филиала ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» за 1998–2013 гг. Конкурсное испытание сортов рапса в Удмуртской Республике проводилось на Увинском ГСУ (Центральный агроклиматический район) и Сарапульском ГСУ (Южный агроклиматический район). Почва под опытами на Увинском ГСУ – дерново-сильнопodzolistая супесчаная, на Сарапульском – светло-серая лесная тяжелосуглинистая. Пахотный слой почв на обоих ГСУ – средней окультуренности: содержание гумуса от среднего до высокого, подвижного фосфора – от высокого до очень высокого, обменного калия – от низкого до высокого, обменная кислотность – от слабокислой до нейтральной (таблица 1).

Долю влияния генотипа, абиотических факторов и их взаимодействие определяли на основе двухфакторного дисперсионного анализа; тесноту и форму связи между изучаемыми показателями – методом корреляционного анализа [3].

Результаты и обсуждение. Урожайность семян и сухого вещества сортов ярового рапса на ГСУ различалась по годам (таблицы 2, 3).

В сравнительно благоприятный по метеорологическим условиям год была получена относительно высокая урожайность семян – 20,7 ц/га и сухого вещества – 44,9 ц/га.

Таблица 1 Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв опытных участков на ГСУ Удмуртской Республики

Госсортоучасток	Гумус, %	pH _{KCl}	Содержание элемента, мг/кг почвы		Внесено		
			обменного калия K ₂ O	подвижного фосфора P ₂ O ₅	N	P	K
Увинский	2,4	5,1...6,0	50...150	151...251	0–46	0–66	0–66
Сарапульский	2,1...4,0	5,1...6,1	80...260	108...280	0–34	0–23	0–19

Таблица 2 Урожайность семян сортов ярового рапса на госсортоучастках Удмуртской Республики, ц/га

Урожайность	ГСУ	
	Сарапульский	Увинский
	Галант (1998–2008 гг.)	Галант (2007–2008 гг.)
Наименьшая	0,8	8,8
Наибольшая	20,3	14,9
Средняя	10,6	11,8
	Таврион (2003–2013 гг.)	Таврион (2007–2013 гг.)
Наименьшая	0,7	8,7
Наибольшая	19,8	20,7
Средняя	10,2	14,7
	Аккорд (2006–2010 гг.)	Аккорд (2007–2008 гг.)
Наименьшая	1,3	9,5
Наибольшая	17,9	18,1
Средняя	9,6	13,8

Таблица 3 Урожайность сухого вещества сортов ярового рапса на госсортоучастках Удмуртской Республики, ц/га

Урожайность	ГСУ	
	Сарапульский	Увинский
	Галант (1998–2008 гг.)	Галант (2007–2008 гг.)
Наименьшая	10,3	10,2
Наибольшая	38,6	12,8
Средняя	24,4	11,5
	Таврион (2003–2013 гг.)	Таврион (2007–2013 гг.)
Наименьшая	8,0	14,8
Наибольшая	42,0	23,6
Средняя	25,0	19,2
	Аккорд (2006–2010 гг.)	Аккорд (2007–2008 гг.)
Наименьшая	8,3	10,7
Наибольшая	44,9	13,2
Средняя	26,6	12,0

При проведении сортоиспытания ярового рапса агрохимические показатели пахотного слоя почвы имели различия как между сортоучастками, так и по годам на каждом госсортоучастке. Не во все годы при испытании сортов рапса были внесены минеральные удобрения.

При корреляционном анализе выявлено, что между урожайностью семян сортов Галант, Аккорд и кислотностью почвы присутствует положительная средняя корреляция ($r = 0,33$ и $0,64$ соответственно). Положительная средняя

корреляционная связь между кислотностью почвы и урожайностью сухого вещества ($r = 0,42$) выявлена лишь у сорта Галант (таблица 4). Урожайность семян и сухого вещества у всех изучаемых сортов прямо коррелирует с дозой внесённых азотных удобрений ($r = 0,25...0,60$). У сортов Таврион и Аккорд урожайность семян с дозой фосфорных, калийных и всех внесённых минеральных удобрений имеет положительную среднюю корреляционную связь ($r = 0,33...0,58$).

Таблица 4 Коэффициенты корреляции между урожайностью сортов рапса и агрохимическими показателями почв, дозами внесённых минеральных удобрений на госсортоучастках Удмуртской Республики

Показатель	Сорт					
	Галант (1998–2008 гг.)		Таврион (2003–2013 гг.)		Аккорд (2006–2009 гг.)	
	семена	сухое вещество	семена	сухое вещество	семена	сухое вещество
Содержание гумуса	0,11	–0,18	0,10	–0,19	0,34	–0,44
Кислотность почвы	0,33*	0,42*	–0,04	0,17	0,64*	0,28
Содержание в почве P_2O_5	–0,31	0,12	0,24	0,23	–0,25	–0,32
Содержание в почве K_2O	–0,01	0,14	0,08	0,09	–0,47	0,03
Внесено азотных удобрений	0,38*	0,33*	0,60*	0,25*	0,53*	0,56*
Внесено фосфорных удобрений	–0,01	–0,28	0,33*	–0,02	0,58*	0,30
Внесено калийных удобрений	0,06	–0,13	0,33*	–0,02	0,58*	0,30
Сумма внесённых удобрений	0,15	–0,09	0,43*	0,11	0,57*	–0,20

* – достоверно на 95 %-ом уровне значимости.

Анализ метеорологических условий вегетации по периодам развития ярового рапса сорта Таврион на ГСУ Удмуртской Республики позволил установить, что средняя урожайность семян 12,4 ц/га ярового рапса Таврион сформировалась при продолжительности периода посев – спелость 96 сут со среднесуточной температурой воздуха 16,5 °С, суммой осадков 184 мм и суммой положительных температур 1645 °С (таблица 5). В среднем за анализируемые годы была получена урожайность сухого вещества 22,1 ц/га, при этом продолжительность периода посев – начало цветения составила 44 сут., сумма осадков – 84 мм, среднесуточная температура воздуха 15,6 °С.

Для определения тесноты и формы связи урожайности семян ярового рапса Таврион с метеорологическими условиями по фазам развития был проведен корреляционный анализ (таблица 6).

Корреляция урожайности семян с метеорологическими условиями за период посев – полные всходы отрицательная слабая. В фазе развития растений рапса всходы – розетка выявлены положительная средняя корреляционная связь урожайности семян с продолжительностью данного периода ($r = 0,64$), с суммой осадков ($r = 0,65$) и отрицательная средняя связь со среднесуточной температурой воздуха ($r = -0,34$).

Таблица 5 Метеорологические условия по периодам вегетации ярового рапса Таврион на госсортоучастках Удмуртской Республики при формировании средней урожайности семян 12,4 ц/га, сухого вещества 22,1 ц/га (среднее за 2003–2013 гг.)

Период вегетации	Продолжительность периода, сут	Сумма осадков, мм	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С
Посев – всходы	15 (10–30)	18 (0–54)	13,6 (11,1–19,0)	208 (145–335)
Всходы – розетка	10 (5–18)	16 (0–50)	14,4 (10,6–17,6)	137 (80–280)
Розетка – стеблевание	10 (4–18)	29 (0–112)	17,2 (13,3–25,5)	176 (53–302)
Стеблевание – бутонизация	7 (4–13)	15 (4–37)	17,3 (13,8–20,7)	136 (55–287)
Посев – начало цветения (уборка на корм)	44 (30–58)	84 (22–162)	15,6 (14,1–17,6)	689 (395–945)
Бутонизация – цветение	4 (3–7)	6 (0–18)	18,3 (13,7–22,2)	72 (55–111)
Цветение – спелость	49 (37–61)	100 (17–178)	18,5 (16,0–21,2)	916 (657–1106)
Посев – спелость	96 (73–121)	184 (60–273)	16,5 (15,2–18,1)	1645 (1138–2030)

Таблица 6 Коэффициенты корреляции и детерминации между урожайностью семян и метеорологическими условиями по периодам вегетации ярового рапса Таврион на ГСУ Удмуртской Республики (среднее за 2003–2013 гг.)

Период вегетации	Продолжительность периода, сут		Сумма осадков, мм		Среднесуточная температура воздуха, °С	
	r	d_{yx}	r	d_{yx}	r	d_{yx}
Посев – всходы	-0,17	0,03	0,13	0,02	0,13	0,02
Всходы – розетка	0,64*	0,41	0,65*	0,42	-0,34*	0,12
Розетка – стеблевание	0,69*	0,47	0,56*	0,31	-0,10	0,01
Стеблевание – бутонизация	0,53*	0,29	0,32	0,10	-0,49*	0,24
Бутонизация – цветение	0,47*	0,22	0,29	0,08	-0,17	0,03
Цветение – спелость	0,59*	0,34	0,09	0,01	-0,15*	0,02
Посев – спелость	0,67*	0,45	0,55*	0,30	-0,03	0,00

* – достоверно на 95 %-ом уровне значимости.

Корреляция урожайности семян с продолжительностью фазы розетка – стеблевание и с количеством выпавших осадков за данный период развития рапса – положительная средняя ($r = 0,56 \dots 0,69$). С продолжительностью периода стеблевание – бутонизация урожайность семян также имеет положительную среднюю корреляционную связь ($r = 0,53$) и отрицательную среднюю корреляцию ($r = -0,49$) – со среднесуточной температурой воздуха. С продолжительностью периода развития генеративных органов растения ($r = 0,47$) и созревания семян

($r = 0,59$) урожайность имеет среднюю положительную корреляционную связь. В целом за вегетацию выявлена положительная средняя корреляция урожайности семян с продолжительностью периода посев – спелость ($r = 0,67$) и с суммой осадков за этот период ($r = 0,55$).

Урожайность сухого вещества рапса имеет корреляционную связь с суммой выпавших осадков ($r = 0,31$) и среднесуточной температурой воздуха ($r = 0,38$) первого периода развития – посев – полные всходы (таблица 7). Между продолжительностью отдельных фаз развития

рапса, а также всего периода вегетации и урожайностью сухого вещества корреляция положительная средняя ($r = 0,36...0,66$).

Сорт Таврион в 2010 г. сформировал низкую урожайность семян 0,7 ц/га и сухого вещества 8,0 ц/га (таблица 8). В этом году по сравнению со средними значениями за 2003–2013 гг. период полные всходы – розетка проходил при относительно высокой среднесуточной температуре воздуха 16,0 °С и сумме выпавших осадков всего 5 мм. В период формирования надземной биомассы рапса (розетка – стеблевание) выпало 6 мм осадков, продолжительность

данной фазы развития составила 8 сут. Продолжительность периода цветение – спелость рапса уменьшилась на 12 сут., что связано с повышенной среднесуточной температурой воздуха в этот период и снижением количества выпавших осадков в 6 раз. В итоге период посев – спелость длился 73 сут. при сумме осадков 60 мм и повышенной среднесуточной температуре воздуха (17,5 °С). В 2005 г. рапс Таврион сформировал наибольшую урожайность семян 19,8 ц/га. За период всходы – розетка, который длился 18 сут., выпало 24 мм осадков (таблица 9).

Таблица 7 Коэффициенты корреляции и детерминации между урожайностью сухого вещества и метеорологическими условиями по периодам вегетации ярового рапса Таврион на ГСУ Удмуртской Республики (среднее за 2003–2013 гг.)

Период вегетации	Продолжительность периода, сут		Сумма осадков, мм		Среднесуточная температура воздуха, °С	
	r	d _{yx}	r	d _{yx}	r	d _{yx}
Посев – всходы	0,08	0,01	0,31*	0,10	0,38*	0,14
Всходы – розетка	0,66*	0,44	0,25*	0,06	–0,18	0,03
Розетка – стеблевание	0,51*	0,26	0,52*	0,27	0,16	0,02
Стеблевание – бутонизация	0,36*	0,13	0,15	0,02	0,12	0,01
Бутонизация – начало цветения	0,54*	0,29	0,66*	0,44	0,09	0,01
Посев – уборка	0,44*	0,19	0,64*	0,41	0,30*	0,09

* – достоверно на 95 %-ом уровне значимости.

Таблица 8 Метеорологические условия по периодам вегетации ярового рапса Таврион на Сарапульском ГСУ Удмуртской Республики при формировании урожайности семян 0,7 ц/га, сухого вещества 8,0 ц/га (содержание в пахотном слое почвы гумуса 2,4 %, подвижного фосфора 151 мг/кг, обменного калия 150 мг/кг, внесено N₁₆P₁₆K₁₆, рН_{KCl} 5,1), 2010 г.

Период вегетации	Продолжительность периода, сут	Сумма осадков, мм	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С
Посев – всходы	13	11	16,4	229
Всходы – розетка	5	5	16,0	80
Розетка – стеблевание	8	6	17,1	137
Стеблевание – бутонизация	7	17	14,2	99
Бутонизация – цветение	3	5	20,5	62
Посев – уборка на корм	35	39	15,9	545
Цветение – спелость	37	17	20,7	788
Посев – спелость	73	60	17,5	1395

Таблица 9 Метеорологические условия по периодам вегетации ярового рапса Таврион на Сарапульском ГСУ Удмуртской Республики при формировании урожайности семян 19,8 ц/га (содержание в пахотном слое почвы гумуса 2,6 %, подвижного фосфора 151 мг/кг, обменного калия 200 мг/кг, внесено N₃₄, рН_{KCl} 5,1), 2005 г.

Период вегетации	Продолжительность периода, сут	Сумма осадков, мм	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С
Посев – всходы	12	0	16,9	219
Всходы – розетка	18	24	15,6	280
Розетка – стеблевание	18	112	14,6	262
Стеблевание – бутонизация	10	26	15,4	154
Бутонизация – цветение	7	18	14,0	96
Цветение – спелость	56	93	16,4	984
Посев – спелость	121	273	15,5	1996

Сочетание относительно невысокой среднесуточной температуры воздуха (14,6 °С) в пе-

риод розетка – стеблевание и увеличение на 83 мм суммы осадков относительно средних

многолетних данных удлинило до 18 сут., или на 7 сут., продолжительность данного периода. В 2005 г. рост и развитие растений рапса от стеблевания до спелости проходили при относительно невысоких среднесуточных температурах воздуха и относительно большей сумме осадков в сравнении со средними значениями данного периода за 2003–2013 гг. В данный год продолжительность вегетационного периода

составила 121 сут., что на 25 сут. превышает средние значения.

Наибольшая урожайность 42,2 ц/га сухого вещества рапса Таврион на Сарапульском ГСУ была получена в 2007 г. (таблица 10). Формирование более высокой урожайности связано с увеличением продолжительности как отдельных периодов развития, так и всего вегетационного периода рапса.

Таблица 10 Метеорологические условия по периодам вегетации ярового рапса Таврион на Сарапульском ГСУ Удмуртской Республики при формировании урожайности сухого вещества 42,2 ц/га (содержание в пахотном слое почвы гумуса 2,1 %, подвижного фосфора 151 мг/кг, обменного калия 200 мг/кг, внесено $N_{13}P_{19}K_{19}$, pH_{KCl} 5,1), 2007 г.

Период вегетации	Продолжительность периода, сут	Сумма осадков, мм	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С
Посев – всходы	17	6	19,0	318
Всходы – розетка	15	15	10,9	175
Розетка – стебление	14	58	19,9	246
Стебление – бутонизация	10	21	20,7	207
Бутонизация – начало цветения	5	12	22,2	111
Посев – уборка	61	112	18,0	1056

Таблица 11 Доля влияния сорта и абиотических условий на урожайность сортов рапса на Сарапульском госсортоучастке Удмуртской Республики, %

Признак	Фактор		Сочетание факторов	Случайные факторы
	сорт (генотип)	год (абиотические условия)		
Урожайность семян	2,0*	95,2*	1,5*	1,3*
Урожайность сухого вещества	3,4*	92,1*	2,5*	2,0*

* – достоверно на 95 %-ом уровне значимости.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что урожайность семян и сухого вещества у изучаемых сортов ярового рапса в большей степени (95,2 и 92,1 % соответственно) зависит от абиотических условий вегетационного периода (таблица 11). Доля генотипа сорта в формировании урожайности семян составляет 2,0 %, а его влияние на урожайность сухого вещества – 3,4 %.

Выводы. Из всех изученных агрохимических показателей почвы урожайность сортов Галант и Аккорд имеет прямую корреляцию ($r = 0,33...0,64$) с показателем обменной кислотности. Выявлена прямая корреляционная связь урожайности семян сортов Таврион и Аккорд с дозой внесённых минеральных удобрений ($r = 0,33...0,60$), урожайности семян и сухого вещества сортов Аккорд, Галант, Таврион с дозой азотных удобрений ($r = 0,25...0,56$).

Среднесуточная температура воздуха за период посев – спелость 16,5 °С и сумма осадков 184 мм обеспечили формирование на госсортоучастках Удмуртской Республики средней урожайности 12,4 ц/га семян у сорта Таврион. Урожайность сухого вещества 22,1 ц/га получена при среднесуточной температуре воздуха за период посев – начало цветения 15,6 °С и сумме

осадков 84 мм. Для формирования урожайности семян рапса Таврион 19,8 ц/га и более необходимы среднесуточная температура воздуха за период посев – спелость не выше 15,5 °С и сумма осадков не менее 273 мм. При формировании сухого вещества не менее 42 ц/га количество выпавших осадков за период посев – начало цветения должно составлять 112 мм и более. Урожайность семян рапса Таврион имеет положительную среднюю корреляционную связь с продолжительностью периодов всходы – розетка ($r = 0,64$), розетка – стебление ($r = 0,69$), посев – спелость ($r = 0,67$), с суммой выпавших осадков за указанные периоды ($r = 0,55...0,65$) и обратную среднюю корреляционную связь со среднесуточной температурой воздуха в период всходы – розетка ($r = -0,34$) и стебление – бутонизация ($r = -0,49$). Между урожайностью сухого вещества рапса Таврион и продолжительностью периодов розетка – стебление ($r = 0,51$), бутонизация – начало цветения ($r = 0,54$) и с суммой осадков за эти периоды ($r = 0,52...0,66$) корреляция прямая средняя.

Урожайность семян и сухого вещества у сортов ярового рапса Таврион и Аккорд на 95,2 и 92,1 % зависит от метеорологических условий вегетационного периода.

Библиографический список

1. Вафина, Э.Ф. Урожайность сортов и гибрида ярового рапса в СХПК им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики [Текст] / Э.Ф. Вафина, С.И. Муртазина, Б.Б. Борисов // Агрономическому факультету Ижевской ГСХА – 60 лет: материалы всероссийской научно-практической конференции. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014. С. 76–78.
2. Гущина, В.А. Формирование продуктивности и качества маслосемян ярового рапса в лесостепи Среднего Поволжья [Текст]: монография / В.А. Гущина, А.С. Лыкова. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. 189 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-географические основы) [Текст] / А.А. Жученко. М.: Агрорус, 2008. Т. 1. 814 с.
5. Касаткина, Н.И. Продуктивность сортов рапса ярового в условиях Среднего Предуралья [Текст] / Н.И. Касаткина, Ж.С. Нелюбина // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. 2 – экономические науки». 2016. № 2 (6). С. 20–23.
6. Курбангалиев, Р.Н. Сравнительная оценка зарубежных гибридов ярового рапса в условиях Среднего Предуралья [Текст] / Р.Н. Курбангалиев, А.С. Богатырева, Э.Д. Акманаев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2 (38). С. 43–46.
7. Мухаметшина, С.И. Влияние приемов уборки ярового рапса Аккорд на сбор жира и элементный состав семян [Текст] / С.И. Мухаметшина, Э.Ф. Вафина, И.Ш. Фатыхов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (42). С. 16–20.
8. Нурлыгаянов, Р.Б. Урожайность ярового рапса в экстремальных условиях Кузбасса [Текст] / Р.Б. Нурлыгаянов // Р.Б. Нурлыгаянов, В. Малаев, А. Карома // Главный агроном. 2016. № 7. С. 23–24.
9. Рапс [Текст] / Под общ. ред. Д. Шпаара. Мн.: ФУАинформ, 1999. 208 с.
10. Салимова, Ч.М. Приемы посева ярового рапса Галант в Среднем Предуралье [Текст]: монография / Ч.М. Салимова, Э.Ф. Вафина, И.Ш. Фатыхов. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2011. 143 с.
11. Фатыхов, И.Ш. Продуктивность и качество надземной биомассы ярового рапса Галант в Среднем Предуралье [Текст] / И.Ш. Фатыхов, Э.Ф. Вафина, Ч.М. Салимова // Кормопроизводство. 2010. № 2. С. 24–26.
12. Францева, А.Б. Морфометрические показатели и фенологические ритмы развития сортов ярового рапса в условиях Калининградской области [Текст] / А.Б. Францева, О.М. Бедарева // Аграрная Россия. 2017. № 3. С. 17–23.
13. Dale A. Canola – the universal oilseed. Prog. 7-th Intern. Rapeseed Cong. Poland, Poznan, 1987. Vol. 3. 710 p.
14. Degussa (Hrsg) Die Aminosäurezusammensetzung von Futtermitteln. 7. Aufl. Degussa Feed Additives Frankfurt-Main, 2006. 128 s.

Сведения об авторах

1. **Вафина Эльмира Фатхулловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426033, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Кирова, 16, e-mail: vaf-ef@mail.ru.
2. **Фатыхов Ильдус Шамильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел.: 8 (3412) 58-99-64, e-mail: nir210@mail.ru.

Проведён анализ продуктивности сортов ярового рапса за 1998–2013 гг. по данным государственных сортоиспытательных участков Удмуртской Республики. Почва под опытами – дерново-подзолистая супесчаная и светло-серая лесная тяжелосуглинистая, пахотный слой средней степени окультуренности: содержание гумуса – от среднего до высокого (2,1–4,0 %), подвижного фосфора – от высокого до очень высокого (108–280 мг/кг), обменного калия – от низкого до высокого (50–260 мг/кг), обменная

кислотность – от слабокислой до нейтральной (рН 5,1...6,1). Выявлена положительная корреляционная связь урожайности рапса сортов Галант и Аккорд с кислотностью почвы ($r = 0,33...0,64$), урожайности семян сортов Таврион, Аккорд с дозой внесённых минеральных удобрений ($r = 0,33...0,60$), урожайности всех изучаемых сортов с дозой азотных удобрений ($r = 0,25...0,56$). Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований различались как по температур-

ному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Наименьшую урожайность семян (0,7 ц/га) сорт Таврион сформировал в условиях 2010 г. при сумме осадков 60 мм и среднесуточной температуре воздуха 17,5 °С за период вегетации продолжительностью 73 сут. В этом же году яровой рапс Таврион имел наименьшую урожайность сухого вещества – 8,0 ц/га, что связано с небольшой суммой (39 мм) выпавших осадков и относительно высокой среднесуточной температурой воздуха (15,9 °С) за период посев – начало цветения. Наибольшая урожайность семян (19,8 ц/га) была получена в

2005 г., когда период вегетации у сорта Таврион составил 121 сут. со среднесуточной температурой воздуха 15,5 °С и суммой осадков 273 мм. Наибольшую урожайность сухого вещества (42,2 ц/га) рапс Таврион сформировал при продолжительности периода посев – начало цветения 61 сут. со среднесуточной температурой воздуха 18,0 °С и суммой осадков 112 мм. Разная урожайность семян и сухого вещества по годам исследований на 92,1 % и 95,2 % соответственно обусловлена влиянием абиотических условий окружающей среды.

Е. Vafina, I. Fatykhov

RESPONSE OF SPRING RAPE VARIETIES TO ABIOTIC CONDITIONS IN THE MIDDLE CIS-URAL REGION BY CROP YIELD DEVELOPMENT

Key words: *spring rape; variety; yield; seeds; dry matter; abiotic conditions; agrochemical indicators of the soil.*

Authors' personal details

1. **Vafina Elmira**, Candidate of agricultural sciences, associate professor of the Crop production department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Izhevsk State Agricultural Academy, 426033, Russia, Udmurt Republic, Izhevsk, Kirov St., 16, e-mail: vaf-ef@mail.ru.

2. **Fatykhov Il'dus**, Doctor of agricultural sciences, professor of the Crop production department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Izhevsk State Agricultural Academy, 426033, Russia, Udmurt Republic, Izhevsk, Kirov St., 16, phone: 8 (3412) 58-99-64, e-mail: nir210@mail.ru.

Yield analysis of spring rape varieties for 1998–2013 was carried out based on the data of public seed-trial grounds in the Udmurt Republic. The soils under trials are sod-podzol sabulous and light grey forest heavy loamy. The tilth-top soil is of medium state of cultivation. Humus content varies from the medium to the high level (2,1–4,0 %), labile phosphorus rate is from high to very high (108–280 mg/kg), exchangeable potassium is presented from low to high (50–260 mg/kg), exchangeable acidity is from subacid to neutral (pH 5,1...6,1). A positive correlative relationship is found for Galant and Accord variety yields and soil acidity ($r = 0,33...0,64$), yields of Tavrion and Accord variety seeds and the rate of applied fertilizers ($r = 0,33...0,60$), yields of all the studied varieties and the rate of nitrogen fertilizers ($r = 0,25...0,56$). Meteorological conditions at vegetation period during the studied years were different both in temperature and precipitation. The lowest seed yield (0,7 dt/ha) was shown by Tavrion variety in

2010. That year the weather conditions were as follows: 60 mm total precipitation, 17,5 °С the mean daily temperature, 73 days the vegetation period. In the same year spring rape Tavrion had the lowest yield of dry matter being 8,0 c/ha, which was due to the low total precipitation being 39 mm and higher mean daily temperature being 15,9 °С for the period from seeding to the initial blossom. The highest seed yield at the rate of 19,8 c/ha was observed in 2005, when the vegetation period of Tavrion variety was 121 days with the mean daily temperature 15,5 °С and total precipitation 273 mm. The highest level of Tavrion rape dry matter yield being 42,2 c/ha was when the period from seeding to the initial blossom lasted 61 days with the mean daily temperature 18,0 °С and total precipitation 112 mm. Different yield of seeds and dry matter for the studied years by 92,1 % and 95,2 % correspondingly was due to the impact of abiotic conditions.

ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФОРМ АБРИКОСА СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ЮУНИИСК

Ключевые слова: абрикос; сорт; перспективная форма; сухие растворимые вещества; титруемая кислотность; сахара общие; витамин С; каротин.

Введение. В современных условиях основным направлением улучшения ассортимента косточковых культур во всех зонах плодородности является создание продуктивных, хорошо приспособленных к региональным условиям климата сортов, обладающих высоким качеством плодов [1]. Качество плодов – одно из основных хозяйственно-ценных показателей сорта. Многие из показателей товарных качеств плодов, их питательные и лечебно-профилактические свойства в значительной мере определяются их биохимическим составом. Биохимический анализ позволяет дать объективную оценку особенностям вкуса, аромата, окраски, плотности околоплодника, сохранности и некоторых других показателей качества свежих плодов и продуктов их переработки. Плоды и ягоды – важный источник биологически активных веществ (БАВ), которые легко усваиваются человеческим организмом благодаря одновременному наличию органических кислот и сахаров, представленных в основном в виде глюкозы и фруктозы. Их специфический комплекс включает в себя витамин С, каротин и каротиноиды, Р-активные соединения. В частности, плоды абрикоса представляют наибольшую ценность в качестве десертного продукта, так как в этом виде все биохимические вещества находятся в максимальных для данной культуры количествах [5]. Абрикосы относятся к числу важнейших для консервной промышленности видов плодового сырья. Из них вырабатывают компот, варенье, а также повидло, сок с мякотью и быстрозамороженную продукцию [3]. Селекция абрикоса в биоклиматических условиях Челябинской области ведется с середины 20-го века. За это время создан целый ряд сортов, 4 из них внесены в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Кичигинский, Пикантный, Снежинский, Челябинский ранний; 3 сорта находятся на государственном сортоиспытании: Бархатный, Призер, Уралец. В последнее время выделены перспективные формы, обладающие высоким качеством плодов.

Целью исследований являлась сравнительная оценка сортов и перспективных форм

абрикоса селекции ФГБНУ ЮУНИИСК по основным биохимическим показателям и вкусовым качествам продуктов их переработки.

Объекты и методы исследований. Работа выполнена в лаборатории селекции и технологии плодовых культур ФГБНУ ЮУНИИСК (г. Челябинск). Объектом исследований являлись сорта и перспективные формы абрикоса местной селекции.

В настоящее время абрикос выращивается на опытных участках (неорошаемых) института с почвенными разностями, представленными черноземами выщелоченными. Плоды созревают в третьей декаде июля – первой половине августа в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Агротехника ухода за растениями – рекомендуемая для северной лесостепи Южного Урала. Дегустационная оценка продуктов переработки проводилась в соответствии с действующими нормативами требований к технологической оценке сортов [4]. Оценка биохимических показателей плодов абрикоса проводилась в лаборатории ФГБНУ ЮУНИИСК. Содержание растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ 28562-90, содержание сахаров – по ГОСТ 8756.13-87, титруемую кислотность – по ГОСТ 25555.0-82, содержание аскорбиновой кислоты – йодометрическим методом, содержание каротина – по ГОСТ 8756.22-80.

Результаты исследований и их обсуждение. Химический состав плодов фруктового дерева зависит от сорта, условий произрастания, степени зрелости, агротехнических приемов выращивания. Содержание сухих растворимых веществ в плодах абрикоса колебалось от 10,9 до 17,2 % у сортов и форм, созданных на базе маньчжурского абрикоса (*Armeniaca Mandshurica* (Maxim) Skvorts), и от 13,0 до 16,3 % у форм, полученных на базе абрикоса обыкновенного (*Armeniaca Vulgaris* Lam). В целом для сортов и форм, созданных на основе абрикоса маньчжурского, содержание сухих растворимых веществ меньше, чем для сортов и форм на основе абрикоса обыкновенного (таблица 1).

Таблица 1 Биохимический состав плодов абрикоса

Сорт, форма	Сухие растворимые вещества, %	Титруемая кислотность, %	Сахара общие, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Каротин, мг/100 г	Сахаро-кислотный индекс
Сорта и формы, созданные на базе маньчжурского абрикоса						
Уралец	10,9	2,3	6,9	10,5	1,8	3,0
Кичигинский	12,1	2,4	6,3	7,0	3,0	2,7
Челябинский ранний	12,1	3,0	6,2	8,2	3,1	2,1
Пикантный	11,3	3,2	6,0	7,7	3,5	1,9
6-29-97	16,5	2,4	5,9	7,4	0,8	2,4
6-31-8	12,0	2,4	5,3	7,0	0,4	2,2
6-29-108	11,9	2,5	4,3	7,0	0,5	1,7
6-30-15	17,2	2,7	4,2	8,8	2,0	1,5
Среднее	13,0	2,6	5,6	7,9	1,9	2,2
Перспективные формы, созданные на базе обыкновенного абрикоса						
6-1	16,3	1,7	10,6	10,3	н/о	6,2
6-94	15,5	1,4	10,0	7,9	н/о	5,1
6-100	15,2	1,9	9,7	8,5	н/о	7,1
Ор-М-2	13,0	1,0	7,7	9,0	н/о	7,7
Среднее	15,0	1,5	9,5	8,9	н/о	6,3

Суммарное содержание сахаров в плодах абрикоса существенно варьирует: от 4,2 % у формы 6-30-15 до 10,6 % у формы 6-1. Колебания зависят не только от сортовых особенностей, но и от происхождения. В целом этот показатель у местных сортов происхождения от маньчжурского абрикоса заметно (в 1,7 раза) ниже, а содержание кислот (2,3–3,2 %), наоборот, выше (в 1,7 раза), чем у производных абрикоса обыкновенного. Неудивительно, что эта закономерность отразилась на дегустационной оценке плодов. Содержание витамина С в плодах изученных образцов абрикоса относительно высокое и варьирует от 7,0 до 10,5 мг/100 г. Наибольшее содержание характерно для сорта Уралец (10,5 мг/100 г) и формы 6-1 (10,3 мг/100 г), низким этот показатель был у сорта Кичигинский и форм 6-31-8 и 6-29-108 (7,0 мг/100 г).

Сахаро-кислотный индекс – важная характеристика, позволяющая оценить гармоничность вкуса плодов. Перспективные формы, созданные на базе абрикоса обыкновенного, имеют этот показатель в интервале от 5,1 до 7,7, а для сортов и форм на базе абрикоса маньчжурского – от 1,5 до 3,0.

Из всех косточковых культур плоды абрикоса наиболее богаты каротиноидами. Плоды местных сортов Кичигинский, Челябинский ранний и Пикантный характеризуются доста-

точно высоким содержанием каротина – от 3,0 до 3,5 мг/100 г.

Для оценки пригодности сортов абрикоса селекции ФГБНУ ЮУНИИСК для переработки из плодов сортов Кичигинский и Пикантный изготавливали сахарные консервы. При варке варенья соблюдалось соотношение плодов и сахара 1:1,25, а концентрация сиропа в компотах была 40 % [2].

Компоты из плодов с косточкой имеют хороший внешний вид (таблица 2), а вкусовые качества у компота из плодов сорта Кичигинский выше, чем сорта Пикантный (4,4 и 3,9 балла соответственно). Варенье из плодов с косточкой у этих же сортов имело хороший внешний вид. Вкусовые качества консервы лучше у сорта Кичигинский: горчит меньше, чем варенье из Пикантного.

Варенье из плодов без косточки сорта Кичигинский не горчит, а в варенье из плодов Пикантного горчинка едва чувствуется (придает вкусу пикантность). Варенье из плодов без косточки сорта Кичигинский вкуснее варенья из плодов с косточкой, а вкус варенья из плодов Пикантного в обоих случаях практически неизменный. Таким образом, выведенные местные сорта абрикоса съедобны, вкусны и полезны при употреблении как в свежем, так и в переработанном видах.

Таблица 2 Характеристика сахарных консервов из плодов абрикоса сортов селекции ФГБНУ ЮУНИИСК, балл

Показатель	Компот		Варенье			
	Кичигинский	Пикантный	плоды без косточки		плоды с косточкой	
			Кичигинский	Пикантный	Кичигинский	Пикантный
Внешний вид	4,7	4,6	4,6	4,8	4,7	4,7
Вкусовые качества	4,4	3,9	4,8	4,2	4,6	4,3
Общая оценка	4,6	4,4	4,8	4,5	4,6	4,5

Заключение. Содержание в плодах сухих растворимых веществ и общего сахара у сортов и форм, созданных на базе маньчжурского абрикоса, существенно меньше, а титруемых кислот, наоборот, больше, чем у перспективных форм, созданных на основе абрикоса обыкновенного.

Влияние происхождения на содержание витамина С в плодах незначительное. Плоды местных сортов абрикоса характеризуются достаточно высоким содержанием каротина. Вкусовые качества у продуктов переработки из плодов сорта Кичигинский выше, чем из Пикантного.

Библиографический список

1. Гасымов, Ф.М. Адаптивность сортов сливы и абрикоса в условиях Урала [Текст] / Ф.М. Гасымов // Коняевские чтения. Сборник материалов V Юбилейной международной научно-практической конференции (26–28 ноября 2015 г.). Екатеринбург: УрГАУ, 2016. С. 248–251.

2. Макаркина, М.А. Оценка сортов абрикоса по химическому составу плодов, выращенных в условиях средней полосы России [Текст] / М.А. Макаркина, Е.Н. Джигадло, А.Р. Павел, С.Е. Соколова, А.А. Попкова // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур: сб. научн. трудов. Орел, 2013. С. 73–78.

3. Мегердичев, Е.Я. Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенных для различных видов консервирования [Текст] / Е.Я. Мегердичев. М: Россельхозакадемия, 2003. 95 с.

4. Методические указания по технологической оценке сортов плодовых и ягодных культур [Текст]. М., 1972. 49 с.

5. Путятин, В.И. Химико-технологические свойства плодов местных сортов абрикоса [Текст] / В.И. Путятин, И.Г. Замятина // Селекция, биология, агротехника плодово-ягодных культур, картофеля: сб. науч. тр. Т. 1. Челябинск, 1994. С. 30–37.

Сведения об авторах

1. **Гасымов Фирудин Мамедага оглы**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», Челябинск, ул. Гидрострой, 16, тел.: (351) 271-64-83, e-mail: lstpk@mail.ru.

2. **Уфимцева Лариса Викторовна**, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», Челябинск, ул. Гидрострой, 16, e-mail: uyniisk@mail.ru.

Представлены результаты исследований по сравнительной оценке биохимического состава ряда сортов и перспективных форм абрикоса, созданных в институте. Установлено, что сорта и перспективные формы, созданные на базе абрикоса маньчжурского, существенно уступают формам, созданным на базе абрикоса обыкновенного, по содержанию сухих растворимых

веществ и сахаров, содержат при этом высокое количество органических кислот. Сахаро-кислотный индекс плодов абрикоса для форм на базе абрикоса обыкновенного существенно превосходит сорта и формы на базе абрикоса маньчжурского. Сорта Пикантный и Кичигинский пригодны для переработки на компоты и варенье.

F. Gasymov, L. Ufimtseva

CHEMICAL-TECHNOLOGICAL ESTIMATION OF VARIETIES AND PERSPECTIVE FORMS OF APRICOT SELECTED BY THE SOUTH URAL SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF HORTICULTURE AND POTATO

Key words: *apricot; variety; perspective form; dry soluble substances; titrated acidity; common sugars; vitamin C; carotene.*

Authors' personal details

1. **Gasymov Firudin**, Candidate of agricultural sciences, senior researcher, South Ural Scientific Research Institute of Horticulture and Potato, Chelyabinsk, Gidrosroy st., 16, phone: (351) 271-64-83, e-mail: lstpk@mail.ru.

2. *Ufimtseva Larisa*, Candidate of biological sciences, docent, senior researcher, South Ural Scientific Research Institute of Horticulture and Potato, Chelyabinsk, Gidrosroy st., 16, e-mail: uyniisk@mail.ru.

The paper presents the results of studies on comparative estimation of biochemical composition of a number of varieties and promising forms of apricot created in the institute. The varieties and promising forms, created on the basis of manchurian apricot, are found to be substantially inferior to the forms created on the basis of common apricot

in the content of dry soluble substances and sugars, while they contain higher amount of organic acids. The sugar-acid index of apricot fruits for apricot-based forms is much higher than for varieties and forms based on manchurian apricots. Piquantny and Kichiginsky varieties are suitable to be processed for stewed fruits and jam.

© Гасымов Ф.М., Уфимцева Л.В.

УДК 634.23:631.55

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-35-39

Ю.А. Доля, Р.Ш. Заремук

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ ПРОДУКТИВНОСТИ ВИШНИ НА ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ ГЕНЕРАТИВНОГО РАЗВИТИЯ

Ключевые слова: сорта; вишня обыкновенная; адаптивность; продуктивность; урожайность; качество плодов.

Введение. Вишня обыкновенная издавна пользовалась популярностью у населения России как одна из немногих косточковых культур, имеющая биологическую способность к плодоношению и в северных регионах страны. Плоды вишни – богатый источник полифенольных веществ, особенно сорта с темноокрашенными ягодами, у которых антоцианы распределены по всей мякоти, а не сосредоточены в кожице, как у ягодных культур [1, 2]. Биологическая урожайность современных сортов вишни оценивается учеными в размере 20–30 кг с дерева (8,0–12,5 т/га), хотя потенциальные возможности культуры намного выше: порядка 40–45 кг с дерева (16,0–18,0 т/га) [2–4]. Обобщение многолетних данных по продуктивности вишневых садов в ряде садоводческих хозяйств за последние 50 лет показывает, что производство плодов крайне не стабильно по годам. Относительно высокие урожаи за этот период отмечались лишь 5 сезонов, средние урожаи наблюдались гораздо чаще – с вероятностью до 30 %. Низкие урожаи – частое явление: 9 сезонов из 50 лет (вероятность 30 %). И, наконец, вероятность полной потери урожая составляет не менее 10 %, т. е. 1 раз в 10 лет [5].

Продуктивность плодового растения – результат взаимодействия всех органов и структур дерева, что является отображением приспособительных свойств, адаптивности к стрессорам и биологических возможностей сорта. В связи с этим изучение биологических особенностей плодоношения является важным в отбо-

ре наиболее продуктивных сортов и ценных для селекции генотипов [6]. Юг России – наилучший регион для выращивания косточковых культур, в т. ч. вишни, однако потенциал культуры реализуется также не полностью из-за нестабильности абиотических факторов вследствие глобального изменения климата. В таких условиях наиболее уязвимой является генеративная сфера растений, что сказывается на снижении адаптивности и продуктивности плодовых культур. Однако существует мнение, что высокая экологическая пластичность растений, как правило, характеризуется их низкой продуктивностью [7]. Справедливость данного утверждения для вишни обыкновенной необходимо подтвердить взаимосвязью количества компонентов плодоношения и их устойчивостью к различным аномальным факторам среды. Потенциальные возможности продуктивности сортов заложены в природе их происхождения от исходных видов, значительно различающихся по характеру плодоношения: на ростовых побегах, на многолетней древесине – букетных веточках, смешанный тип [1, 8]. В работах ряда авторов доказано, что плодоношение вишни сосредоточено в основном на букетных веточках [5, 9].

Противоречивость ранее проводимых исследований определяет актуальность данной работы.

Цель исследований – определить биологический потенциал плодоношения вишни обыкновенной на основных этапах формирования

урожая в условиях Краснодарского края; выделить сорта вишни, сочетающие в своем генотипе биологическую продуктивность и высокую адаптивность.

Условия, материалы и методы. Исследования проведены в Центральной части Краснодарского края, в садах сортоизучения II отделения ОПХ «Центральное» г. Краснодара (кв. 28, 29), деревья посажены по схеме 6 × 4 м. Наблюдения проводились в течение 2-х вегетационных сезонов (2014–2015, 2016–2017 гг.). Климат региона достаточно мягкий: среднегодовая температура составляет +11,9–12,1) °С, максимальные температуры достигают +40,0–40,7 °С (июль, август), предельные минимальные температуры могут опускаться ниже –30,0–32,9 °С (январь, февраль), но такие аномально низкие значения наблюдали 3 раза (1940, 1954, 2006 гг.) за последнее столетие.

Система формирования деревьев – разреженно-ярусная. Агротехника в садах в ЗАО ОПХ «Центральное» общепринятая. Почвы представлены сверхмощным выщелоченным черноземом с содержанием гумуса от 2,0 до 2,3 % в пахотном слое почвы. Реакция почвенной среды слабощелочная – рН – 6,5–7,0.

Подсчет количества элементов плодоношения на отдельных этапах генеративного развития осуществляли на скелетных ветвях третьего порядка, на 3-х деревьях каждого сорта. Для этого выбирали 2–4 типичные ветви с разных сторон дерева (6–12 ветвей каждого сорта). Учеты количества элементов плодоношения на каждом из описанных этапов велись при помощи методических рекомендаций «Оценка формирования и реализации продуктивности черешни» (СКЗНИИСиВ, 2013). Адаптивность определяли исходя из степени повреждения плодовых почек морозами согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орел, 1999).

Результаты исследований. Плодоношение вишни осуществляется преимущественно на

букетных веточках (б. в.). Они превосходят однолетние побеги (од. п.) по количественным показателям – в среднем на одной типичной многолетней ветви насчитывается 133 букетных веточки, что составляет 92 %, однолетних побегов – 12 штук или 8 % (таблица 1). Таким образом, плодоношение современных сортов вишни осуществляется по типу черешни, следовательно, идентичные признаки свидетельствуют об их большей генетической близости, чем с вишней степной. Возможно, длительная селекция на улучшение качественных показателей сортов вишни привела к выравниванию некоторых признаков. С преобладающим количеством букетных веточек выделены сорта вишни Шалуныя, Домбазия, Молодежная, Кирина, Эрди Ботермо, у них на одной типичной ветви формируется от 121 до 186 многолетних плодовых образования. Все эти сорта достоверно (при НСР 0,5 = 5,1) превышают контрольный сорт Краснодарская сладкая (районирован по Северо-Кавказскому региону) по данному показателю.

Формирование основной части урожая также осуществляется на букетных веточках – на них сосредоточено 76 % всех заложившихся плодовых почек, на однолетнем побеге – соответственно 24 %. Соотношение плодовых и ростовых почек на букетных веточках составляет в среднем 3:1, как у сорта Кирина – 472 генеративных и 149 вегетативных почки. У сорта Краснодарская сладкая значительное превосходство: 363 плодовых и 92 ростовых почек (4:1). На однолетнем побеге число плодовых также преобладает над ростовыми, однако соотношение их немного меньше – в среднем 2:1, что является закономерным, т. к. такие побеги имеют вегетативную часть, отвечающую за рост. Однако наибольшее количество плодовых почек по отношению к ростовым (3:1) имеет сорт Шалуныя – 197, практически равное соотношение (1:1) имеет сорт Домбазия – 30 генеративных и 28 вегетативных.

Таблица 1 Количество основных элементов плодоношения сортов вишни

Сорт		Всего, штук		Соотношение п. п.: р. п		Плодовых почек на 1 пог. м	
		б. в.	од. п.	б. в.	од. п.	б. в.	од. п.
Домбазия		124	4	255:124	30:28	64	34
Краснодарская сладкая (к)		92	12	363:92	174:67	89	42
Кирина		149	19	472:149	179:96	118	50
Молодежная		144	11	496:144	148:71	124	53
Нефрис		115	7	411:115	50:19	103	77
Шалунья		186	18	546:186	197:65	108	93
Эрди Ботермо		121	12	350:121	118:55	88	37
Среднее	шт.	133	12	413:133	128:57	84	55
	%	92	8	76	24	60	40
НСР 0,5		5,1	1,9	—	—	3,4	4,1

Нагрузка элементами плодоношения в расчете на 1 погонный метр плодовой древесины является более точным показателем продуктивности сорта. Выделены сорта, достоверно превосходящие контрольный сорт по этому показателю: Кирина, Молодежная, Нефрис, Шалунья, формирующие от 103 до 124 плодовых почек на многолетней плодовой древесине (представленных букетными веточками). Эти же сорта формируют наибольшее количество генеративных почек на однолетних побегах – от 50 до 93 штук (таблица 1). Плодовая почка вишни несет в себе огромный потенциал продуктивности, который может достигать 4–5 цветков, но в среднем формируется 2–3 штуки, следовательно, букетная веточка (формирующая 5–6 генеративных почек) имеет 10–18 цветков. Исходя из рассчитанного количества плодовых почек на многолетней плодовой дре-

весине, устанавливаем число цветков на 1 погонном метре. Выделены сорта с высокими показателями – Краснодарская сладкая, Кирина, Молодежная, Нефрис, способные закладывать от 267 до 322 цветков на 1 пог. м плодовой древесины (таблица 2). В весенний период происходят значительные потери элементов плодоношения в виде осыпания неопыленных цветков, недоразвитых завязей и плодов, что является естественным биологическим процессом нормировки урожая. Однако в отдельные годы возможно увеличение редукции, что связано с неблагоприятными погодными условиями в зимний и ранневесенний периоды. В зимний период 2016–2017 гг. была отмечена частичная гибель плодовых почек вишни, особенно у сортов Краснодарская сладкая (35 %) и Домбазия (50 %), что в значительной степени отразилось на снижении их урожайности (рисунок 1).

Таблица 2 Реализация биологической продуктивности сортов вишни

Сорт	Элементы плодоношения, 1 пог. м/шт.			Масса плода, г	Урожайность, кг/дер.
	цветков (% редукции)	завязей (% редукции)	плодов		
Домбазия	160 (68 %)	52 (19 %)	42	5,5 ± 0,5	5,0 ± 5,0
Краснодарская сладкая (к)	267 (59 %)	110 (32 %)	75	5,0 ± 0,7	8,0 ± 5,5
Кирина	280 (40 %)	168 (27 %)	123	6,6 ± 0,5	15,0 ± 9,0
Молодежная	295 (35 %)	192 (30 %)	134	5,1 ± 0,6	20,0 ± 4,0
Нефрис	322 (49 %)	164 (25 %)	123	5,0 ± 0,3	15,0 ± 5,0
Шалунья	247 (38 %)	153 (38 %)	95	5,9 ± 0,5	10,0 ± 7,0
Эрди Ботермо	228 (52 %)	109 (20 %)	87	6,5 ± 0,6	8,0 ± 6,0
Среднее	257 (49 %)	135 (27 %)	97	5,7 ± 0,5	12,0 ± 5,2
НСР 0,5	5,2	5,9	2,9	0,8	11,6 ± 6,0

Рисунок 1
Подмерзание плодовых почек (%) сортов вишни, 2016–2017 гг.

Таким образом, в период наблюдения у сортов Краснодарская сладкая и Домбазия осыпание цветков было наибольшим – 59 и 68 % – за счет того, что часть цветков подмерзла и

остановилась в своем развитии; у остальных сортов данный показатель колебался от 38 до 52 %, средний процент осыпания составляет 49 %.

Следующий этап реализации биологической продуктивности связан с осыпанием неполноценной завязи, в этот период редукция составляет от 19 до 38 %, наибольшее значение данного показателя наблюдали у сортов Краснодарская сладкая (32 %) и Шалунья (38 %). У сортов Кирина, Молодежная и Нефрис отмечено наибольшее число сохранившейся завязи на 1 погонный метр плодовой древесины: 168, 192 и 164 плодоземента соответственно. В среднем по сортам данный показатель составляет 27 %, что значительно меньше, на 22 %, чем на предыдущем этапе формирования продуктивности. Оставшаяся часть завязи составляет основу фактического урожая, все предыдущие этапы являются потенциалом плодоношения вишни, однако часть из них осталась не реализованной по различным, описанным ранее причинам.

Так, к наиболее продуктивным сортам, максимально сохранившим свой урожай, относятся Кирина, Молодежная и Нефрис, у них на 1 погонный метр приходится от 123 до 134 плодов, что соответствует продуктивности 15–20 кг с дерева. В исследуемый период средняя урожайность сортов вишни составила 12,0 кг с дерева, однако выявлено сильное варьирование данного показателя – от 5,0 до 9,0 кг в предыдущие годы наблюдений, что связано с нестабильными погодно-климатическими условиями.

Качество плодов является более стабильным показателем, отклонение по сортам от средней величины незначительно и составляет

0,3–0,7 г. Высококачественными крупными являются сорта Домбазия, Кирина, Шалунья, Эрди Ботермо с массой плодов 5,5–6,5 г. Плоды являются заключительным структурным элементом реализации продуктивности, однако высокие показатели биологического потенциала не связаны с крупноплодностью.

Выводы. Выделены сорта, проявившие свои исключительные способности на всех этапах формирования и реализации продуктивности: Кирина, Молодежная, Нефрис, Шалунья, имеющие высокие показатели биологической продуктивности, способные за счет адаптивности максимально сохранить элементы плодоношения на всех этапах развития. Выделенную группу сортов можно рекомендовать в качестве источников продуктивности. Критическими периодами, ответственными за сохранность будущего урожая, являются зимний, когда генеративная сфера находится в стадии покоя, и весеннего развития, когда после цветения отмечена наибольшая редукция элементов продуктивности. В наших исследованиях прямая связь высокой продуктивности и низкой экологической приспособленности к абиотическим факторам не обнаружена, напротив, сорта, формирующие большое количество элементов плодоношения, были достаточно устойчивы в зимний период. Однако выводы являются предварительными, наблюдения необходимо продолжить, вовлекая остальную часть сортов генетической коллекции вишни.

Библиографический список

1. Орлова, С.Ю. Биологические особенности и селекционная ценность сортов вишни в условиях Северо-Запада России [Текст]: дис. ... канд. с.-х. наук / С.Ю. Орлова. Санкт-Петербург, 2002. 193 с.

2. Жбанова, Е.В. Оценка биохимического состава сортов и форм вишни [Текст] / Е.В. Жбанова, А.В. Кружков // Плодоводство и ягодоводство России. Сб. науч. трудов ВСТИСП. М., 2014. Т. XXXIX. С. 93–96.

3. Ожерельева, З.Е. Определение потенциала устойчивости вишни и черешни к весенним стрессорам [Текст] / З.Е. Ожерельева // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2017. Т. 20. С. 130–133.

4. Григорьева, Л.В. Оценка перспективных привойно-подвойных комбинаций вишни для создания интенсивных садов [Текст] / Л.В. Григорьева, И.В. Муханин, А.И. Милаев // Вестн. МичГАУ. 2014. № 4. С. 8–9.

5. Лукин, Е.С. Стабилизация плодоношения вишни [Текст] / Е.С. Лукин // Садоводство и виноградарство. 2001. № 3. С. 16–18.

6. Доля, Ю.А. Особенности формирования биологической продуктивности сортов вишни из коллекции СКЗНИИСИВ [Электронный ресурс] / Ю.А. Доля // Плодоводство и виноградарство Юга России. Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2017. № 45 (03). С. 22–32.

7. Еремин, Г.В. Предварительная селекция при выведении новых сортов косточковых культур [Текст] / Г.В. Еремин // Инновации в селекции плодовых и ягодных культур: материалы науч.-практ. конф. (5–8 июля 2016 г.); ВНИИСПК. Орел, 2016. С. 48–52.

8. Упадышева, Г.Ю. Инновационные элементы технологии возделывания вишни [Текст] / Г.Ю. Упадышева // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 70–72.

9. Дубровский, М.Л. Изучение особенностей плодоношения сортов и форм вишни в условиях центрально-черноземного региона [Текст] / М.Л. Дубровский, А.В. Кружков // Плодоводство и ягодоводство России. Сб. науч. трудов ВСТИСП. М., 2014. Т. XXXIX. С. 84–86.

1. **Доля Юлия Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории сортоизучения и селекции садовых культур, ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39, e-mail: skzniisiv2015@mail.ru.

2. **Заремук Римма Шамсудиновна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая НЦ «Сортоизучения и селекции садовых культур и винограда», ФГБНУ СКФНЦСВВ, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39, e-mail: zaremuk_rimma@mail.ru.

В статье представлены результаты изучения сортов вишни обыкновенной (*Cerasus vulgaris*) генетической коллекции Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. Определены биологические особенности формирования и реализации продуктивности вишни в условиях Краснодарского края. Выделены основные элементы продуктивности вишни: букетные веточки, однолетние побеги, плодовые почки, цветки, завязи и плоды. Основная часть продуктивности вишни формируется на букетных веточках – 82 %, на однолетних побегах сосредоточена меньшая часть плодовых почек – 8 %. Рассчитано соот-

ношение плодовых и ростовых почек на букетных веточках (3:1) и однолетних побегах (2:1). Выделены адаптивные сорта, которые при низких отрицательных температурах имеют незначительную гибель плодовых почек – 4–21 %. Установлены критические периоды при формировании урожайности вишни, на которых отмечены наибольшие потери элементов плодоношения (плодовых почек, цветков, завязей). Определены наиболее крупноплодные сорта с массой плодов 5,5–6,5 г. Выделена группа сортов, имеющая не только высокие показатели биологической продуктивности, но и способная максимально реализовать их в урожай плодов.

Y. Dolya, R. Zaremuk

BIOLOGICAL RESERVES OF CHERRY YIELD CAPACITY AT SEPARATE STAGES OF REPRODUCTIVE GROWTH

Key words: *varieties; sour cherry; adaptation; yield capacity; fertility; quality of fruits.*

Authors' personal details

1. **Dolya Yulia**, Candidate of agricultural sciences, researcher of the Variety studies and horticultural crop selection laboratory, Federal state budgetary scientific institution North Caucasus research center of gardening, wine growing and wine making, Krasnodar, 40-letiya Pobedy St., 39, e-mail: skzniisiv2015@mail.ru.

2. **Zaremuk Rimma**, Doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the Scientific center «Variety studies and horticultural crop selection and grapes», Federal state budgetary scientific institution North Caucasus research center of gardening, wine growing and wine making, Krasnodar, 40-letiya Pobedy St., 39, e-mail: zaremuk_rimma@mail.ru.

The paper presents the results of studies on sour cherry (*Cerasus vulgaris*) varieties of genetic collection developed by North Caucasian federal scientific center of gardening, wine growing, wine making. Biological features of cherry yield capacity in conditions of Krasnodar Krai are defined. Basic elements of cherry fertility, namely blossom twigs, one-year shoots, fruit buds, flowers, sets and fruits are distinguished. The main fertile part of a cherry tree is formed on blossom twigs making 82 %, less fruitful parts are located on one-year shoots being 8 %. The ratio of fruit and growth

buds is calculated. It is 3:1 for blossom twigs and 2:1 for one-year shoots. Adaptive varieties that have insignificant death rate of fruit buds 4–21 % at low negative temperatures are found. Critical periods for cherry yield development when there is the highest loss of fruiting elements (fruit buds, flowers, sets) are determined. The most large-fruited varieties with fruits weighing 5,5–6,5 g are defined. A group of varieties having high rates of biological fertility and able to realize them into fruit harvest is found.

© Доля Ю.А., Заремук Р.Ш.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Ключевые слова: яровая твердая пшеница; сорта; сортоиспытание; урожайность; структура урожая.

Введение. Ежегодный дефицит зерна твёрдой пшеницы на мировом рынке в настоящее время оценивается в размере 1,5 миллионов тонн. Дефицит, особенно качественного зерна, в ближайшей перспективе будет возрастать. Это связано с тем, что в мире почти не осталось регионов, где расширение посевов твёрдой пшеницы (наиболее быстрый способ увеличения валового производства) экологически и экономически целесообразно, за исключением России и Казахстана [4]. В то же время потребность в зерне твердой пшеницы и продуктах из него возрастает. Рост благосостояния населения в мире формирует повышенный спрос на качественное продовольствие, в том числе пасту, произведённую из дурума [5]. Стремительно увеличивается потребление пасты в Китае и других странах Юго-Восточной Азии. Растет арабское население, имеющее значительный миграционный потенциал, что приводит к распространению и популяризации традиционных блюд Ближнего Востока – булгура и кускуса, которые готовятся из твёрдой пшеницы. В Италии и ряде регионов Ближнего Востока и Северной Африки популярен так называемый «плоский хлеб», выпекаемый из муки твёрдой пшеницы, что также расширяет рынок для производителей твёрдой пшеницы [6].

Среднегодовое производство зерна твёрдой пшеницы в России в последние 3–4 года составляет 500–600 тысяч тонн. В 2017 г. произведено около 800 тыс. тонн. Экспорт составляет 100–150 тысяч тонн. В то же время импорт зерна из Казахстана в 2016 г. превысил 250 тыс. тонн. Импорт макаронных изделий (в основном из Италии) ежегодно превышает 100 тыс. тонн. Потребность российского рынка в высококачественных макаронных изделиях (из дурума) оценивается величиной 750–800 тыс. тонн, в пшеничных крупах высокого качества (из дурума и полбы) – в 100 тыс. тонн, что эквивалентно 1,5 миллионам тонн зерна твёрдой пшеницы. С учетом перспектив развития экспортного потенциала и импортозамещения, объём производства твёрдой пшеницы в России должен быть не менее 2,0–2,5 миллионов тонн ежегодно, что в 3 раза больше рекордного уро-

жая 2017 г. В связи с этим наряду с решением проблемы повышения производства зерна твёрдой пшеницы в традиционных регионах её возделывания целесообразно оценить возможности расширения ареала этой культуры в северных регионах Поволжья и Урала с более благоприятным гидротермическим режимом вегетационного периода. Каждый сельскохозяйственный регион обладает определенными ресурсами среды для формирования соответствующей величины и качества урожая той или иной возделываемой культуры [3]. Чувашская республика является одним из таких регионов. Широкое распространение культуры в новом для неё регионе может иметь успех только на основе адекватного сортового типа. Поэтому **целью исследований**, данные которых использованы в публикации, являлось изучение сортов твёрдой пшеницы разного морфотипа в условиях центральных районов Чувашии, выбор наиболее перспективных из них и определение возможностей селекционной и технологической адаптации яровой твёрдой пшеницы в регионе.

Объекты и методы исследований. Исследования по сортоиспытанию яровой твердой пшеницы проведены в УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА с 2015 г. на средне-суглинистой темно-серой лесной почве. Пахотный слой опытного участка имеет реакцию почвенной среды, близкую к нейтральной, содержание гумуса низкое, подвижного фосфора – высокое, обменного калия – повышенное.

Опыт закладывался на делянках с учётной площадью 1 м² в шестикратной повторности. Изучались пять сортов яровой твердой пшеницы: 1) Безенчукская Нива, 2) Безенчукская 200, 3) Безенчукская 205, 4) Безенчукская 209, 5) Луч 25. Первые 4 сорта выведены в Самарском НИИСХ, а Луч 25 – в НИИ сельского хозяйства Юго-Востока. Семена всех сортов имели категорию элитных. Сорта Безенчукская 200, Безенчукская 205 и Безенчукская 209 относятся к разновидности гордеиформе, Безенчукская нива и Луч 25 – леукурум. По продолжительности периода «всходы – колошение» они располагаются в порядке его увеличения

следующим образом: Безенчукская 205, Луч 25, Безенчукская 200, Безенчукская Нива, Безенчукская 209. Последний несет сильный ген редукции высоты растений RhtB1b и относится к низкорослому морфотипу. Все остальные сорта не имеют сильных генов, контролирующих высоту растений, её величина у них зависит от продолжительности вегетации и условий среды в период роста междоузлий и их количества.

Фенологические наблюдения, биометрический анализ снопового материала вели согласно методике государственного сортоиспытания. Математическую обработку данных проводили по Доспехову. Агротехника возделывания была общепринятой для Чувашской Республики: осенью вспашка на глубину 25–27 см, весной боронование и предпосевная культивация. Предшественник – картофель. Посев проводился в начале мая при температуре почвы на глубине заделки семян 8–10 °С при норме 5 млн шт. всхожих семян на 1 га. Погодные условия 2015 г. в целом были благоприятны для роста и развития растений яровой твердой пшеницы. Вторая декада мая характеризовалась умеренно теплой погодой с частым выпадением осадков. Сумма их превысила две многолетние нормы. Средняя месячная температура воздуха оказалась на 3,8 градуса выше многолетней. В июне на фоне повышенных температур наблюдался дефицит осадков. Формирование колоса проходило в условиях недостаточной влагообеспеченности. В июле удерживалась прохладная для этого сезона погода с частыми и обильными дождями. Восковая спелость зерновых отмечена в середине августа. В целом за период активной вегетации (май – август) средняя температура воздуха превысила многолетний показатель на 1,8 °С и составила 18,2 °С, сумма

осадков – 249 мм или 115 % от многолетней нормы.

В 2017 г. посев был проведен во второй декаде мая или на 10 дней позже, чем в предыдущий год. Рост и развитие растений твердой пшеницы в начале вегетации (май, июнь) проходили в условиях избытка влаги на фоне пониженных температур. Вторая половина вегетации (июль – август) по температурному режиму и осадкам мало отличалась от средне-многолетних норм. Период созревания урожая (третья декада августа) совпал с обильными осадками, сопровождавшимися сильными ветрами, что вызвало полегание посевов. В целом за период вегетации твердой пшеницы (май – август) величина среднесуточной температуры (15,8 °С) была ниже средне-многолетних значений на 0,6 °С. Эти обстоятельства и относительно поздний срок посева привели к удлинению вегетационного периода и поздним срокам уборки урожая. По величине урожая зерна и валовому доходу с единицы посевной площади твердая пшеница оба года относительно других яровых зерновых культур (яровая мягкая пшеница, ячмень) была вполне конкурентоспособной.

Результаты и обсуждение. Анализ структуры урожая проводили по пробным снопам, взятым перед уборкой. Результаты биометрического анализа растений яровой твердой пшеницы (таблица 1) показали, что высота растений по сортам составила от 74,55 до 104,75 см. Наиболее высокорослые растения достоверно отмечены у сорта Безенчукская 205, низкорослые – Безенчукская 200. Однако не всегда большая высота является преимуществом, низкорослые растения обычно более устойчивы к полеганию.

Таблица 1 Биометрические показатели сортов яровой твердой пшеницы в среднем за 2015 и 2017 гг.

№ п/п	Сорт	Высота растения, см	Кустистость		Количество междоузлий, шт.
			общая	продуктивная	
1	Безенчукская 200	76,55	2	1,9	3,8
2	Безенчукская 205	104,75	2,15	2,05	3,8
3	Безенчукская 209	74,55	2,45	2,25	3,5
4	Безенчукская Нива	93,2	2,4	2,25	3,5
5	Луч 25	94,35	2	1,7	3,65
НСР 05		6,45	0,35	0,35	0,4

Также в своих исследованиях мы определяли количество междоузлий стебля твердой пшеницы. Однако большую роль в прочности стебля многие исследователи отводят не столько количеству междоузлий, сколько толщине стенок междоузлий и их анатомическому строению. По всей вероятности, проблему полегания можно было бы решить и без короткосте-

бельных форм благодаря направленной селекции на толщину и прочность соломины, если бы речь шла только о стеблевом полегании [2]. В наших исследованиях количество междоузлий по сортам в среднем за два года варьировала в пределах 3,5...3,8, однако разницу по вариантам нельзя считать достоверной, т. к. изменения находились в пределах ошибки поле-

вого опыта. Также у яровой пшеницы с ее слабыми узловыми корнями чрезвычайно широко распространено и корневое полегание. Короткостебельность и здесь играет положительную роль, особенно при полегании, вызванном расплыванием почвы после дождей, как, например, в условиях 2017 г., когда резко ослабевает прочность связи корней с почвой, и короткий, легкий стебель дает несомненные преимущества в устойчивости растений. Количество побегов, которые образуют растения пшеницы, принято называть кустистостью, а сам процесс – энергией кущения.

Однако не все побеги дают колосоносные стебли, поэтому различают общую кустистость (число побегов на растении) и продуктивную кустистость (число колосоносных стеблей на растении), что является важным фактором, формирующим продуктивность растений. В изучаемом нами опыте показатели общей и продуктивной кустистости варьировали в пределах 2,0–2,45 и 1,7–2,25 соответственно. Полученные результаты достоверно свидетель-

ствуют, что наилучшие результаты общей и продуктивной кустистости сформировали растения сортов Безенчукская Нива, соответственно 2,4–2,25 и Безенчукская 209 – 2,45–2,25. Самое слабое кущение отмечено у сорта Луч 25, где показатель продуктивной кустистости составил 1,7.

Анализ структуры урожая – важный метод оценки развития культурных растений, он позволяет установить закономерности формирования урожая и проследить его зависимость от многообразия факторов внешней среды [1]. Результаты анализа структуры урожая приведены в таблице 2. Из них следует, что число и масса зерен в колосе в зависимости от сорта изменялось пропорционально длине колоса. Наилучшие показатели структуры урожая достоверно отмечены у сорта Безенчукская Нива, где длина колоса составила 5,1 см, количество семян в колосе – 22,9 шт., а масса семян в колосе – 1,12 г. Наименьшие показатели отмечены у сорта Безенчукская 205: длина колоса – 3,85 см, число семян в колосе 18 шт., масса семян – 0,93 г.

Таблица 2 Структура урожая и урожайность сортов яровой твердой пшеницы в среднем за 2015 и 2017 гг.

№ п/п	Сорт	Длина колоса, см	Число зерен в главном колосе, шт.	Масса зерен в главном колосе, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность, г/м ²
1	Безенчукская 200	4,55	20,2	0,91	48,105	263
2	Безенчукская 205	3,85	16,8	0,765	42,32	196
3	Безенчукская 209	4,35	21,8	1,04	46,725	296
4	Безенчукская Нива	5,1	22,9	1,12	52,365	341
5	Луч 25	5	18,65	1,075	53,275	298
НСР 05		0,75	5,4	0,2	5,5	14,2

На формирование зерна в колосе влияет множество факторов, таких как, например, температура: при невысоких температурах, недостатке влаги или при ее избытке формируется щуплое зерно, соответственно уменьшается масса 1000 семян. В изучаемом 2015 г. погода была наиболее благоприятной для выращивания твердой пшеницы, чем условия 2017 г., характеризующиеся обилием осадков и более низкой температурой за вегетационный период. В условиях 2015 г. растения пшеницы сформировали более полновесное зерно с наилучшим показателем массы 1000 семян. Данный показатель по сортам в условиях 2015 г. варьировал от 45 до 60 грамм, а в 2017 г. – от 38,45 до 46,55 соответственно. Масса 1000 семян составила по вариантам в среднем за два года от 42,32 до 53,27 грамм. Сорта Безенчукская Нива и Луч 25 достоверно превышали остальные варианты по данному показателю. Учет биологической урожайности выявил преимущество сорта Безенчукская Нива – 341 г/м², Луч 25 – 298 г/м² и

Безенчукская 209 – 296 г/м², наименьший показатель урожайности – 196 и 263 г/м² – сформировали соответственно Безенчукская 205 и Безенчукская 200.

Выводы. По результатам исследований определено, что климатические условия Чувашской Республики соответствуют биологическим требованиям твердой пшеницы и благоприятны для получения стабильного урожая зерна этой культуры. Все изученные в течение 2-х лет сорта сформировали полноценный урожай зерна. По величине урожайности, её структуре выделены перспективные для производства и дальнейших исследований (технология возделывания, селекция) сорта Безенчукская Нива и Безенчукская 209. Перспективы коммерческого использования новых сортов и твердой пшеницы в целом в Чувашской Республике оцениваются в 50–75 тыс. га, что позволит обеспечить потребности местных макаронных и крупяных предприятий и вывозить зерно в другие регионы.

Библиографический список

1. Алтынова, Н.В. Тритикале яровая – перспективная культура для Чувашии [Текст] / Н.В. Алтынова, Г.А. Мефодьев // Молодежь и инновации. Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Чебоксары, 2017. С. 3–7.
2. Ложкин, А.Г. Экологическое испытание сортов яровой твердой пшеницы в агроклиматических условиях Чувашской Республики [Текст] / А.Г. Ложкин, О.В. Каюкова, О.П. Нестерова // Агроэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2017. С. 101–104.
3. Ложкин, А.Г. Яровая твердая пшеница в Чувашской Республике [Текст] / А.Г. Ложкин, В.Л. Димитриев, И.П. Елисеев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. Чебоксары, 2017. № 3 (3). С. 22–26.
4. Мальчиков, П.Н. Формирование моделей сортов твердой пшеницы для Средневолжского региона России [Текст]: монография / П.Н. Мальчиков, А.А. Вьюшков, М.Г. Мясникова. Самара: СамНЦ РАН, 2012. 112 с.
5. Мальчиков, П.Н. Сорта яровой твердой пшеницы для средневолжского и уральского регионов Российской Федерации [Текст] / П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 58–62.
6. Шевченко, С.Н. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье [Текст]: научно-практическое руководство / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин, О.И. Горянин, П.Н. Мальчиков, А.А. Вьюшков, А.П. Чичкин; Самарский НИИСХ. Самара: СамНЦ РАН, 2010. 75 с.

Сведения об авторе

Ложкин Александр Геннадьевич, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Чувашская Государственная сельскохозяйственная академия», 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, тел./факс: (8352) 62-23-34, e-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru.

Представлены экспериментальные данные сортоиспытаний яровой твердой пшеницы в агроклиматических условиях Чувашской Республики за 2015 и 2017 гг. В УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА с 2015 г. ведутся исследования по экологическому сортоиспытанию пяти сортов яровой твердой пшеницы: 1) Безенчукская Нива, 2) Безенчукская 200, 3) Безенчукская 205, 4) Безенчукская 209, 5) Луч 25. Результаты биометрического анализа растений яровой твердой пшеницы показали, что высота растений по сортам в среднем за два года составила от 74,55 до 104,75 см. При этом наиболее низкорослым сортом отмечен Безенчукская 200, наиболее высокие растения выявлены у сорта Безенчукская 205. Показатели

наилучшей продуктивной кустистости отмечены у сортов Безенчукская Нива и Безенчукская 209. Наилучшие показатели структуры урожая отмечались у Безенчукской Нивы: длина колоса составила 5,1 см, количество семян в колосе – 22,9 шт., а масса семян в колосе – 1,12 г. Наименьшие показатели отмечены у сорта Безенчукская 205: число семян в колосе 16,8 шт., масса семян – 0,76 г. Установлено, что число и масса зерен в колосе в зависимости от сорта изменялись пропорционально длине колоса. Масса 1000 семян составила по вариантам от 42,32 до 53,27 грамма. Учет биологической урожайности выявил преимущество сорта Безенчукская Нива – 341 г/м², наименьший показатель урожайности – 196 г/м² у сорта Безенчукская 205.

A. Lozhkin

PROSPECTS OF CULTIVATION OF SPRING HARD WHEAT VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE CHUVASH REPUBLIC

Key words: *spring hard wheat; varieties; variety testing; crop yield; yield structure.*

Authors' personal details

Lozhkin Aleksandr, Assistant Professor of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution Chuvash State Agricultural Academy, 428003, Russia, Cheboksary, K. Marx St., 29, phone/fax: (8352) 62-23-34, e-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru.

Experimental data of variety tests of spring hard wheat in the agro climatic conditions of the Chuvash Republic for 2015 and 2017 are presented. In the Academic and Research Production Center «Studenchesky» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chuvash State Agricultural Academy research on the ecological variety testing of five varieties of spring hard wheat has been conducted since 2015. The varieties to have been tested were: 1) Bezenchukskaya Niva; 2) Bezenchukskaya 200; 3) Bezenchukskaya 205; 4) Bezenchukskaya 209; 5) Lutch 25. The results of biometrical analysis of spring hard wheat showed that the height of the plants according to the varieties made from 74,5 to 104,75 cm during two years. At the same time, Bezenchukskaya 200 was the most short-grown variety, the highest plants were noted in the Bez-

© Ложкин А.Г.

enchukskaya strain 205. The best productive tilling capacity was recorded in Bezenchukskaya Niva and Bezenchukskaya 209. The best indicators of the crop structure were recorded in Bezenchukskaya Niva, where the spike length was 5,1 cm, the number of seeds in the spike was 22,9 pieces, and the weight of seeds in the spike was 1,12 g. The least indicators are marked in Bezenchukskaya 205, the number of seeds in a spike being 16,8 pieces, and the mass of seeds – 0,76 g. It was found that the number and the mass of grains in a spike according to the variety changed proportionally to the length of the spike. The mass of 1,000 of seeds made from 42,32 to 53,27 grams on options. The biological yield accounting revealed the advantage of the Bezenchukskaya Niva variety of 341 g / sqm, the smallest yield productivity index of 196 g / sqm was marked in Bezenchukskaya 205.

УДК 633.16:631.52

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-44-49

Р.А. Максимов

НОВЫЙ СПОСОБ ПОСЕВА НА РАННИХ СТАДИЯХ СЕЛЕКЦИИ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Ключевые слова: ячмень; селекция; сеялка ССФК-7; ручной посев; механизированный посев.

Введение. Несмотря на большой прогресс развития техники для селекции различных культур, все еще значительная часть работ в научных учреждениях проводится вручную, особенно на ранних этапах селекционной работы [1–8]. В 80-х годах прошлого века в большинстве селекционных учреждений была внедрена кассетная сеялка СКС-6А, что позволило выполнять посев ранних селекционных питомников. Данная сеялка внедрялась также и в Красноуфимском селекционном центре, однако из-за особенности рельефа, а также каменистости почвы очень часто механизм сеялки отказывал, в результате посев прерывался, что нарушало последовательность высевы линий и семей; более того, кассеты приходилось заряжать семенами в полевых условиях, что значительно снижало производительность. После неудачных попыток эксплуатации сеялки СКС-6А в нашем учреждении было принято решение продолжать проводить посев вручную или так называемым способом «в трубу», который был разработан еще в 1979 году. Вместе с этим использовался посев ручной сеялкой СР-1, однако и этот способ был менее производителен, чем традиционный «в трубу». В 2015 г. в селекционную сеялку ССФК-7 впервые нами были вне-

сены новые конструктивные изменения, что позволило проводить посев селекционного питомника 1 года, а также испытания потомств 1 года механизированно.

Цель исследования – разработать и внедрить новый механизированный способ посева селекционных питомников.

В задачи исследования входило: на основе конструктивных изменений сеялки ССФК-7 разработать новый механизированный способ посева ранних селекционных питомников; дать сравнительную характеристику нового механизированного способа посева и традиционного ручного способа.

Условия, материалы и методы исследования. Исследования проведены в 2017 г. в стационарном опыте Красноуфимского селекционного центра. Для посева в качестве исследуемой культуры использовали ячмень. Способы посева – ручной (метод «в трубу») и механизированный сеялкой ССФК-7.

Способ 1 – «в трубу». Для посева используется ровный участок. Предварительно проводится маркировка участка, размеры делянки под посев одной линии (семьи) – 70 × 70 см. В качестве инвентаря для посева используется мотыга с шириной налопатника 25 см и труба

из жести (высота – 120 см, нижний диаметр – 15 см, верхний диаметр – 30 см). В закладке опыта способом «в трубу» участвуют четыре человека: первый разгребают мотыгой верхний слой почвы на глубину 5–7 см, второй в образовавшуюся лунку ставит трубу, третий разрывает бумажный пакетик с семенами и движением руки выбрасывает семена так, чтобы они

обязательно ударились об стенку трубы, таким образом, посевной материал относительно равномерно распределяется внутри нижнего радиуса трубы. И, наконец, четвертый работник с помощью мотыги загребаёт семена землей.

Способ 2 – механизированный посев сеялкой ССФК-7. Для посева используется сеялка ССФК-7 (рисунок 1).

Рисунок 1
Сеялка ССФК-7

Рисунок 2
Схема высевающего аппарата сеялки ССФК-7
с изменениями для посева питомников ранних этапов селекции и первичного семеноводства

В конструкцию высевающего аппарата добавились пластмассовые воронки, которые располагаются в аппарате порционного высева, плотно прилегая к лопастям ячеек. Пластмассовые воронки располагаются равномерно, так чтобы расстояние между ними было одинако-

вое; они двигаются по кругу, что обеспечивает рассев семян порциями, каждая порция – линия или семья. Семяпровод, который идет от аппарата порционного высева к центробежному распределителю семян, отсоединяется, вместо него патрубок соединяется с крестовиной, ко-

торая распределяет семена на два крайних правых сошника, остальные сошники в данном способе посева не рабочие (рисунок 2).

Итак, после дополнений в конструкцию сеялки ССФК-7 посев осуществляется следующим образом. В работе принимают участие также четыре человека – это механизатор, который управляет самоходной сеялкой, два оператора сеялки: основной и помощник, а также работник, который подает посевной материал операторам сеялки. Перед началом работы готовится участок для посева, который в длину составляет 40 м. Ширина определяется количеством проходов сеялки. Высевающий аппарат настраивается таким образом, чтобы за полный оборот барабана аппарата порционного высева осуществился посев на один цикл длиной 2,1 м, а так как на барабан устанавливаются три воронки, то на условный цикл высеваются также три линии (семьи). В итоге на проходе в 40 м всего получается 19 циклов и высеивается 57 линий (семей). Сеялка движется непрерывно по всей длине (40 м), в это время основной оператор также непрерывно и поочередно высыпает в каждую воронку посевной материал.

Для удобства и непрерывности работы семена высыпаются из пластмассовых стаканчиков. Затем, после прохождения 40 м и пересекая границу яруса, сеялка разворачивается, становится на этот же прогон и возвращается в исходную точку, осуществляя посев. Крайние правые, работающие сошники теперь расположены по другую сторону прохода. На фото изображен внешний вид опыта с посевом сеялкой ССФК-7 (рисунок 3).

Так получается рассев 1 единицы посева (комбинация скрещивания), по краям которой располагаются строчки шириной и длиной 15 см, расстояние между ними в продольном направлении 55 см, в поперечном – 50 см по

следу трактора и 60 см между строчками внутри прохода (холостые сошники). Всего на единице посева 114 номеров, поперечные края в дальнейшем подвергаются вырезке, в итоге остаются 100 номеров на учет и 4 «защитки». Далее процесс повторяется до высева всего объема. Таким образом, заложен опыт двумя вариантами: 1) ручной посев; 2) посев сеялкой ССФК-7. В каждом варианте было 5000 номеров. В эксперименте в первом варианте принимали участие 2 научных сотрудника и 2 лаборанта-исследователя, во втором – 2 научных сотрудника, механизатор и лаборант-исследователь. В процессе работы на каждом этапе фиксировалось время.

Результаты исследования. Площадь деланки 1 номера (линии) при ручном способе посева (РСП) составила 0,49 м², при посеве механизированным способом (МСП) – также 0,49 м². Следовательно, общая площадь вариантов одинакова – 2450 м² (таблица). Влияние размещения кустов растений на уход за посевами, селекционные отборы и непосредственно на уборку по вариантам опыта незначительно. Уход за посевами заключался в проведении двух операций. Это механизированная обработка против сорняков в фазу кушения и ручная прополка в фазу выход в трубку – колошение. При РСП расстояние между кустами составляет 55 см во всех направлениях, во втором варианте – в продольном направлении между кустами – 55 см; по следу трактора – 50 см и между двумя крайними сошниками – 60 см. Поэтому как в первом варианте опыта, так и во втором расстояние между кустами – более 45 см, что позволяет провести обработку посевов гербицидами агрегатом (МТЗ 82 с навесным опрыскивателем ЗАРЯ 600-12-ОН-01). При проведении ручной прополки также не возникает особых затруднений.

Рисунок 3

Внешний вид посева сеялкой ССФК-7 с измененной конструкцией высевающего аппарата

Таблица 1 Сравнительные результаты различных способов посева селекционных питомников 1 года, 2017 г.

№ п/п	Показатель	Посев ручным способом «в трубу»	Посев механизированным способом ССФК-7
1	Количество работников	4	4
2	Количество номеров (линий)	5000	5000
3	Площадь деланки 1 номера, м ²	0,49	0,49
4	Общая площадь питомника, м ²	2450	2450
5	Скорость посева, номеров/час	375	714
6	Время посева, час	13,3	7,0
7	Трудоемкость при подготовке к посеву, чел.-час	436	128
8	Трудоемкость при посеве, всего, чел.-час	53,2	28,0
9	Затраты на оплату труда, руб.	146400	52192

Большое значение имеет продолжительность посевной, поскольку при сжатом сроке посева создаются наиболее приемлемые условия для отбора, так как растения попадают в относительно одинаковые агрометеорологические условия. В отдельные годы при больших объемах питомников посев растягивался на 6–7 дней, иногда в условиях длительного посева происходили непреднамеренные задержки из-за осадков, что еще более растягивало сроки закладки опытов. Поэтому в исследовании определялась средняя скорость посева, фиксировалось чистое время, затраченное на посев, за исключением перерывов на отдых и других моментов, связанных с обслуживанием техники. Так, при ручном способе посева в среднем за 1 час высевалось 375 номеров, при новом механизированном способе – 714, что в 1,9 раза быстрее. В результате группа работников МСП затратила на посев 7 часов и закончила работы на 6,3 часа раньше. Трудоемкость при посеве РСП составила 53,2 чел.-ч, при МСП – 32,0 чел.-ч (в 1,9 раз ниже). Ручной посев не только трудоемок, но и связан с большими затратами физической энергии, что значительно ограничивает объемы проработки селекционного материала на начальных этапах селекции, а следовательно, уменьшает вероятность создания более хорошего сорта.

Еще один важный фактор – предпосевная подготовка семенного материала. Ранее при ручном посеве требовалась упаковка семян в специальные бумажные пакеты, в новых условиях семена помещаются в пластмассовые стаканчики, этот процесс более удобен, поскольку не требуется изготовление пакетов и их сшивка. Ежегодно необходимо изготовить более 10000 пакетов, а на все работы требуется около 436 чел.-ч, тогда как при новом способе посева

– 128 чел.-ч. В результате трудоемкость этого процесса снизилась в 3,4 раза, уменьшились и затраты на заработную плату, так при ручном посеве в совокупности с подготовкой питомника общие затраты на заработную плату составили 146400 рублей, а новый способ посева позволил сэкономить 94208 рублей (таблица 1).

К сожалению, очень сложно провести оценку качества посева (по глубине закладки семян). Однако возможно утверждать, что качество посева при новом способе значительно лучше, поскольку ручной посев во многом связан с субъективными факторами. Так при посеве сеялкой ССФК-7 семена высеваются в рядки на относительно одинаковую глубину, тогда как при ручном посеве его глубина разная, поскольку самый трудоемкий этап – разгребание поверхностного слоя почвы – невозможно сделать одному человеку, да и с накоплением усталости работника глубина посева, вероятно, меняется.

Выводы. Анализ результатов исследования показал большую практическую ценность нового способа посева сеялкой ССФК-7 для закладки селекционных питомников ранних этапов, а также питомников первичного семеноводства. Эффективность данного способа характеризуется сокращением времени на посев и трудоемкости в 1,9 раза, а экономия зарплаты в 2017 г. составила 94208 рублей. Несомненно, что данный способ посева в дальнейшем необходимо совершенствовать и внедрять в селекционный процесс не только по ячменю, но и по другим культурам. Совершенствование селекционного процесса и замена ручного труда на механизированный позволит в перспективе значительно увеличить объемы селекции и как результат – добиться высоких показателей в селекции.

Библиографический список

1. Бехтольд, Н.П. Изучение исходного материала ярового ячменя для селекции на устойчивость к головневым заболеваниям в лесостепи Приобья [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2017. С. 6.
2. Кобылянский, В.Д. Изучение инновационной зернофуражной низкопентозановой озимой ржи [Текст] / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, Г.Н. Потапова, И.В. Ткаченко, К.А. Галимов // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 12.
3. Ковтунов, В.В. Оценка коллекционных образцов сорго зернового на скороспелость [Текст] / В.В. Ковтунов, О.А. Лушпина, Н.Н. Сухенко // Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 31.
4. Филиппов, Е.Г. Селекция ярового ячменя [Текст] / Е.Г. Филиппов, А.В. Алабушев. Ростов н./Д: Книга, 2014. С. 49–50.
5. Комарова, Г.Н. Результаты изучения коллекционного материала для селекции овса [Текст] / Г.Н. Комарова, А.В. Сорокина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 3. С. 50.
6. Сочалова, Л.П. Генофонд источников устойчивости мягкой пшеницы к листовым заболеваниям [Текст] / Л.П. Сочалова, И.Е. Лихенко // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 3–6.
7. Семенова, А.Г. Источники устойчивости ячменя к вредным организмам в Северо-Западном регионе России [Текст] / А.Г. Семенова, И.О. Юдин, С.Ю. Орлов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 38. С. 24.
8. Донцова, А.А. Особенности наследования массы 1000 зерен гибридами F₁ и F₂ ярового ячменя [Текст] / А.А. Донцова, Е.Г. Филиппов, Д.П. Донцов // Молодежь и наука. 2014. № 2. С. 3.

Сведения об авторе

Максимов Роман Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ячменя, ФГБНУ Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 620061, Екатеринбург, пос. Исток, ул. Главная, 21, тел.: 8 (343) 252-77-77.

В статье рассматривается новый способ посева на ранних стадиях селекции ячменя. Исследования проведены в 2017 г. в стационарном опыте Красноуфимского селекционного центра. Для посева в качестве исследуемой культуры использовали ячмень. Способы посева: ручной (метод «в трубу») и механизированный (сеялкой ССФК-7). В конструкцию высевающего аппарата ССФК-7 добавились пластмассовые воронки, которые располагаются в аппарате порционного высева, плотно прилегая к лопалям ячеек. Пластмассовые воронки располагаются равномерно, так чтобы расстояние между ними было одинаковое, они двигаются по кругу, что обеспечивает рассев семян порциями, каждая порция – линия или семья. Семя-

провод, который идет от аппарата порционного высева к центробежному распределителю семян, отсоединяется, вместо него патрубок соединяется с крестовиной, которая распределяет семена на два крайних правых сошника, остальные сошники в данном способе посева не рабочие. Анализ результатов исследования показал большую практическую ценность нового способа посева сеялкой ССФК-7 для закладки селекционных питомников. Эффективность данного способа характеризуется сокращением времени на посев и трудоемкости в 1,9 раза. Совершенствование селекционного процесса и замена ручного труда на механизированный позволит в перспективе значительно увеличить объемы селекции и добиться высоких результатов.

R. Maksimov

NEW METHOD OF BARLEY SEEDING AT EARLY BREEDING STAGES UNDER THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URALS

Key words: *barley; breeding; SSFK-7 seeding-machine; hand sowing; mechanized sowing.*

Authors' personal details

Maksimov Roman, Candidate of agricultural sciences, Leading Researcher of Laboratory of Barley breeding, Federal State Budgetary Scientific Institute Ural Scientific Research Institute of Agriculture, 620061, Ekaterinburg, Istok village, Glavnaya st., 21, phone: (8343) 252-77-77.

The article considers a new method of sowing in the early stages of barley breeding. The experimental research was carried out in 2017 in the Krasnoufimsky breeding center. Barley was used as the test culture for seeding. Methods of sowing that have been used were as follows: manual method (method «in the pipe») and the method with the use of the mechanized seeder SSFK-7. In the design of the sowing device SSFK-7, plastic funnels were added, which are located in the apparatus of batch sowing, snug against the blades of the cells. Plastic funnels are located evenly, so that the distance between them is the same, they move in a circle, which ensures the seeding of the seeds in portions, each being a line or a family. The seed tube that

goes from the batching machine to the centrifugal seed distributor is disconnected, instead of it the branch pipe is connected to the cross, which distributes the seeds to two extreme right coulters, the other openers in this seeding method are not working. Analysis of the research results showed great practical value of the new method of seeding with the SSFK-7 seeder for the selection of breeding nurseries. The effectiveness of this method is characterized by a reduction in sowing time and labor intensity by 1,9 times. The improvement of the selection process and the replacement of manual labor with mechanized labor will make it possible to significantly increase the amount of selection in the future and to obtain high results in breeding.

© Максимов Р.А.

УДК 635.62: 575.174.015.3

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-49-53

А.В. Худякова, А.В. Федоров

ПОДБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ISSR-ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ТЫКВЕННЫЕ

Ключевые слова: *Cucurbitaceae*; ISSR-праймеры; величина информационного полиморфизма; разрешающая способность праймера; дендрограмма генетического сходства.

Введение. Тыквенные (*Cucurbitaceae*) – крупное семейство растений, которое включает 960 видов и 125 родов. Виды семейства находят широкое применение: плоды многих из них съедобны (дыни, огурцы, тыквы, арбузы и др.), другие виды используются при изготовлении сосудов и музыкальных инструментов (лагенария), губок и набивочного материала (люффа) и т. п. Некоторые виды обладают лекарственными свойствами или разводятся как декоративные растения (переступень, люффа, лагенария) [3]. Для обеспечения более высокой устойчивости к вредителям, неблагоприятным факторам окружающей среды и повышения урожайности овощных культур зачастую применяют метод прививки [10]. Привитое растение состоит из двух частей: нижней, образующей корневую систему и называемой подвоем, и верхней части привитого растения, формирующей надземные органы, – привоя [2]. Успех срастания и последующего роста прививки зависит от степени совместимости привоя и подвоя. Существует несколько классификаций несовместимости прививки. Согласно одной из них выделяют механическую, выражающуюся в недостаточном срастании, и физиологическую несовместимость, которая ведет к снижению длины приростов и к отставанию в росте. Од-

ной из причин последней является генетическая отдаленность прививаемых компонентов и, как следствие, несоответствие их жизненных ритмов, особенно в сроках наступления периода покоя [4, 9]. Для выявления несовместимости привоя и подвоя используют визуальные и физиолого-биохимические методы диагностики [2, 10]. Однако в последнее время предпочтение получили молекулярно-генетические методы оценки генетической совместимости на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР) с применением ДНК-маркеров. Так, отбор подвоев, близких по профилю ДНК с привоем, активно развивается в отношении плодово-ягодных культур [1, 11]. Подобные работы, связанные с изучением генетического разнообразия растений семейства *Cucurbitaceae* с целью установления наилучших привойно-подвойных комбинаций, в доступной литературе отсутствуют.

Одним из наиболее эффективных инструментов оценки генетического полиморфизма являются микросателлиты, которые относятся к высокополиморфным маркерам растительных геномов [15]. Метод ISSR-типирования (Inter-Simple Sequence Repeat) является быстрым, экономически выгодным, не требует предварительного клонирования и секвенирования

фрагментов для подбора праймеров и хорошо воспроизводим в строгих условиях реакции [7]. Маркеры данного типа используются для выявления генетической идентичности, родословной, дифференциации клонов, микроклонов и линий, таксономии близкородственных видов.

Цель исследования – поиск наиболее информативных праймеров для ISSR-генотипирования растений семейства *Cucurbitaceae*.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили 10 видов семейства *Cucurbitaceae*: арбуз шерстистый *Citrulus lanatus* L., дыня *Cucumis melo* L., тыква крупноплодная *Cucurbita maxima* Duch., тыква твердокорая *C. pepo* L., тыква мускатная *C. moschata* Duch., тыква фиголистная *C. ficifolia* Bouche.,

лагенария (тыква горлянка) *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl., бенинказа *Benincasa hispida* (Tunb.) Cogn., момордика харанция *Momordica charantia* L. и трихозант змеевидный *Trichosanthes cucumerina* L.

Выращивание семян проводили в микропарниках при 16-часовом световом периоде. Геномную ДНК выделяли из листьев двухнедельных проростков СТАВ-методом. Использовали 100 мг растительной ткани. Для нивелирования внутривидового полиморфизма каждый образец представлял собой смесь ДНК 3 индивидуальных генотипов. Молекулярно-генетический анализ осуществляли с использованием 5 ISSR-праймеров (ООО «Евроген Лаб», Россия) (таблица 1).

Таблица 1 Характеристика использованных ISSR-праймеров

Праймер	Последовательность	T _{отжига}	Источник
I-1	(CA) ₈ T	48,5	Payel D. et al., 2015
I-4	(AC) ₈ G	52,8	
I-11	(GTG) ₅ AG	57,6	
I-15	(CT) ₈ AC	53,6	
UBC808	(AG) ₈ C	52,0	Behera T.K. et al., 2008

Амплификацию проводили на термоциклере «Терцик» (Россия) в объеме 25 мкл. Для приготовления ПЦР-образцов использовали смесь ScreenMix-HS (5x) (ООО «Евроген Лаб», Россия). К каждой пробирке добавляли каплю минерального масла. Условия проведения реакции: предварительная денатурация 94 °C, 2 мин; первые пять циклов 94 °C, 20 сек.; t° отжига, 10 сек.; 72 °C, 10 сек.; в последующих тридцати пяти циклах 94 °C, 5 сек.; t° отжига, 5 сек.; 72 °C, 5 сек. Последний цикл элонгации длился 2 мин при 72 °C [7]. Продукты амплификации разделяли электрофорезом в 1,7 %-м агарозном геле, окрашенном бромистым этидием (0,5 мкг/мл). Для определения длины амплифицированных фрагментов ДНК использовали маркер молекулярных масс (100 + bp DNA Ladder) (ООО «Евроген Лаб», Россия). Все ПЦР были проведены трижды для верификации воспроизводимости результатов.

Для количественной оценки степени полиморфизма и определения уровня дивергенции между изучаемыми объектами полученные данные были представлены в виде матрицы бинарных признаков, в которой наличие или отсутствие воспроизводимых полос на геле рассматривалось, как состояние 1 или 0 соответственно. Дендрограмма, отражающая степень родства исследуемых видов по ISSR-спектрам, была построена невзвешенным парно-групповым методом (UPGMA – unweighed pair-group method using arithmetic average) при помощи компьютерной программы Treecon 1.3b.

Для анализа полиморфизма были использованы статистические параметры: величина информационного полиморфизма (PIC) и разрешающая способность (Rp), которые вычисляли отдельно для каждого праймера согласно формулам [14]:

$$PIC = 1 - 1/L \sum p_i^2, \quad (1)$$

где L – общее количество аллелей, p_i – частота i -го аллеля;

$$Rp = \sum Ib_i, \quad (2)$$

где $Ib_i = 1 - [2 \times |0,5 - p_i|]$ – информативность ампликона, p_i – доля особей, у которых выявлен i -й аллель.

Результаты и обсуждение. Для сравнительного анализа полиморфизма растений, принадлежащих различным систематическим группам, были подобраны ISSR-маркеры, высокополиморфные по результатам предварительных исследований [12, 14].

Каждый из 5 праймеров анализировали отдельно в ISSR-ПЦР с геномной ДНК растений семейства тыквенные. Для всех видов определены индивидуальные ISSR-спектры, различающиеся числом ампликонов, их размерами и степенью выраженности на электрофореграммах (рисунок 1).

В общей сложности был получен 61 аллель (амплифицируемый фрагмент). Число аллелей на маркер варьировало от 4 до 20, а диапазон длин полученных фрагментов равнялся 140–3000 п. н. Максимальное количество амплико-

нов было детектировано для праймера UBC808, а минимальное – для праймера I-15. В целом среди 5 рассмотренных ISSR-праймеров наиболее информативными оказались динуклеотидные праймеры I-4 и UBC808. Они инициировали в среднем по 5,5 и 6,7 фрагментов ДНК на образец соответственно. Пул получаемых аллелей при использовании этих маркеров был различен между всеми видами и практически не перекрывался по размеру амплифицируемых фрагментов (100 %-й уровень полиморфизма).

В отношении этих праймеров применены некоторые статистические подходы для анализа информационного полиморфизма (таблица 2). Маркерные системы различают по мере их информативности, что, в свою очередь, зависит от степени их полиморфизма [8]. Одним из основных параметров, определяющих меру информативности маркеров, является величина информационного полиморфизма. Число PIC для этих маркеров было сопоставимо и характеризовалось высокими значениями.

Рисунок 1

ISSR-спектр растений семейства *Cucurbitaceae*, полученный при использовании праймера UBC808: 1 – *C. lanatus*, 2 – *C. melo*, 3 – *C. maxima*, 4 – *C. pepo*, 5 – *C. moschata*, 6 – *C. ficifolia*, 7 – *L. siceraria*, 8 – *B. hispida*, 9 – *M. charantia*, 10 – *T. cucumerina*; М – маркер молекулярных масс

Таблица 2 Информативность ISSR-праймеров

Праймер	КАФ	КПФ	Полиморфизм, %	PIC	Rp
I-4	17	17	100	0,93	6,4
UBC808	20	20	100	0,95	8,0

Примечание: КАФ – количество амплифицированных фрагментов, КПФ – количество полиморфных фрагментов.

Важной особенностью маркерной системы является способность устанавливать различия между большим числом генотипов. Показатель Rp применяется для оценки дискриминационной способности молекулярных систем большинства видов растений. В результате нашего исследования оказалось, что оба праймера обладают высокой разрешающей способностью, но значение Rp для праймера UBC808 было выше, чем для праймера I-4. Аналогичным параметру Rp является индекс разнообразия Симпсона D [13]:

$$D = 1 - \frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^s x_j(x_j - 1), \quad (3)$$

где N – общая выборка, s – количество геномогрупп, x_j – количество таксонов, отнесенных к j -й геномогруппе.

Этот показатель в основном применяется для оценки дискриминирующей способности методов типирования микроорганизмов [5]. Приемлемыми считаются методы типирования,

имеющие значение индекса Симпсона D 0,9 и более. В случае генотипирования растений семейства *Cucurbitaceae* для праймеров I-4 и UBC808 величина D оказалась равной 0,87 и 0,91 соответственно, что подтверждает более высокую дискриминирующую способность праймера UBC808. Таким образом, индекс Симпсона можно использовать как еще один статистический параметр для оценки информативности ISSR-праймеров.

Коэффициенты генетического подобия Nei & Li, рассчитанные для 10 исследованных генотипов *Cucurbitaceae* на основе ISSR-локусов, были использованы для создания дистанционных матриц и далее для построения дендрограмм по методу UPGMA (рисунок 2).

На дендрограмме генетического сходства видно, что все исследуемые генотипы разделились на два больших кластера с относительно высокой степенью надежности порядка ветвления (индексы бутстрепа обоих кластеров соста-

вили 57 %). В первом кластере оказались группы I–III, а во втором – тыква фиголистная и трихозант змеевидный (IV группа). Группы II и III были представлены единственным таксоном. Тыква мускатная и арбуз шерстистый объединились в подгруппу внутри кластера с бут-

стреп-поддержкой в 60 %. В остальных группах она составила 11–42 %. По мнению Н.В. Маркина и соавторов [6], низкие значения бутстрепа в узлах кластеров и значительные генетические различия указывают на высокий молекулярно-генетический полиморфизм растений.

Рисунок 2

Дендрограмма генетического сходства растений семейства *Cucurbitaceae*, основанная на результатах ISSR-анализа. Шкала сверху – генетические дистанции по Nei & Li. На дендрограмме цифрами указаны значения бутстрепа (в %)

Выводы. В результате изучения генетического разнообразия тыквенных выявлены два динуклеотидных праймера (I-4 и UBC808), которые характеризуются высокой дискриминационной способностью. Показана возможность использования индекса Симпсона как еще од-

ного статистического параметра для оценки информативности ISSR-праймеров. В целом нами была показана высокая эффективность использования ISSR-маркеров для изучения межвидового полиморфизма у представителей *Cucurbitaceae*.

Библиографический список

1. Долгих, С.Г. Молекулярно-генетическая оценка клонов яблони сорта Апорт в привойно-подвойных комбинациях [Текст] / С.Г. Долгих, М.М. Исин, А.М. Сарбасова // Садоводство и виноградарство. 2013. № 5. С. 23–25.
2. Дорошенко, Т.Н. Биологические основы размножения плодовых растений [Текст]: учеб. пособие / Т.Н. Дорошенко, Л.Г. Рязанова. Краснодар: КубГАУ, 2015. 136 с.
3. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи [Текст] / П.М. Жуковский. Л.: Колос, 1971. 751 с.
4. Коровин, В.А. Совместимость привоя и подвоя яблони [Текст] / В.А. Коровин. М.: Колос, 1979. 127 с.
5. Кузнецова, М.В. Опыт использования REP- и RAPD-ПЦР для эпидемиологической характеристики нозокомиальных изолятов *Pseudomonas aeruginosa* [Текст] / М.В. Кузнецова, А.В. Максимова, Т.И. Карпунина // Кли-

- ническая лабораторная диагностика. 2015. № 3. С.44–50.
6. Маркин, Н.В. Полиморфизм геномной ДНК однолетних видов подсолнечника [Текст] / Н.В. Маркин, В.Е. Тихобаева, М.А. Тихонова, В.А. Гаврилова, Т.Т. Трифонова, А.В. Усатов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. Вып. 2 (144–145). С. 3–7.
7. Молекулярная генетика [Текст]: учеб.-метод. пособие / Под ред. С.В. Боронниковой. Пермь: Перм. ун-т, 2007. 150 с.
8. Алиева, А.А. Оценка генетического разнообразия местных сортов и форм яблони Азербайджана с использованием ISSR-маркеров [Текст] / А.А. Алиева, Р.Т. Алиев, С.М. Бабаева, М.А. Аббасов, Г.С. Гурбанова, З.С. Сеферзаде // Аграрный научный журнал. 2017. Т. 10. С. 9–14.

9. Трусевич, Г.В. Подвой плодовых пород [Текст] / Г.В. Трусевич. М.: Колос, 1964. 495 с.

10. Федоров, А.В. Биологические и технологические основы применения прививки при выращивании тыквенных культур в сооружениях защищенного грунта [Текст] / А.В. Федоров, О.А. Ардашева. Ижевск: Шелест, 2017. 260 с.

11. Aran M., Fatahi R., Zamani Z. Molecular and morphological discrimination of selected plum seedlings for rootstock breeding. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2012. V. 20 (1). P. 5–19.

12. Behera T.K., Singh A.K., Staub J.E. Comparative analysis of genetic diversity in Indian bitter melon (*Momordica charantia* L.) using RAPD

and ISSR markers for developing crop improvement strategies. *Scientia Horticulturae*. 2008. V. 115. P. 209–217.

13. Hunter P.R., Gaston M.A. Numerical index of the discriminatory ability of index of diversity typing systems: an application of Simpson's. *J. Clin. Microbiol.* 1988. V. 26 (11): 2465.

14. Payel D., Mala P., Sunita S. Inter-genus variation analysis in few members of *Cucurbitaceae* based on ISSR markers. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 2015. V. 29. № 5. P. 882–886.

15. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*. 1994. V. 20. P. 176–183.

Сведения об авторах

1. **Худякова Анна Валерьевна**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отдела интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, тел.: +7 (3412) 50-82-00, e-mail: khudyakova.ana@yandex.ru.

2. **Федоров Александр Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом интродукции и акклиматизации растений, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, тел.: +7 (3412) 50-82-00, e-mail: udmgarden@mail.ru.

В статье представлены результаты молекулярно-генетического анализа 10 видов семейства *Cucurbitaceae*. С использованием 5 ISSR-праймеров был выявлен 61 маркер. На основании полученных данных и некоторых параметров (PIC, Rp), определяющих меру информа-

тивности маркера, только 2 праймера оказались эффективными для генотипирования тыквенных – I-4 и UBC808. Показана возможность использования индекса Симпсона как еще одного статистического параметра для оценки информативности ISSR-праймеров.

A. Khudyakova, A. Fedorov

SELECTION OF EFFECTIVE ISSR-PRIMERS FOR GENOTYPING OF CUCURBITACEAE PLANTS

Key words: *Cucurbitaceae*; *ISSR-primers*; *polymorphic information content*; *resolving power*; *dendrogram of genetic similarity*.

Authors' personal details

1. **Khudyakova Anna**, Candidate of biological sciences, Junior scientist researcher of the department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, T. Baramzinoj St., 34, phone: +7 (3412) 50-82-00, e-mail: khudyakova.ana@yandex.ru.

2. **Fedorov Aleksandr**, Doctor of agricultural sciences, head of the department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, T. Baramzinoj St., 34, phone: +7 (3412) 50-82-00, e-mail: udmgarden@mail.ru.

The paper presents the results of molecular genetic analysis of 10 species of the *Cucurbitaceae*. 61 markers were identified with using of 5 ISSR primers. Based on the obtained data and some parameters (PIC, Rp) determining the informative-

ness of the marker, only 2 primers proved to be effective for *Cucurbitaceae* genotyping – I-4 and UBC808. The possibility of using the Simpson's index as another statistical parameter for estimating the informativeness of ISSR primers is shown.

© Худякова А.В., Федоров А.В.

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА «ЭНЗИМСПОРИН» НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ И ПРИРОСТ ЖИВОЙ МАССЫ ТЕЛЯТ

Ключевые слова: телята; пробиотик; иммунный статус; неспецифическая резистентность; живая масса.

Введение. Несмотря на все усилия ветеринарных врачей по повышению резистентности и минимизации падежа телят, усовершенствованию схем профилактики и поиском новых, заболеваемость и падеж телят остается высоким [4]. Многочисленные данные, собранные из научной литературы, свидетельствуют о том, что антибиотики не только помогают в борьбе с патогенной и условно-патогенной микрофлорой, но и вызывают глубокие нарушения микробиоценоза кишечника, тем самым развивая иммунодефицит в целом [6]. Нарушение хрупкого баланса между условно-патогенной микрофлорой и нормальной обозначается как дисбактериоз. Профилактика появления дисбактериоза и иммунодефицитного состояния привела к необходимости разработки препаратов, которые являлись бы экологически безопасными и были направлены на коррекцию микробиоценоза и повышению естественной резистентности организма [3, 4]. Пробиотики стали тем самым недостающим звеном в профилактике нарушений микробиоценоза кишечника, стабилизирующим естественную резистентность животных [1, 2, 7].

Как уже говорилось, различные антимикробные препараты успешно справляются со своими обязанностями, но их действие направлено на все виды микроорганизмов, невзирая на их патогенность. Также стоит отметить тот факт, что с каждой минутой чувствительность микроорганизмов к антибиотикам уменьшается. Таким образом, для совершенствования профилактики заболеваний молодняка крупного рогатого скота перспективным методом является использование препаратов на основе пробиотиков, которые способствуют снижению заболеваемости, повышению сохранности молодняка и восстановлению микробного баланса кишечника [10]. Важным арсеналом совершенствования пробиотиков в направлении расширения спектра антагонистической активности против условно-патогенных и патогенных бактерий являются бактерии рода *Bacillus* – представители транзитной микрофлоры. Еще в 1990-х годах было выявлено, что аэробные спорообразующие бактерии рода *Bacillus* способны синтезировать около 200 различных ан-

тибиотиков, а вид *B. subtilis* – около 70. В отличие от антибиотиков, к «споровым» пробиотикам не возникает устойчивость у болезнетворных микроорганизмов, поскольку бациллы продуцируют не отдельные антибиотики, а целые сходные по структуре их «семейства». Антибиотическое действие их оказывается разнообразным, а формирование устойчивых вариантов микроорганизмов – замедленным [5, 8, 9].

Целью исследований явилось изучение влияния пробиотика «Энзимспорин» на состояние естественной резистентности и на показатели прироста массы тела телят.

Материал и методы исследований. Для достижения поставленной цели было сформировано четыре группы ($n = 6$) новорожденных телят по принципу аналогов. Контрольная группа осталась интактной. Первая опытная группа получала пробиотик «Энзимспорин» в дозе 1 г в течение 10 дней, вторая – в два приема по 10 дней с первого дня после рождения в дозе по 1 г на животное, затем после 10-дневного интервала – по 2 г на голову животного, третья – с рождения 1 г на животное в течение 10 дней, в дальнейшем по 2 г на животное до 30 дней от рождения. Телятам опытных групп применяли пробиотики перорально с молозивом один раз в день.

Пробиотик Энзимспорин содержит спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* BKM B-2998D, *Bacillus licheniformis* BKM D-2999D, *Bacillus subtilis* BKM B-3057D в равных соотношениях, сухую молочную сыворотку, мальтодекстрин, кукурузную муку.

Кровь для исследования показателей естественной резистентности брали у телят на первый, 14-ый и 30-ый дни после рождения.

Бактерицидную активность сыворотки крови определяли по П.А. Емельяненко (1980). В качестве тест-микроба использовали *Staphylococcus aureus*.

Лизоцимную активность сыворотки крови устанавливали по В.Г. Дорофейчуку (1983). Принцип метода основан на способности лизоцима сыворотки крови вызывать лизис тест-микроба (*Micrococcus lisodeicticus*). Из суточной культуры тест-микроба готовили взвесь в фосфатном буфере.

Для исследования фагоцитарной активности нейтрофилов использовали частицы латекса размером 0,8 мкм (С.Г. Потапов с соавт., 1977). Смесь лейкоцитов с латексом выдерживали во влажной камере при 37 °С в течение 30 мин. при постепенном легком взбалтывании. Затем готовили мазки, фиксировали 5 мин. в метаноле и окрашивали азури-В-эозином. Поглощительную способность нейтрофилов оценивали по фагоцитарному индексу. Его вычисляли путем деления числа фагоцитированных частиц латекса на общее число подсчитанных лейкоцитов. Среднесуточный прирост живой массы молодняка по возрастным периодам рассчитывали по общепринятой методике.

Результаты исследований. В первые сутки после рождения показатели фагоцитарной активности у всех групп телят находились на одном уровне (таблица 1). На 14-е сутки после начала опыта у телят опытных групп показатель фагоцитарной активности возрос на 1,98 %; 7,42 % и на 6,93 % по сравнению с контрольной группой, составив $41,2 \pm 0,60$; $43,4 \pm 0,80$ и $43,2 \pm 0,96$ соответственно. Фагоцитар-

ный индекс контрольной группы животных на 14-ые сутки составил $2,75 \pm 0,07$, что уступало показателям опытных групп в 1,09; 1,41 и 1,33 раза.

На 30-е сутки после начала применения пробиотика Энзимспорин относительно низкие показатели фагоцитарной активности крови наблюдались у животных I опытной группы и составили $42,5 \pm 0,72$. Данный показатель у телят II опытной группы был выше показателей I опытной группы на 2,73 % и на 4,1 % по сравнению с контрольной группой и составил $45,23 \pm 0,99$. Показатели III опытной группы были ниже показателей II группы на 1,46 % и составили $43,77 \pm 0,73$ %. Фагоцитарный индекс на 30-й день исследований составил у контрольной группы $3,15 \pm 0,57$; первой опытной группы – $3,98 \pm 0,61$, второй – $4,32 \pm 0,46$ и $4,19 \pm 0,53$ у третьей.

Лизоцимная активность сыворотки крови увеличивалась во второй и третьей опытных группах по сравнению с контролем, в первой опытной группе наблюдался незначительный рост (таблица 2).

Таблица 1 Показатели неспецифической клеточной защиты организма телят

Срок исследования, дни		Фагоцитарная активность, %		Фагоцитарный индекс	
Группа телят	Контрольная	1	$28,7 \pm 0,79$	$1,25 \pm 0,05$	
		14	$40,4 \pm 0,57$	$2,75 \pm 0,07$	
		30	$41,13 \pm 0,71$	$3,15 \pm 0,57$	
	I-опытная	1	$28,7 \pm 0,86$	$1,24 \pm 0,04$	
		14	$41,2 \pm 0,60^*$	$3,07 \pm 0,09^*$	
		30	$42,5 \pm 0,72^{**}$	$3,98 \pm 0,61^*$	
	II-опытная	1	$28,9 \pm 0,98$	$1,25 \pm 0,05$	
		14	$43,4 \pm 0,80^*$	$3,88 \pm 0,12^{**}$	
		30	$45,23 \pm 0,99^*$	$4,32 \pm 0,46^{**}$	
	III-опытная	1	$29,0 \pm 0,51$	$1,26 \pm 0,04$	
		14	$43,2 \pm 0,96^*$	$3,67 \pm 0,13^*$	
		30	$43,77 \pm 0,73^{***}$	$4,19 \pm 0,53^{**}$	

Примечание: здесь и далее * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Таблица 2 Динамика показателей гуморального иммунитета телят

Показатель	Группа телят и срок исследований, дни											
	Контрольная			I-опытная			II-опытная			III-опытная		
	1	14	30	1	14	30	1	14	30	1	14	30
Лизоцимная активность сыворотки (кров), %	$10,68 \pm 0,72$	$13,51 \pm 0,37$	$12,92 \pm 3,04$	$11,00 \pm 1,05$	$14,02 \pm 0,49^*$	$14,15 \pm 3,12^*$	$11,04 \pm 1,03$	$15,95 \pm 0,61^{**}$	$16,08 \pm 2,55^{**}$	$11,05 \pm 0,60$	$15,37 \pm 0,47^{**}$	$15,89 \pm 2,85^{***}$
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	$35,71 \pm 1,19$	$36,8 \pm 0,68$	$38,18 \pm 3,95$	$35,55 \pm 0,87$	$36,91 \pm 0,67^*$	$44,15 \pm 4,51^{**}$	$35,73 \pm 1,06$	$37,93 \pm 0,51^*$	$45,32 \pm 0,87^{**}$	$35,77 \pm 1,01$	$36,94 \pm 0,55^*$	$44,77 \pm 4,67^*$

После начала применения пробиотика «Энзимспорин» у телят опытных групп показатели лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови имели тенденцию к повышению по сравнению с контрольной группой. Так, на 14-й день после начала применения пробиотика, показатель лизоцимной активности сыворотки крови у I, II, III опытных групп был выше по сравнению с контрольной в 1,04; 1,15 и 1,14

раза соответственно. На 14-й день бактерицидные свойства сыворотки крови у телят II опытной группы были самыми высокими: $37,93 \pm 0,51$ %, у первой и третьей опытных групп – $36,91 \pm 0,67$ % и $36,94 \pm 0,55$ % соответственно. На 30-е сутки после начала применения пробиотика «Энзимспорин» показатели лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови оставались высокими по сравнению с

контролем, составив $14,15 \pm 3,12 \%$; $16,08 \pm 2,55 \%$; $15,89 \pm 2,85 \%$ и $44,15 \pm 4,5 \%$; $45,32 \pm 0,87 \%$; $44,77 \pm 4,67 \%$ соответственно. Наиболее высокие показатели зарегистрированы у телят II опытной группы по сравнению с контрольной на 30-е сутки после начала применения пробиотика. Так, бактерицидная активность сыворотки крови II опытной группы был в 1,57 раза выше показателя контрольной.

Применение пробиотика Энзимспорин также оказывало положительное влияние на прирост живой массы телят (таблица 3). Телята, получившие в первые сутки после рождения пробиотик, лучше росли и развивались. Взвешивание телят до и после проведения опыта

показало, что живая масса тела телят II опытной группы, получавших пробиотик дважды по 10 дней после рождения в дозе по 1 г на животное, затем после десятидневного интервала по 2 г на голову, на 30-ые сутки в 1,06 раза превысила массу тела контрольных животных. Показатели живой массы I и III опытных групп были выше показателей контрольной на 2,68 и 4,54 % соответственно. Среднесуточный прирост живой массы телят II опытной группы составил 773 г, что в 1,14 раза больше контрольных животных. Показатели среднесуточного прироста телят I и III опытных групп превысили значения контрольной группы на 10,8 и 11,03 % соответственно (таблица 3).

Таблица 3 Динамика прироста живой массы телят

Показатель	Группа животных (n = 6)			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Живая масса при рождении, кг	$27,80 \pm 0,83$	$27,50 \pm 0,82$	$27,40 \pm 0,82$	$28,10 \pm 0,84$
Живая масса на 30-ые сутки, кг	$48,40 \pm 1,93$	$49,70 \pm 1,99^{**}$	$51,30 \pm 2,05^{**}$	$50,60 \pm 2,02^{***}$
Среднесуточный прирост массы тела, кг	0,686	0,740 ^{**}	0,773 ^{**}	0,750 ^{***}

Вывод. Применение пробиотика «Энзимспорин» способствовало положительной динамике показателей, характеризующих естественную резистентность организма телят и прирост их живой массы. Самые высокие показатели фагоцитарной, бактерицидной и лизоцимной активности крови ($45,23 \pm 0,99 \%$; $44,15 \pm 4,51 \%$ и $14,15 \pm 3,12 \%$ соответственно)

были установлены у телят II опытной группы, получавших пробиотик Энзимспорин дважды с интервалом 10 дней с рождения в дозе по 1 г на животное, затем после интервала – по 2 г на голову на 30-ый день опыта. Среднесуточный прирост массы тела у животных второй группы составил 773 г, что в 1,14 раза выше значений контрольной группы.

Библиографический список

1. Андреева, А.В. Фитопробиотики при дисбактериозах кишечника молодняка сельскохозяйственных животных [Текст] / А.В. Андреева, О.Н. Николаева, М.Л. Мюриста // Министерство сельского хозяйства РФ, Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2009. 157 с.
2. Бухарин, О.В. Характеристика антагонистической активности пробиотических бактерий при их взаимодействии [Текст] / О.В. Бухарин, А.В. Семенов, С.В. Черкасов // Клин. микробиол. антимикроб. химиотер. 2010. Т. 12. № 4. С. 347–352.
3. Петрянкин, Ф.П. Иммунотропные препараты для лечения и профилактики болезней животных [Текст] / Ф.П. Петрянкин // Ветеринарная патология. 2009. № 2. С. 98–105.
4. Самохин, В.Т. Оптимизация метаболического статуса коров-матерей – основа профилактики неонатальных болезней телят [Текст] / В.Т. Самохин, М.И. Рецкий, В.И. Шушлебин // Ветеринарная патология. 2003. № 3. С. 17–18.
5. Смирнов, В.В. Создание и практическое применение математической модели антагонистического действия бацилл при конструировании пробиотиков [Текст] / В.В. Смирнов,

- О.Н. Рева, В.А. Выюницкая // Микробиология. 1995. Т. 64. № 5. С. 661–667.
6. Татарникова, Н.А. Антибиотики в пищевых продуктах [Текст] / Н.А. Татарникова, О.Г. Мауль // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. Выпуск № 5 (49). С. 203–205.
7. Улимбашев, М.Б. Интенсивность роста и резистентность телят при разных способах содержания [Текст] / М.Б. Улимбашев, М.А. Тарчокова // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. № 5 (151). С. 112–116.
8. Экспериментальное электронно-микроскопическое исследование влияния биологически активных веществ *Bacillus subtilis* на популяции *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* (2 сообщение) [Текст] / И.Б. Павлова [и др.] // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2016. № 1 (17). С. 52–64.
9. Mingmongkolchai S., Panbangred W. *Bacillus* probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. J. Appl Microbiol. 2018. Jan 9. P. 43–45 doi: 10.1111/jam.13690.
10. Barko P.C. et al. The Gastrointestinal Microbiome: A Review. J. Vet Intern Med. 2018. Jan; 32 (1). Pp. 9–25. doi: 10.1111/jvim.14875.

1. **Андреева Альфия Васильевна**, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой инфекционных болезней, зоогигиены и ветсанэкспертизы, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: alfia_andreeva@mail.ru.

2. **Султангазин Газинур Мубарякович**, аспирант кафедры инфекционных болезней, зоогигиены и ветсанэкспертизы ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: gazinursultangazin@mail.ru.

3. **Николаева Оксана Николаевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры инфекционных болезней, зоогигиены и ветсанэкспертизы ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: shchoksananik83@mail.ru.

Для совершенствования профилактики заболеваний молодняка крупного рогатого скота перспективным методом является использование препаратов на основе пробиотиков, которые способствуют снижению заболеваемости, повышению сохранности молодняка и восстановлению микробного баланса кишечника. В статье представлены результаты исследований по применению пробиотического препарата «Энзимспорин» при выращивании телят. Установлено, что применение пробиотика способствует повышению факторов неспецифической резистентности у телят, а также положительно

влияет на прирост живой массы. Показано, что применение пробиотика Энзимспорин в два приема по 10 дней с первого дня после рождения в дозе по 1 г на животное, затем после 10-дневного интервала – по 2 г на голову животного увеличивает фагоцитарную, бактерицидную и лизоцимную активность сыворотки крови по сравнению с контрольными животными в 1,1; 1,2 и 1,18 раза соответственно. Кроме того, у данной опытной группы телят среднесуточный прирост массы тела составил 773 г, что в 1,14 раза выше значений контрольной группы.

A. Andreyeva, G. Sultangazin, O. Nikolaeva

INFLUENCE OF «ENZIMSPORIN» PROBIOTIC ON NATURAL RESISTANCE AND LIFE WEIGHT GAIN OF CALVES

Key words: *calves; probiotic; immune status; nonspecific resistance; live weight.*

Authors' personal details

1. **Andreyeva Alfiya**, Doctor of biological sciences, professor of the Infectious diseases, zoohygiene and veterinary sanitary inspection department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: alfia_andreeva@mail.ru.

2. **Sultangazin Gazinur**, Post-graduate student of the Infectious diseases, zoohygiene and veterinary sanitary inspection department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: gazinursultangazin@mail.ru.

3. **Nikolaeva Oksana**, Candidate of biological sciences, associate professor of the Infectious diseases, zoohygiene and veterinary sanitary inspection department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: shchoksananik83@mail.ru.

Using preparations based on probiotics is very promising. They are considered to prevent diseases of young cattle, reduce disease rate, increase safety of growing animals and restore bacterial balance of intestine. The paper provides the results of studies on «Enzimsporin» probiotic preparation effect on growing calves. Probiotic is found to promote more factors for nonspecific resistance of calves. It also has a positive influence on life weight gain. Using

Enzimsporin probiotic in a dose of 1 g per an animal twice a day during 10 days from the first day after the birth, then 2 g after the 10th day interval is claimed to rise phagocyte, bacterial and lysozyme activity of blood serum compared to the control animals in 1,1; 1,2 and 1,18 times respectively. Besides the average daily gain of body weight in the experimental group of calves was 773 g that is 1,14 times higher than values of the control group.

АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РОСТ ПЕЧЕНИ ПЕРЕПЕЛОВ В ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

Ключевые слова: перепелки; масса тела; печень; топография печени; онтогенез; рост и развитие печени.

Введение. Перепеловодство является самой молодой и перспективной отраслью птицеводства в Российской Федерации, которая интенсивно развивается и переходит на промышленную основу. Доместикация и разведение японских перепелов начались с древних времен. В Россию впервые они были завезены в 1964 году из Югославии в Краснодарское лесохозяйство. Этот вид птиц обладает большой скоростью роста, которая сопровождается ранней яйцекладкой (30–40 суток), и высокой температурой тела, даже относительно других видов птиц, что обусловлено высоким уровнем обмена веществ и защищает перепелов от многих инфекционных болезней, в том числе опасных для человека (сальмонеллез и т. п.). Перепела обладают высокой яичной продуктивностью, но их биологические особенности изучены недостаточно. Поэтому исследования, направленные на выяснение морфологических связей различных систем организма перепелов, представляют научно-практический интерес. В решении данной проблемы важно обратить внимание на возрастную морфологию, которая раскрывает онтогенетические процессы развития, позволяет обнаружить наиболее важные периоды становления систем организма и обеспечивает повышение продуктивности перепелов.

Печень – самый крупный паренхиматозный орган, выполняющий более пятисот функций благодаря наличию огромного количества активно работающих гепатоцитов. В ней всех больше макрофагов (клеток Купфера). Значение печени определяется тем, что она служит барьером для крови между желудочно-кишечным трактом и всеми остальными органами. Печень – единственный (кроме лёгких) орган в теле, в котором венозная кровь вновь попадает в капиллярную сеть и вступает в контакт с гепатоцитами и макрофагами. При этом существенно меняется её состав. В этом органе происходит выход из состава крови углеводов, которые откладываются в печени в виде гликогена, происходит глюконеогенез и синтез мочевины, нейтрализация многих ядовитых веществ. Пищеварительная функция печени выражается в выделении в двенадцатиперстную кишку жёлчи. Также печень выполняет функ-

цию железы внутренней секреции – вырабатываемые гормоны выделяются в кровь, оттекающую через печёночные вены. Печень обеспечивает оптимальный теплообмен, следовательно, и гомеостаз для поддержания нормального функционирования организма. Этим и объясняется то, что она чаще подвергается патогенному влиянию различных факторов, что приводит к развитию дистрофий и других патологических процессов в организме. В то же время данный орган обладает большими компенсаторными возможностями, многие заболевания протекают скрыто без клинических проявлений. Это происходит благодаря высокой регенеративной способности ткани печени, в том числе за счёт гиперплазии гепатоцитов [1–8].

Цель исследования – изучение строения и роста массы тела, массы и линейных показателей печени японских перепелок.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований являлись японские перепелки в определённые этапы постэмбрионального онтогенеза: неонатальный (суточные), ювенальный (30-дневные), полового созревания (60-дневные), морфофункциональной зрелости (90-, 120-, 150- и 180-дневные). Каждый из данных этапов характеризуется определёнными особенностями и имеет различную продолжительность у перепелок, поэтому с целью повышения объективности результатов исследования материал брали в середине каждого этапа постэмбрионального онтогенеза в количестве 3–5 экземпляров каждой возрастной группы.

Содержание и кормление перепелок соответствовали зоотехническим нормам. Для исследования извлекали органы, в частности печень, полученные от клинически здоровых японских перепелов. Использовали комплекс анатомических и гистологических методов, в том числе макро- и микро-препарирование с последующим описанием, органометрия.

Результаты и их обсуждение. Установили, что у перепелов японской породы печень располагается в грудобрюшной полости. В дорсо-краниальном направлении она граничит с верхушкой сердца, в дорсо-каудальном – с краниальным краем мышечного отдела желудка (рисунков 1А).

Рисунок 1

А – тушка перепелки. Топография внутренних органов. Сердце, печень, мышечный отдел желудка (сверху вниз соответственно). Б – печень перепелки. Левая и правая доли

Гладкая, выпуклая париетальная поверхность печени в вентро-краниальном направлении обращена к брюшной стенке, висцеральная поверхность в дорсо-каудальном направлении обращена к внутренним органам. Печень перепелок имеет тупой передний, острый задний и острые боковые края. Глубокой вырезкой печень разделена на две доли – правую и левую (рисунок 1Б). Последняя доля неглубокой вырезкой разделена надвое на левую латеральную и левую медиальную. Эти доли и части соединяются между собой на возвышающейся части висцеральной поверхности. Кроме того, имеется небольшая сосцевидная доля.

В целом печень имеет неправильную форму, что обусловлено компрессией со стороны внутренних органов. Так, в области тупого края имеется углубление треугольной формы для сердца. Острый край левой доли покрывает краниальную часть мышечного желудка, правой доли – часть двенадцатиперстной кишки и 1/3 поджелудочной железы. Под левой долей печени располагается железистый желудок, под правой – овальной формы желчный пузырь, не выходящий за пределы доли. В связи с этим на висцеральной поверхности обеих долей отмечаются участки вдавления.

Извлеченная из грудобрюшной полости перепелок печень незамедлительно взвешивалась и измерялась. Правая доля печени у зрелых перепелок вытянутая и достигает в длину 40 мм, а у месячных птиц она в два раза меньше. Ширина этой доли варьирует от 25 до 35 мм, у недельных же – в 3–4 раза уже. Левая латеральная доля меньше правой и достигает 25–30 мм в длину, а у недельных перепелат – 10–15 мм.

Ширина этой доли достигает 25 мм у зрелых особей, у перепелят – 5–10 мм. Левая медиальная доля по величине приближается к левой латеральной и достигает у зрелых перепелок 30 мм в длину и 15 мм в ширину. У недельных перепелят эти значения равнялись 15 и 10 мм соответственно. Таким образом, линейные показатели печени перепелок относительно равномерно увеличиваются с возрастом в несколько раз.

Анализ полученных в ходе этого процесса данных показал, что рост массы органа протекает относительно равномерно с ростом живой массы птиц. Живая масса перепелок увеличивается от 9,5 до 227,7 грамм, т. е. практически в 24 раза. Масса печени за этот период увеличивается от 0,3 до 6,8 грамма.

Масса печени относительно массы тела в процентах изменялась следующим образом: у перепелят составляла 3,2 %, в период полового созревания недостоверно увеличивалась и достигла 3,3 %, а к периоду функциональной зрелости снизилась до 3 %, т. е. изменялась асинхронно в разные периоды постэмбрионального онтогенеза. Последнее положение подтверждается расчетом относительного роста массы тела и массы печени перепелок по Броди. В ювенальный период эти показатели достигали максимальной величины и составляли 160 и 161 % (тело и печень соответственно). В период полового созревания к двухмесячному возрасту относительный прирост снижался до 47 и 49 % (тело и печень соответственно). В период морфофункциональной зрелости у 90-, 120-, 150- и 180-дневных перепелок относительный прирост массы тела снижался до 25 %, 11 %, 8 % и

5 % соответственно. А изменение относительного прироста массы печени имело несколько иную закономерность. Оно уменьшалось от 21 %, 8 %, 6 % и 3 % у 90-, 120-, 150 и 180-дневных перепелок соответственно. Это в свою очередь показывает, что два данных показателя изменяются асинхронно в разные периоды постэмбрионального онтогенеза.

Необходимо отметить, что перечисленные показатели у перепелок имеют высокую индивидуальную вариабельность, поэтому мы использовали корреляционный анализ для интерпретации полученных данных. Два исследованных показателя (масса тела и масса печени) положительно тесно коррелируют друг с другом (коэффициент корреляции на уровне 0,99), а от-

носительный показатель (масса печени по отношению к массе тела) имеет среднюю отрицательную связь (коэффициент корреляции –0,60).

Выводы. Перепелки характеризуются интенсивным ростом массы тела. Этот показатель после вылупления до периода функциональной зрелости увеличивается более чем в 24 раза. Это обеспечивается интенсивным обменом веществ, что отражает рост массы печени (коэффициент корреляции роста массы тела и массы печени достигает 0,99). Масса этого органа увеличивается асинхронно: наиболее быстро в первый месяц после вылупления; затем скорость роста снижается. Линейные показатели печени перепелок увеличиваются с возрастом в несколько раз относительно равномерно.

Библиографический список

1. Гришина, Д.Ю. Морфология печени цыплят-бройлеров в раннем постнатальном онтогенезе [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 16.00.02 / Д.Ю. Гришина. Самара, 2009. 17 с.

2. Жаров, А.В. Патоморфология болезней мочеполовой системы [Текст] / А.В. Жаров, Е.Н. Сковородин. Уфа, 2006. 80 с.

3. Жуков, В.М. Органопатология печени животных [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Жуков. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 96 с.

4. Жилина, О.В. Морфология печени цыплят-бройлеров кросса «Смена-7» по периодам и фазам постинкубационного онтогенеза [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 06.02.01 / О.В. Жилина. Саранск, 2010. 22 с.

5. Красникова, Л.В. Особенности васкуляризации печени и морфология желчевыводящих путей у курицы, утки и гуся [Текст]: дисс. ... канд. вет. наук: 06.02.01 / Л.В. Красникова. Омск, 2015. 190 с.

6. Метальникова, Д.В. Влияние аэронизации на рост печени куриных эмбрионов / Д.В. Метальникова, А.А. Малофеев, Р.Ю. Хохлов // Нива Поволжья. 2013. № 3 (28). С. 125–129.

7. Сковородин, Е.Н. Функциональная морфология печени мускусных уток в ранние спо-

ки постэмбрионального развития [Текст] / Е.Н. Сковородин // Российский электронный научный журнал. 2014. № 7 (13). С. 97–129.

8. Сковородин, Е.Н. Влияние препаратов «Солвимин селен» и «Селемаг» на рост и развитие мускусных уток [Текст] / Е.Н. Сковородин, В.Д. Давлетова, О.В. Дюдьбин // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. 2013. № 3. С. 54–58.

9. Шишкина, Д.А. Морфология печени гусей китайской серой породы на фоне применения селеноорганического препарата ДАФС-25К [Текст]: автореф. дисс. ... канд. вет. наук: 06.02.01 / Д.А. Шишкина. М., 2016. 19 с.

10. Хамитова, Л.Е. Сравнительный анализ морфофункциональных показателей печени голубей и кур-бройлеров в критические периоды онтогенеза [Текст]: дисс. ... канд. биол. наук: 03.03.04 / Л.Е. Хамитова. Астрахань, 2015. 206 с.

11. Хохлов, Р.Ю. Критические фазы морфогенеза яйцевода кур / Р.Ю. Хохлов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2008. № 3. С. 48–49.

12. Хохлов, Р.Ю. Особенности морфологической дифференцировки яичника кур в онтогенезе / Р.Ю. Хохлов // Нива Поволжья. 2009. № 2. С. 94–98.

Сведения об авторах

1. **Бронникова Гузель Замилевна**, аспирант кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: Bronnikova.G@bashkortostan.ru.

2. **Сковородин Евгений Николаевич**, доктор ветеринарных наук, профессор, зав. кафедрой морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-28-77, e-mail: skovorodinen@mail.ru.

В статье приводятся результаты изучения строения и роста массы тела, массы и линейных показателей печени. Печень перепелок глубоко-

кой вырезкой разделена на две доли – правую и левую. Последняя неглубокой вырезкой разделена на левую латеральную и левую медиаль-

ную доли. Кроме того, имеется небольшая сосцевидная доля. Перепелки характеризуются интенсивным ростом массы тела. Данный показатель после вылупления до шестимесячного возраста увеличивается более чем в 24 раза. Это обеспечивается интенсивным обменом ве-

ществ, что отражает рост печени. Масса этого органа увеличивается асинхронно: наиболее быстро в первый месяц после вылупления; затем скорость роста снижается. Линейные показатели печени птиц увеличиваются с возрастом в несколько раз относительно равномерно.

G. Bronnikova, E. Skovorodin

ANATOMIC AND TOPOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND GROWTH OF QUAIL LIVER IN POSTNATAL ONTOGENESIS

Key words: *quails; body weight; liver; liver topography; ontogenesis; liver growth and development.*

Authors' personal details

1. **Bronnikova Guzel**, Post-graduate student of the Morphology, pathology, pharmacy and noncontagious diseases department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Bronnikova.G@bashkortostan.ru.

2. **Skovorodin Evgeny**, Doctor of veterinary sciences, professor, head of the Morphology, pathology, pharmacy and noncontagious diseases department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, phone: (347) 228-28-77, e-mail: skovorodinen@mail.ru.

The paper discusses the results of studies on body weight structure and growth, liver weight and linear indicators. Quail liver is deeply cut and separated into two parts – a right and a left lobes. The last lobe is divided into a left lateral and a left medial parts. Besides, there is a small mastoid fraction. Quails are characterized by intensive growth of body weight. This indicator increases by more

than 24 times from hatching to the age of six months. It is due to intensive metabolism that reflects the liver growth. The weight of this organ increases asynchronously: it is the fastest in the first month after hatching; then the growth rate decreases. Linear indices of bird liver increases in several times evenly with age.

© Бронникова Г.З., Сковородин Е.Н.

УДК 636.2:637.12.04

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-61-66

Ф.Р. Валитов

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА PRL В ПОПУЛЯЦИЯХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПЛАНОВЫХ ПОРОД РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Ключевые слова: *пролактин; аллель; генотип; ДНК-маркеры; молочная продуктивность, популяция, крупный рогатый скот.*

Введение. Молочное скотоводство – ведущая отрасль животноводства Российской Федерации. При ведении селекционно-племенной работы значение имеет не только высокая молочность скота, но и качественный состав полученного молока [2, 4, 7]. Современные молекулярно-генетические методы позволяют определить наличие ценных вариантов генов, связанных с признаками продуктивности. Выявление наиболее благоприятных с точки зрения селекции вариантов таких генов позволяет до-

полнительно к традиционным методам отбора животных проводить маркер-зависимую селекцию (MAS). Гены гормонов могут рассматриваться в качестве вероятных маркеров продуктивности крупного рогатого скота, в частности гены пролактина, соматотропина, лептина, тиреоглобулина и др. Основная функция гормона пролактина (PRL) – стимуляция развития молочных желез, а также формирования и секреции молока у млекопитающих. Ген пролактина у крупного рогатого скота расположен на 23

хромосоме и состоит из пяти экзонов и четырех интронов [5]. Молчащая А-Г транзикация, появляющаяся в 103 кодоне экзона 3, приводит к возникновению полиморфного *RsaI*-сайта. Животные с генотипами *BB* по гену пролактина, по сведениям некоторых ученых, являются наиболее высокомолочными и с более высоким содержанием жира в молоке и соответственно имеют больший выход молочного жира и белка [1, 8]. Внедрение маркерной селекции должно опираться на сведения о частоте встречаемости «желательных» и «нежелательных» аллелей и генотипов по маркерным генам у наиболее распространенных пород в конкретном регионе.

Целью исследования является изучение полиморфизма гена пролактина и выявление взаимосвязей его вариантов с показателями молочной продуктивности коров плановых пород Республики Башкортостан.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследований послужили выборки коров чёрно-пёстрой породы из двух хозяйств: ООО «Племзавод Ленина» Дюртюлинского района ($n = 205$), ООО АП им. Калинина ($n = 462$); выборка коров симментальской породы СПК «Дружба» Аургазинского района ($n = 117$) и выборка коров бестужевской породы ГУСП МТС «Центральная» ($n = 72$) Республики

Башкортостан. Полиморфизм гена пролактина выявлен методом *ПЦР-ПДРФ* с использованием соответствующей эндонуклеазы рестрикции. Размер амплифицированного участка гена *PRL* составил 156 пн. После обработки рестриктазой *RsaI* генотипу *AA* на электрофореграмме (рисунок 1) соответствовал нерестрицированный продукт 156 пн; генотипу *AB* – фрагменты ДНК длиной 156,82 и 74 пн; генотипу *BB* – 82 и 74 пн.

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле Меркурьевой (1983), отдельных аллелей – по формуле Алтухова (2002). Статистическую ошибку для частот генов определяли по формуле Животовского (1991) [6]. Данные о молочной продуктивности коров получены из племенных карточек формы Ф-2 МОЛ непосредственно в хозяйствах. Качественные показатели молока оценены в лаборатории селекционного контроля качества молока ОАО «Башкирское» по племенной работе на приборе Лактан 700М. Статистическую обработку полученных результатов проводили по стандартным методам с использованием компьютерной программы «Statistica».

Результаты исследования. В таблице 1 представлены частоты аллелей и генотипов изучаемого гена в исследуемых группах коров.

Рисунок 1

Электрофореграмма результата *ПЦР-ПДРФ* гена пролактина: 1, 7 – генотип *AB*; 2, 4, 5, 6, 8 – генотип *AA*; 3 – генотип *BB*

Таблица 1 Частоты генотипов и аллелей изучаемого гена у плановых пород

Порода	Популяция*	N	Частота генотипов, %			Частота аллелей	
			<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
Чёрно-пёстрая	1	205	74,6	20,3	5,1	$0,87 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,04$
	2	462	77,4	20,7	1,9	$0,88 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$
	В целом	667	76,0	20,5	3,5	$0,87 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,02$
Симментальская	3	117	12,3	66,7	21,0	$0,48 \pm 0,03$	$0,52 \pm 0,02$
Бестужевская	4	72	28,6	62,4	9,0	$0,61 \pm 0,03$	$0,39 \pm 0,03$

Примечание: * – популяция 1 – чёрно-пёстрая порода ООО племзавод «Ленина»; 2 – чёрно-пёстрая порода ООО АП им. Калинина; 3 – симментальская порода СПК «Дружба» Аургазинский район; 4 – бестужевская порода ГУСП МТС «Центральная».

Рисунок 2

Частоты генотипов по гену пролактина у исследуемых пород крупного рогатого скота: 1 – среднее по чёрно-пёстрой породе; 2 – по симментальской породе; 3 – по бестужевской

Рисунок 3

Частоты аллелей гена пролактина у изучаемых пород

Таблица 2 Средние показатели молочной продуктивности и качественных показателей молока коров чёрно-пёстрой породы с различными генотипами по изучаемому гену

Показатель	Генотип			Разница		
	AA	AB	BB	AA-AB	AA-BB	BB-AB
ООО АП им. Калинина Стерлитамакского района						
Удой, кг	4748,3 ± 32,9	4908,6 ± 84,2	4270,4 ± 290,5	160,3	477,9	638,2*
Жир, %	3,89 ± 0,02	3,93 ± 0,03	3,83 ± 0,07	0,04	0,06	0,10
Молочный жир, кг	184,7 ± 1,38	192,9 ± 3,43	163,6 ± 8,40	8,2	21,1*	29,3**
Белок, %	3,23 ± 0,005	3,27 ± 0,011	3,29 ± 0,046	0,04	0,06	0,02
ООО ПЗ «Ленина» Дюртюлинского района						
Удой, кг	3885,6 ± 81,2	4202,6 ± 109,8	4447,3 ± 363,4	317,0	561,7	244,7
Жир, %	3,73 ± 0,003	3,73 ± 0,005	3,74 ± 0,012	0	0,01	0,01
Молочный жир, кг	144,9 ± 2,76	156,7 ± 4,34	163,8 ± 12,19	11,8	18,9	7,1
Белок, %	3,24 ± 0,02	3,22 ± 0,01	3,27 ± 0,03	0,02	0,03	0,05

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Как видно из рисунка 2 и таблицы 1, во всех популяциях коров чёрно-пёстрой породы по частоте преобладает генотип **AA** (74,6–77,4 %), промежуточное положение занимает генотип **AB** (20,3–20,7 %) и совсем низкий процент встречаемости особей с генотипом **BB** (1,9–5,1 %).

У оцениваемых пород крупного рогатого скота в целом частота аллеля **A** была выше частоты аллеля **B**, кроме симментальской породы,

где частота аллеля **B** была выше и составила 0,52. Доля распространенности аллеля **B** в популяциях черно-пестрого скота составляет в среднем 0,13 (рисунок 3), и в целом эта цифра близка к наблюдаемым частотам у чёрно-пёстрой породы по литературным данным: 0,15 [3]; 0,19 [9]; 0,14 [1]. У коров симментальской породы частота аллеля **B** (0,52) превышает частоту варианта **A** (0,48), что связано с преобладанием генотипа **AB** над двумя другими.

Таблица 3 Средние показатели молочной продуктивности и качественных показателей молока коров бестужевской породы с различными генотипами по изучаемому гену

Показатель	Генотип			Разница		
	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>	<i>AA-AB</i>	<i>AA-BB</i>	<i>BB-AB</i>
Удой, кг	3693,1 ± 99,8	3811,4 ± 91,3	4206,8 ± 198,4	118,3	513,7*	395,4
Жир, %	3,83 ± 0,03	3,81 ± 0,012	3,83 ± 0,025	0,02	0	0,02
Молочный жир, кг	141,4 ± 3,75	145,2 ± 3,50	161,1 ± 7,8	3,8	19,7*	15,9
Белок, %	3,32 ± 0,04	3,28 ± 0,04	3,29 ± 0,04	0,04	0,03	0,01

* – $p < 0,05$.

Таблица 4 Средние показатели молочной продуктивности коров симментальской породы с различными генотипами по изучаемому гену

Показатель	Генотип			Разница		
	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>	<i>AA-AB</i>	<i>AA-BB</i>	<i>BB-AB</i>
Удой, кг	3449,1 ± 207,3	3203,8 ± 118,8	3210,5 ± 212,1	245,3	238,6	6,7
Жир, %	3,97 ± 0,06	4,03 ± 0,04	3,98 ± 0,09	0,06	0,01	0,05
Молочный жир, кг	136,9 ± 5,4	129,1 ± 4,8	127,7 ± 7,0	7,8	9,2	1,4
Белок, %	2,86 ± 0,03	2,84 ± 0,02	2,80 ± 0,04	0,02	0,06	0,04

Коровы бестужевской породы, имеющие генотип *AB* (62,4 %), по частоте превосходят коров, имеющих гомозиготный генотип; частота аллелей *A* и *B* составляет 0,61 и 0,39 соответственно. Таким образом, установлена наибольшая частота встречаемости аллеля *A* у коров чёрно-пёстрой породы – 0,87, а самая низкая – у коров симментальской породы – 0,48.

Анализ молочной продуктивности коров плановых пород республики с разными генотипами по изучаемому гену представлен в таблицах 2–4. По данным таблицы 2 видно, что в выборке чёрно-пёстрой породы ООО АП им. Калинина наибольшая величина надоев отмечается у коров с генотипом *AB* – 4908,6 кг, наименьшая – с генотипом *BB*, которые имели величину надоев 4270,4 кг ($p < 0,05$). По содержанию массовой доли жира и молочного жира преимущество также имели животные с генотипом *AB* (3,93 % и 192,9 кг соответственно). Статистически достоверные различия выявлены только по содержанию молочного жира ($p < 0,01$). По содержанию белка в молоке коровы с гомозиготными генотипами *BB* незначительно превосходили своих сверстниц, имеющих в генотипе аллель *A* как в гетерозиготной, так и гомозиготной форме, на 0,02–0,06 % ($p > 0,05$).

В ООО ПЗ «Ленина» животные, имеющие гомозиготный генотип *BB*, превосходят животных, имеющих генотипы *AB* и *AA*, по всем показателям молочной продуктивности: по удою – на 244,7–561,7 кг, по жирности молока – на 0,01 %, молочному жиру – на 7,1–18,9 кг, по белку – на 0,03–0,05 %. Выявленные различия оказались статистически недостоверными ($p > 0,05$).

Молочная продуктивность и качественный состав молока с различными генотипами по изучаемому гену представлены в таблице 3. Наиболее высокими надоями (4206,8 кг) характеризуются животные, имеющие генотип *BB*, а наи-

меньшей – коровы с генотипом *AA* (3693,1 кг). Выявленная разница в 513,7 кг является статистически достоверной ($p < 0,05$). По количеству молочного жира коровы с генотипом *AB* и *AA* уступали гомозиготам по аллелю *B* на 15,9–19,7 кг ($p < 0,05$). Содержание массовой доли жира в молоке у коров всех трёх генотипов *AA*, *AB* и *BB* (3,81–3,83 %) практически не различаются ($p > 0,05$). Наибольшее содержание белка в молоке имели коровы с генотипом *AA*, превосходя особей с генотипами *AB* и *BB* на 0,03 и 0,01 соответственно ($p > 0,05$).

В таблице 4 представлены данные молочной продуктивности коров симментальской породы с различными генотипами по изучаемому гену.

У коров симментальской породы наибольшие удои (3449,1 кг) наблюдаются у животных с генотипом *AA*, а самые низкие – с генотипом *AB* (3203,8 кг) ($p > 0,05$). Животные с генотипом *BB* по этому показателю занимают промежуточное положение – 3210,5 кг ($p > 0,05$). По содержанию жира в молоке коровы с гетерозиготным генотипом *AB* незначительно (на 0,06 %) превосходили своих сверстниц с генотипами *AA* и *BB*. Наиболее высокие показатели количества молочного жира были связаны с генотипом *AB* (136,9 кг), наименьшие – с генотипом *BB* (127,7 кг). Различия оказались статистически не достоверными ($p > 0,05$). Особи с генотипом *AA* (2,86 %) и *AB* (2,84 %), по сравнению с генотипом *BB* (2,80), показывают несколько высокий результат по содержанию белка в молоке ($p > 0,05$).

Выводы. Учитывая, что частоты «благоприятных», с точки зрения молочной продуктивности, генотипов по исследованному полиморфному гену гормона пролактина, не превышают 25 %, рекомендуем проводить молекулярно-генетическое тестирование плановых

пород крупного рогатого скота по изучаемому гену для объективной оценки генетической ситуации и накопления в стадах «желательных»

генотипов, позволяющих повысить количественные и качественные показатели молочной продуктивности.

Библиографический список

1. Гареева, И.Т. Молочная продуктивность в ассоциации с полиморфизмом гена пролактина у коров черно-пестрой и бестужевской породы [Текст] / И.Т. Гареева, И.Ю. Долматова // Состояние, проблемы и перспективы развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ. Уфа: Башкирский ГАУ, 2010. С. 167–168.

2. Гизатуллин, Р.С. Состояние племенной базы молочного скотоводства Республики Башкортостан [Текст] / Р.С. Гизатуллин, Т.А. Седых // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. Т. 1. № 3. С. 55–59.

3. Горячева, Т.С. Генетические варианты казеина и пролактина в связи с молочной продуктивностью коров черно-пестрой породы [Текст] / Т.С. Горячева, Г.М. Гончаренко // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 4. С. 51–54.

4. Долматова, И.Ю. Оценка генетического потенциала крупного рогатого скота по маркерным генам [Текст] / И.Ю. Долматова, Ф.Р. Валитов // Вестник Башкирского государственного университета. 2015. № 3 (20). С. 850–853.

5. Зиновьева, Н.А. Введение в молекулярную генную диагностику сельскохозяйственных животных [Текст] / Н.А. Зиновьева, Е.А. Гла-

дырь, Л.К. Эрнст, Г. Брем. Дубровицы: ВИЖ, 2002. 112 с.

6. Машуров, А.М. Генетические маркеры в селекции животных [Текст] / А.М. Машуров. М.: Наука, 1980. 318 с.

7. Немцов, А.А. Задачи и методы совершенствования симменталов в Башкортостане [Текст] / А.А. Немцов, В.П. Горяминский, И.Ф. Юмагузин // Резервы повышения эффективности агропромышленного производства. Материалы региональной научно-практической конференции, проходившей в рамках Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2004», 24–27 февраля 2004 г. Уфа: БНИИСХ, 2004. С. 309–312.

8. Юмагузин, И.Ф. Белковый состав молока симментальских коров отечественной и австрийской селекции [Текст] / И.Ф. Юмагузин // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Екатеринбург: Уральское издательство, 2012. С. 91–95.

9. Udina I.G., Turkova S.O., Kostyuchenko M.V., Lebedeva L.A., Sulimova G.E. Polymorphism of Bovine Prolactin Gene: Microsatellites, PCR-RFLP. Russian Journal of Genetics. 2001. Т. 37. № 4. Р. 407–411.

Сведения об авторе

Валитов Фарит Равилович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 252-72-52, e-mail: fvalitov@mail.ru.

В статье описывается частота встречаемости аллелей и генотипов пролактина и их взаимосвязь с молочной продуктивностью у коров плановых пород крупного рогатого скота Республики Башкортостан. Установлено, что в изученных популяциях коров чёрно-пёстрой породы по частоте преобладает генотип **АА**, промежуточное положение занимает генотип **АВ** и совсем низкий процент особей с генотипом **ВВ**. По симментальской и бестужевской породам преобладают гетерозиготы **АВ**. Низкий процент встречаемости особей с генотипом **ВВ** у симментальской и **АА** – у бестужевской пород. У черно-пестрой и бестужевской пород частота аллеля **А** была выше частоты аллеля **В**, кроме симментальской породы, где частота аллеля **В** была выше и составила 0,52. По черно-

пестрой породе по первой выборке наилучшими показателями молочной продуктивности отличались животные с генотипом **АВ**, наименьшими – с генотипом **ВВ**, кроме содержания белка в молоке (лучшими были с генотипом **ВВ**). Во второй выборке черно-пестрых коров лучшие результаты показали особи с генотипом **ВВ**, худшие – с генотипом **АА**. Такой же результат наблюдался и у бестужевской породы. Коровы симментальской породы с генотипом **АА** имели преимущество над коровами с другими генотипами, кроме содержания жира в молоке, который был лучше у коров с генотипом **АВ**. Таким образом, наблюдается тенденция некоторого увеличения количественных и качественных показателей молока при наличии в генотипе **В** аллеля гена пролактина.

PRL GENE POLYMORPHISM IN POPULATIONS OF CATTLE FOR BREED IMPROVEMENT IN BASHKORTOSTAN REPUBLIC

Key words: prolactin; allele; genotype; DNA markers; milk productivity; population; cattle.

Authors' personal details

Valitov Farit, Candidate of agricultural sciences, head of the Beekeeping, private animal science and animal breeding department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, phone: 8 (347) 252-72-52, e-mail: fvalitov@mail.ru.

The paper describes allele and prolactin genotype frequency and their correlation with milk productivity of cows for breed improvement in the Republic of Bashkortostan. It was found, that **AA** genotype black-and-white cows are of higher frequency, **AB** genotype ones are on the intermediate level, and **BB** genotype animal number is the lowest. **AB** heterozygotes prevail in simmental and bestuzhev breeds. There is low frequency of animals with **BB** genotype among simmental cattle and **AA** genotype among bestuzhev breeds. Allele **A** frequency was higher compared to allele **B** for black-and-white and bestuzhev breeds. Except simmental breed where allele **B** frequency was

higher and was 0,52. At the first sample black-and-white cows of **AB** genotype had the highest milk production capacity. This characteristic was the lowest for animals of **BB** genotype while their milk protein content was better. At the second sample of black-and-white cows better milk productivity was found for animals of **BB** genotype, the worst results were shown for **AA** genotype heads. The same result could be observed for bestuzhev breed. Simmental cows of **AA** genotype had advantage over cows of other genotypes, except milk fat content being better for cows of **AB** genotype. Thus, quantitative and quality indicators of milk are higher when there is prolactin gene in **B** allele.

© Валитов Ф.Р.

УДК 619:616.1:619:611.1-085

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-66-71

И.Р. Гатиятуллин, Г.В. Базекин, И.В. Чудов

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МИОКАРДА КРЫС ЛИНИИ WISTAR ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГЛИЦИРРИЗИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Ключевые слова: крысы; миокард; глицирризиновая кислота; адреналин; кардиомиоциты; кардиокенез; кардиопротектор; антиапоптотический эффект.

Введение. Разработка, создание и изучение лекарственных средств на растительной основе постоянно растет, так как фитопрепараты имеют хорошую эффективность и безвредность по сравнению с химическими лекарственными средствами. Ранее было разработана глицирризиновая кислота, включающая в себя экстракт растительного происхождения. Глицирризиновая кислота — основной тритерпеновый гликозид корней солодки, являющийся одним из лидирующих природных соединений. Доклинические и клинические исследования данного гликозида выявили его высокую безопасность и эффективность, которая оказывает противовирусное, противовоспалительное, антиаритмиче-

ское и иммуномодулирующее действие. Учитывая свойства компонентов, входящих в состав лекарственного средства, на наш взгляд, было целесообразным изучение его возможных кардиопротекторных свойств на модели патологии сердца [1, 3, 5–7, 9–11].

Цель и задачи исследования. Целью исследования являлось изучение влияния глицирризиновой кислоты на морфологию миокарда белых крыс. Задачи: 1) доклинические исследования глицирризиновой кислоты при помощи адреналиновой модели поражения миокарда; 2) изучение гистологической и гистохимической картины миокарда крыс с применением адреналиновой нагрузки на миокард; 3) изуче-

ние иммуногистохимических исследований миокарда крыс с применением адреналиновой нагрузки на миокард.

Условия, материалы и методы исследования. Исследования были проведены в условиях кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. Эксперимент проводили на белых крысах линии Wistar, самцах, массой 380–400 г с использованием адреналиновой модели поражения миокарда. В ходе работы использовали методические рекомендации, разработанные членом-корреспондентом РАМН, профессором И.Н. Тюренковым и доктором биологических наук В.Н. Перфиловой по доклиническому изучению кардиотонической активности лекарственных средств [2, 4]. Крыс содержали в условиях, предписанных правилами по содержанию экспериментальных животных в виварии факультета биотехнологий и ветеринарной медицины. Подопытные крысы были клинически здоровы, условия кормления и поения одинаковые для всех крыс. В ходе исследований нами были сформированы 3 группы крыс по 10 в каждой: в 1 группе в течение 14 дней до однократного введения адреналина животные получали внутрь глицирризиновую кислоту ежедневно в дозе 50 мг/кг; во 2 группе применялось однократное введение адреналина; 3 группа – контроль (интактные).

1 и 2 группе провели адреналиновую нагрузку, однократно ввели 4 мг/кг 0,1 %-ный раствор адреналина гидрохлорида подкожно. Через 48 часов после введения адреналина крысы были декапитированы. Сердца крыс фиксировали в 10 %-ном растворе нейтрального формалина, затем каждое сердце делили поперек на 3 сектора одинаковой толщины: верхний (основание сердца), средний и нижний (верхушка сердца). Образцы тканей обезживали в серии спиртов возрастающей концентрации. Затем заливали в парафин по общепринятой методике. Срезы готовили на микротоме LEICA RM 2145 (Германия), которые окрашивали гематоксилином и эозином. Для выявления волокнистых структур соединительной ткани окрашивали по Маллори.

При проведении иммуногистохимических исследований использовали парафиновые срезы толщиной 4 мкм, которые окрашивали с помощью иммуногистостейнера Leica Microsystems Bond™ (Германия). В качестве антитела применяли TIMP 2 (цитоплазматическое окрашивание) в разведении 1:300. Для демаскировки использовали непрямую стрептавидин-биотиную систему детекции Leica BOND (Novocastra™, Германия). Оценку специфичности реакции проводили при окрашивании срезов

без антитела. Подсчет клеток производили в 20 полях зрения каждого образца при увеличении $\times 400$. Осуществлялся подсчет позитивно окрашенных клеток против антитела TIMP-2 в реактивных зонах.

Исследование и визуализацию препаратов проводили с использованием светового микроскопа Leica DMD 108 (Германия) со специализированным программным обеспечением управления настройками и захвата изображения.

Результаты исследования. В миокарде крыс I группы, где применяли глицирризиновую кислоту с адреналином, наблюдали высокую клеточную плотность, признаков некроза сердечных мышечных клеток не обнаружено.

Преобладала инфильтрация миокарда макрофагами и клетками Аничкова. В зоне повреждения выявлялась гипертрофия кардиомиоцитов и их полиплоидия. Встречались оглушенные кардиомиоциты с явлениями пересокращения саркомер. В целом у клеток сохранялась поперечная исчерченность саркоплазмы. Ядра кардиомиоцитов базофильные, крупные, овальные, просветленные с четкой, не размытой кариолеммой. Кровеносные сосуды расширены, просветы свободные. Явлений стаза или тромбоза не обнаружено (рисунки 1, 2).

Выявлялась рыхлая, тонкая, паутинообразная сеть коллагеновых волокон на месте воспалительных клеточных инфильтратов. Патологически расширенных пространств, связанных с гидропической дистрофией, не обнаруживалось (рисунок 3).

В мышечной стенке левого желудочка у крыс II группы, где применяли адреналин, обнаруживались обширные воспалительно-клеточные инфильтраты (рисунок 4).

Выявлялись признаки зернистой дистрофии, а также колликативного некроза кардиомиоцитов, характеризующиеся изменением тинкториальных свойств цитоплазмы, лизисом и набуханием миофибрилл. В поврежденных клетках отмечался кариопикноз ядер. Ядра сморщенные, малых размеров, содержали преимущественно гетерохроматин. Возле поврежденных кардиомиоцитов наблюдались скопления макрофагов, фибробластов, лимфоцитов, адипоцитов. Определялись признаки гидропической, углеводной и жировой дистрофии миокарда (рисунок 5).

Лимфоциты были распределены в эндомизии миокарда диффузно по всей площади мышечной стенки. Выявлялись их скопления в периваскулярном пространстве (рисунок 6). В зонах повреждения миокарда определялся периваскулярный склероз. Помимо этого, в эндомизии диффузно разрастались толстые коллагеновые волокна (рисунок 7). Пучки сердечных мы-

шечных волокон в III контрольной группе плотно прилежали друг к другу. Кровеносные сосу-

ды полнокровные, содержали форменные элементы крови типичного строения (рисунок 8).

Рисунок 1
Кариокинез ядер миокарда (↑).
Инфильтрация макрофагами, клетками Аничкова.
Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 2
Инфильтрация миокарда макрофагами, клетками Аничкова, малодифференцированными клетками и их митоз (↑). Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 3
Сеть тонких collagenовых волокон.
Окраска по Маллори

Рисунок 4
Воспалительно-клеточные инфильтраты в стенке левого желудочка. Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 5
Жировая дистрофия, некроз кардиомиоцитов.
Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 6
Диффузное распространение лимфоцитов. Вставка – диапедез лимфоцитов из кровяного русла. Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 7
Склероз миокарда. Окраска по Маллори

Ядра базофильные, овальные, вытянуты вдоль длинной оси клетки с четкой кариолем-

мой (рисунок 9). Саркомеры выявлялись с периодичной поперечной исчерченностью. При

окраске по Маллори (для выявления коллагеновых волокон) определялась тонкая сеть коллагеновых волокон в эндомизии в периваскулярном пространстве, что является нормой (рисунок 10). Таким образом, применение глицирризиновой кислоты оказывает положительное влияние на гистологическую картину миокарда.

Однократное введение крысам раствора адреналина гидрохлорида подкожно в дозе 4 мг/кг вызывает через 48 часов гистологические изменения в миокарде, характерные для начальной стадии некроза кардиомиоцитов. Профилактическое применение глицирризиновой

кислоты крысам в течение 14 дней в дозе 50 мг/кг предотвращало указанные изменения у крыс с адреналиновой нагрузкой (4 мг/кг). В контрольной и опытной группах выявлена высокая клеточная активность и исход заживления может принять различные формы. Поэтому, исходя из полученных данных, провели иммуногистохимические исследования с применением антитела TIMP-2 с последующей морфометрией, чтобы не только констатировать факт улучшения миокарда после применения глицирризиновой кислоты, но и осветить механизм действия на морфологическом уровне.

Рисунок 8
Миокард левого желудочка.
Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 9
Поперечная исчерченность кардиомиоцитов.
Окраска гематоксилином и эозином

Рисунок 10
Левый желудочек сердца.
Окраска по Маллори

Рисунок 11
Выявление TIMP-2⁺ клеток в миокарде контрольной группы. Непрямой иммунопероксидазный метод выявления TIMP-2⁺ с докраской гематоксилином

Рисунок 12
Выявление TIMP-2⁺ клеток в миокарде опытной группы 1. Непрямой иммунопероксидазный метод выявления TIMP-2⁺ с докраской гематоксилином

Рисунок 13
Выявление TIMP-2⁺ клеток в миокарде опытной группы 2. Непрямой иммунопероксидазный метод выявления TIMP-2⁺ с докраской гематоксилином

Иммуногистохимическое исследование — метод микроскопического исследования тканей, обеспечивающий наиболее специфическое

выявление в них искомым веществ и основанный на обработке срезов маркированными специфическими антителами к выявляемому веще-

ству, которое в данной ситуации служит антигеном (рисунки 11–13). В разновидностях заживления сердечной мышечной ткани существенную роль играет система цинкзависимых ферментов – матриксных металлопротеиназ (ММР) и их ингибиторов (TIMP). В контрольной группе TIMP 2 обнаруживался в интерстиции миокарда в эндомизии, в цитоплазме гистиоцитов или фибробластов (↑).

В опытной группе 1, где применяли адреналин с глицирризиновой кислотой, TIMP 2⁺ клетки выявлялись в интерстиции миокарда в зоне ремоделирования, а также концентрировались возле кровеносных сосудов. В опытной группе 2, где применяли адреналин, TIMP 2⁺ клетки выявлялись в единичных количествах в периваскулярном пространстве (↑).

При исследовании TIMP 2⁺ клеток выявлено, что в опытной группе 1 их количество увеличивалось по сравнению с контролем в 27,5 раза. В опытной группе 2 численность данных клеток практически не отличалась от контрольной группы. Следовательно, глицирризиновая кислота стимулирует в миокарде выраженность клеток TIMP 2⁺. TIMP-2 обладает свойствами, присущими всем TIMPs, ингибирующим MMPs, формируя нековалентные комплексы с активными ферментами. Помимо этого, известна роль семейства TIMP оказывать антиапоптотический эффект, тем самым способствовать росту и выживаемости тканеспецифичных клеток [8]. Поэтому высокое содержание TIMP-2 в

опытной группе 1 указывает на гистопротекторный эффект в поврежденном миокарде, вызванный использованием ГК. Известно, что металлопротеиназы и их ингибиторы секретируются клетками соединительной ткани, где ключевыми участниками являются в том числе и макрофаги [12]. Они являются полиморфной клеточной популяцией, фенотип которых определяется сигналами микроокружения. В опытной группе 1 после использования глицирризиновой кислоты TIMP-2 стимулирует выраженность стромальными или воспалительными клетками. В связи с этим, помимо кардиопротекторного эффекта TIMP-2, не отрицается роль клеточного кардиомиогенеза. Следовательно, кардиомиогенез в опытной группе 1 происходит за счет антиапоптотического эффекта, клеточной и внутриклеточной регенерации – гипертрофии кардиомиоцитов, что гораздо предпочтительнее рубца.

Выводы. Применение глицирризиновой кислоты оказывало положительное влияние на гистологическую картину миокарда крыс. Профилактическое применение глицирризиновой кислоты крысам в течение 14 дней в дозе 50 мг/кг предотвращало гистологические изменения в миокарде, характерные для начальной стадии некроза кардиомиоцитов у крыс с адреналиновой нагрузкой (4 мг/кг). Установлено, что глицирризиновая кислота обладает кардиопротекторным и антиапоптотическим действием.

Библиографический список

1. Вебер, В.Р. Воздействие больших и малых доз адреналина на ремоделирование миокарда левого и правого желудочков сердца крыс линии Вистар в хроническом эксперименте [Текст] / В.Р. Вебер, М.П. Рубанова, П.М. Губская, В.Е. Карев, С.В. Жмайлова, М.Е. Евсеев // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 10-2. С. 258–264.
2. Перфилова, В.Н. Кардиопротекторные свойства нового производного глутаминовой кислоты при стрессорном воздействии [Текст] / В.Н. Перфилова, В.М. Берестовицкая, О.С. Васильева // *Экспер. и клин. фарм.* 2014. Т. 77. № 9. С. 13–17.
3. Сулейманова, Г.Ф. Возможности получения экологически безопасной продукции животноводства [Текст] / Г.Ф. Сулейманова // *Актуальные проблемы агропромышленного производства (материалы Международной научно-практической конференции, 23–25 января 2013 г., Курск)*. Курск, 2013. С. 298–300.

4. Тюренков, И.Н. Методические рекомендации по доклиническому изучению кардиотонической активности лекарственных средств [Текст] / И.Н. Тюренков, В.Н. Перфилова // *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств*. М.: Гриф и К, 2012. Ч. I. С. 375–384.
5. Чуваев, И.В. Изучение кардиопротекторных свойств препарата гепакардин [Текст] / И.В. Чуваев, С.В. Глотова, А.А. Кудряшов, Ю.В. Ганкина // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2010. № 2. С. 26–33.
6. Чуваев, И.В. Оптимизация адреналиновой модели инфаркта миокарда на крысах [Текст] / И.В. Чуваев, С.В. Глотова // *Эффективные и безопасные лекарственные средства в ветеринарии. Материалы Всероссийского съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов*. СПб., 2009. С. 28–31.
7. Шакирова, Г.Р. Морфологические изменения в миокарде крыс при интоксикации

гербицидом и коррекции [Текст] / Г.Р. Шакирова, Н.А. Муфазалова, С.М. Шакирова // Успехи современного естествознания. Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2009. № 2. С. 20–21.

8. Adamcová M., Potáčová A., Popelová O. et al. Cardiac remodeling and MMPs on the model chronic daunorubicin – induced cardiomyopathy in rabbit. *Physiol. Res.* 2010; 59: 831–836.

9. Anversa P., Kajstura J., Rota M., Leri A. Regenerating new heart with stem cells. *J Clin Invest.* 2013. 123 (1): P. 62–70.

10. Kim W.U., Min S.Y., Cho M.L. et al. Elevated matrix metalloproteinase-9 in patients with systemic sclerosis Arthritis. *Res Ther.* 2005; 7 (1): P. 71–79.

11. Lluri G., Langlois G.D., Soloway P.D. et al. Tissue inhibitor of metalloproteinase-2 (TIMP-2) regulates myogenesis and beta1 integrin expression in vitro. *Exp. Cell Res.* 2008; 314: P. 11–24.

12. Valente P., Fassina G., Melchiori A. et al. TIMP-2 over-expression reduces invasion and angiogenesis and protects B16F10 melanoma cells from apoptosis. *Int. J. Cancer* 1998; 75: P. 246–253.

Сведения об авторах

1. **Гатиятуллин Ильдар Рафисович**, аспирант кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: gatiy-irina@yandex.ru.

2. **Базекин Георгий Вячеславович**, кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 228-08-57, e-mail: george.bazekin@rambler.ru.

3. **Чудов Иван Владимирович**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 228-08-57.

В работе представлены экспериментальные данные о влиянии глицирризиновой кислоты на миокард белых крыс при использовании адреналиновой модели поражения миокарда. Уста-

новлено, что глицирризиновая кислота обладает кардиопротекторным и антиапоптотическим свойством.

I. Gatiyatullin, G. Bazekin, I. Chudov

MORFOFUNCTIONAL ASSESSMENT OF A MYOCARDIUM OF WISTAR LINE RATS WHEN USING GLYCYRRHIZIC ACID

Key words: rats; myocardium; glycyrrhizic acid; adrenaline; cardiomyocytes; karyokinesis; cardioprotector; antiapoptotic effect.

Authors' personal details

1. **Gatiyatullin Ildar**, Post-graduate student, the department of morphology, pathology, pharmacy and noncontagious diseases, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-let Octyabrya St., 34, e-mail: gatiy-irina@yandex.ru.

2. **Bazekin George**, Candidate of biological sciences, associate professor of the department of morphology, pathology, pharmacy and noncontagious diseases, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-let Octyabrya St., 34, phone: +7 (347) 228-08-57, e-mail: george.bazekin@rambler.ru.

3. **Chudov Ivan**, Doctor of biological sciences, professor of the Morphology, Pathology, Pharmacy and Non-Contagious Diseases department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Octyabrya St., 34, phone: +7 (347) 228-08-57.

The paper presents experimental data on influence of glycyrrhizic acid on a myocardium of white rats when using adrenergic model of myocar-

dium damage. Glycyrrhizic acid is found to have cardioprotecting and antiapoptotic properties.

© Гатиятуллин И.Р., Базекин Г.В., Чудов И.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕТОСПОРИНА И ВИТАМЭЛАМА ПРИ ГНОЙНО-НЕКРОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ В ОБЛАСТИ ПАЛЬЦЕВ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Ключевые слова: коровы; крупный рогатый скот; пробиотики; гнойно-некротический; выбраковка; конечности; язва.

Введение. В удовлетворении потребностей населения страны проблема обеспечения продуктами питания собственного производства имеет первостепенное значение. Однако интенсификация производства животноводства на фоне неблагоприятных условий содержания, несбалансированного кормления приводит к нарушению метаболических процессов, способствует развитию общей патологии организма животных в период их хозяйственного использования и возникновения различных заболеваний. Следствием этого является снижение продолжительности производственной эксплуатации коров, которая ограничивается 5–6 годами и не превышает 2–3 лактации [10]. Главными причинами выбраковки животных по-прежнему остаются болезни. Они представляют самую серьезную проблему в современном животноводстве. Огромные экономические потери, часто сопоставимые со стоимостью производимой продукции, связаны не только с затратами на ветеринарное обслуживание, но и со снижением продуктивности, ранней выбраковкой, замедлением генетического прогресса. Основные причины ранней выбраковки – болезни воспроизводства (21 % по структуре заболеваемости), маститы (18 %), болезни конечностей (13 %) [2–9]. В рамках ЕС исследования, затраты и убытки из-за хромоты коров оцениваются суммой 1,1 млрд евро ежегодно. Эти расчеты включают не только прямые затраты на лечение (обслуживание, обработка и лечение копыт) или ремонт стада в результате тотальных потерь, но и не прямые затраты в связи с уменьшением молочной продуктивности (360–1500 кг /хромая корова/ 305 дней лактации), нарушением плодовитости (продление сервис-периода в среднем на 28 дней), затраты на рабочую силу по уходу за хромыми животными, потери в результате выбраковки истощенных животных. При ежегодном отходе от выбраковки 10–15 % были отбракованы в результате заболеваний копыт и хромоты [1].

Цель исследований. Выявить клинико-морфологические и иммунологические изменения при заболеваниях в области пальцев у

крупного рогатого скота на фоне применения Ветоспорина и Ветамэлама.

Материал и методы исследований. Эксперименты проводили на молочно-товарной ферме ООО «Урал Агро» Уфимского района Республики Башкортостан. Исследования были проведены на 2 группах ($n = 10$) коров голштинно-фризской породы местной селекции с гнойно-некротическими процессами в области пальцев. Животным опытной группы Ветоспорин в виде суспензии выпаивали утром до кормления в течение 7 дней в дозе 80 мл, Ветамэлам вводили внутримышечно в дозе 20 мл трехкратно, через день, первое введение осуществляли в день первой дачи Ветоспорина. Животным контрольной группы препараты не применяли. Исследования крови проводили за, через 10 дней, 2, 3 недели и через месяц после применения Ветоспорина и Ветамэлама. Для местного лечения животных опытной и контрольной групп применяли присыпку по прописи: борная кислота – 2 части; порошок калия перманганата – 1 часть; медный купорос – 2 части + марлевая повязка. Смену повязки проводили через 3–5 дней.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенные гематологические исследования в сравнительном аспекте у здоровых и у больных коров до применения Ветоспорина и Ветамэлама и после их использования в различные сроки показали (таблица 1), что количество лейкоцитов у больных коров было значительно выше, чем у здоровых, в 3,2 раза, после применения препаратов через 10 дней их количество увеличилось еще на 39,0 %, в последующие сроки отмечалось только их снижение. Количество эритроцитов у больных коров было выше на 3,7 %, чем у здоровых, после применения препаратов через 2 недели отмечалось их резкое снижение на 33,3 %, в последующие сроки их уровень до конца исследований только повышался. Содержание гемоглобина у больных коров по сравнению со здоровыми было ниже на 5,9 %, через 10 дней после применения препаратов их уровень соответствовал уровню здоровых коров, через 2 недели после

применения отмечалось их резкое снижение по сравнению с предыдущим сроком исследований на 32,5 %, в последующие сроки уровень гемоглобина только повышался. Средний объем эритроцитов (MCV)Fl у больных коров по сравнению со здоровыми был выше на 29,7 %; применение Ветоспорина и Витамэлама не оказывало существенного влияния на средний объем эритроцитов у больных коров. Количество тромбоцитов у больных коров по сравнению со здоровыми было выше в 2,1 раза; после применения препаратов через 10 дней, 2 недели, 3 недели равномерно снизилось с $280,0 \pm 28,74$ до $145,8 \pm 15,99$, а через месяц уже приблизилось к исходным показателям: $288,4 \pm 16,11$. Уровень содержания гематокрита, содержание гемоглобина в крови (MCH)pg, концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC)g/L, анизоцитоз, пойкилоцитоз, СОЭ у больных коров свидетельствуют о развитии патологического процесса в их организме.

Проведенными иммунологическими исследованиями установлено, что показатели больных и здоровых коров имеют существенные различия. Значительные изменения они претерпевают у больных коров после применения Ветоспорина и Витамэлама, что свидетельствует о положительной динамике показателей после

применения этих препаратов (таблица 2). Так, количество лимфоцитов у больных коров по сравнению с здоровыми повышено на 15 %, через 10 дней после применения препаратов у больных коров количество их увеличивается еще на 25 %, в последующие сроки исследования уровень их только снижается.

Через месяц после применения препаратов показатели приближаются к уровню здоровых коров. Количество Т-лимфоцитов у больных коров по сравнению со здоровыми понижено на 7,2 %, через 10 дней после применения препаратов их уровень у больных коров повышается на 12 %, в последующие сроки исследований количество Т-лимфоцитов только снижается и через 3 недели составляет $51,0 \pm 4,96$, а через месяц по сравнению с предыдущим сроком исследований – повышается на 15,9 %. Уровень иммуноглобулинов А, М, G, Е больных коров достоверно превышает данные показатели у здоровых животных. Через 10 дней после применения Ветоспорина и Витамэлама уровень иммуноглобулинов А, М, G, Е больных коров достоверно увеличивается по сравнению с показателями до применения препаратов, но уже через 2 недели уровень указанных иммуноглобулинов у больных коров начинает снижаться, этот процесс продолжается и через 3 недели.

Таблица 1 Биохимические показатели у больных коров после применения Ветоспорина и Витамэлама

№ п/п	Показатель	Срок исследований				
		до применения	через 10 дней	через 2 недели	через 3 недели	через месяц
1	Глюкоза mmol/L	$3,85 \pm 0,04$	$3,88 \pm 0,19$	$3,86 \pm 0,08$	$3,28 \pm 0,05^*$	$3,25 \pm 0,11$
2	Холестерин mmol/L	$5,72 \pm 0,73$	$5,68 \pm 0,28$	$5,49 \pm 0,42^*$	$5,82 \pm 0,25$	$5,9 \pm 0,26^*$
3	Общий белок g/L	$83,2 \pm 1,67$	$81,4 \pm 3,4^*$	$86,4 \pm 2,29^*$	$86,2 \pm 1,07$	$81,0 \pm 1,41^*$
	ALT U/L	$31,0 \pm 2,63$	$32,6 \pm 3,11^*$	$63,2 \pm 8,63^{**}$	$36,4 \pm 1,81^{**}$	$30,0 \pm 3,18^*$
4	AST U/L	$81,6 \pm 5,21$	$107,2 \pm 18,87^*$	$67,0 \pm 7,17^*$	$55,4 \pm 7,28$	$53,8 \pm 5,64$
5	Билирубин общий umol/L	$1,88 \pm 0,06$	$2,36 \pm 0,39^*$	$3,12 \pm 0,27^*$	$5,59 \pm 0,26^{**}$	$5,56 \pm 0,25^*$
6	Мочевая umol/L кислота	$67,42 \pm 1,12$	$55,18 \pm 2,76^*$	$46,96 \pm 6,91^*$	$21,6 \pm 1,36^*$	$17,2 \pm 2,07^*$
7	Мочевина mmol/L	$2,84 \pm 0,14$	$2,68 \pm 0,22$	$2,42 \pm 0,16$	$1,31 \pm 0,18^*$	$1,3 \pm 0,14$

Примечание: статистически значимые отличия от контроля при * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.

Таблица 2 Иммунологические показатели у больных коров после применения Ветоспорина и Витамэлама

№ п/п	Показатель	Сроки исследований					
		Здоровые коровы	Больные коровы				
			до применения	через 10 дней	через 2 недели	через 3 недели	через месяц
1	Лимфоциты (19–39), %	$45,2 \pm 2,89$	$52,00 \pm 5,23^*$	$65,0 \pm 6,25^*$	$47,0 \pm 1,35^*$	$46,4 \pm 1,88$	$46,0 \pm 2,72$
2	Т-Лимфоциты (Е-РОК) (57–67), %	$66,4 \pm 2,31$	$61,6 \pm 0,73^*$	$69,4 \pm 1,38^*$	$54,2 \pm 1,63^*$	$51,0 \pm 4,96$	$59,1 \pm 0,76^*$
3	Фагоциты (50–64)	$65,5 \pm 1,79$	$69,00 \pm 2,18^*$	$71,8 \pm 0,95$	$49,0 \pm 1,54^*$	$52,0 \pm 3,05$	$65,4 \pm 2,09^*$
4	Иммуноглобулин А (1,48–3,78), г/л	$1,34 \pm 0,09$	$1,92 \pm 0,27^*$	$2,04 \pm 0,06^*$	$1,34 \pm 0,12$	$1,32 \pm 0,04$	$1,26 \pm 0,03$
5	Иммуноглобулин М (0,6–1,8), г/л	$1,26 \pm 0,09$	$1,59 \pm 0,08^*$	$2,5 \pm 0,31^*$	$0,84 \pm 0,03$	$0,84 \pm 0,15$	$1,58 \pm 0,19^{**}$
6	Иммуноглобулин G (7,0–16,0), г/л	$11,58 \pm 0,55$	$12,92 \pm 0,8^*$	$20,6 \pm 1,63^*$	$17,5 \pm 3,38^*$	$14,7 \pm 0,64^*$	$14,6 \pm 1,11$
7	Иммуноглобулин Е (0–100), МЕ/мл	$31,4 \pm 1,08$	$63,0 \pm 9,24^{**}$	$80,5 \pm 3,67^*$	$75,2 \pm 1,25^*$	$62,3 \pm 3,45^*$	$46,4 \pm 3,85^*$
8	ЦИК (7–35), Ед	$40,4 \pm 0,65$	$41,8 \pm 2,81$	$37,6 \pm 3,97^*$	$31,6 \pm 2,19^*$	$36,0 \pm 2,76^*$	$43,8 \pm 2,24^*$

Примечание: статистически значимые отличия от контроля при * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.

Снижение уровня иммуноглобулинов А, G, Е у больных коров отмечается и через месяц после применения Ветоспорина и Витамэлама. Уровень иммуноглобулина М через месяц после применения препаратов в 1,9 раза превышает предыдущий показатель исследований ($0,84 \pm 0,15$). Количество циркулирующих иммунных комплексов у больных коров превышает уровень здоровых на 3,5 %, однако через 10 дней и 2 недели после применения препаратов у больных коров их уровень достоверно снижается, но уже через 3 недели и месяц их уровень достоверно повышается на 13,9 % и 38,6 % соответственно.

Проведенные исследования показали, что данный способ применения Ветоспорина и Витамэлама не оказывает существенного влияния на течение внешних клинических признаков гнойно-некротических процессов, не вызывает видимого заживляющего действия на эти процессы. В то же время надо отметить, что состояние гнойно-некротических процессов на фоне применения Ветоспорина и Витамэлама протекает стабильно в неизменной форме, не возникает осложнения течения этих процессов, что в целом говорит об их положительном влиянии в целом на организм больных животных и состояние местного патологического процесса.

Через 1 месяц после применения препаратов у всех больных животных провели расчистку и обрезку копыт, при необходимости проводили диагностическое вскрытие подошвы, убирали все некротизированные ткани основы кожи и язвенных поражений. Пораженную поверхность орошали крепкими растворами анти-

септиков (1–3 % раствор калия перманганата, 3 % раствор перекиси водорода) с последующим осушением стерильными тампонами или салфетками.

При лечении коров местной селекции применяли сложный порошок по следующей прописи: борная кислота – 2 части; порошок калия перманганата – 1 часть; медный купорос – 2 части + марлевая повязка. Смену повязки проводили через 3–5 дней.

Проведенные исследования показали, что лечение больных коров на фоне применения Ветоспорина и Витамэлама с гнойно-некротическими поражениями позволяет сократить сроки лечения на 4–5 дней и количество обработок – с 3 до 2-х.

Выводы. Применение Ветоспорина и Витамэлама в указанной форме не оказывает непосредственного заживляющего действия гнойно-некротических процессов в области пальцев у крупного рогатого скота, в то же время способствует стабильному течению этих процессов на период до одного месяца, профилактирует вторичные осложнения. Установленная динамика клинических и лабораторных исследований у больных животных указывает, что на фоне применения Ветоспорина и Витамэлама повязки со сложным бактериостатическим порошком способствуют улучшению регенеративно-восстановительных и ускорение заживления гнойно-некротических процессов в области пальцев у крупного рогатого скота на 4–5 дней, сокращает количество обработок с 3 до 2-х по сравнению с коровами, которым данные препараты не применяли.

Библиографический список

1. Бенц, Б. Хорошее здоровье копыт в коровнике с беспривязным содержании [Текст] / Б. Бенц // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2012. № 1. С. 28–29.
2. Гимранов, В.В. Состояние иммунного статуса у крупного рогатого скота [Текст] / В.В. Гимранов, И.З. Юсупов // Известия Оренбургского ГАУ. 2011. Т. 2. № 30-1. С. 81–82.
3. Гимранов, В.В. Влияние пробиотика «Ветоспорин» на иммунобиологические показатели у бычков / В.В. Гимранов, Н.В. Фесенко, Р.Р. Вахитов // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития АПК: материалы междунар. науч.-практич. конф. в рамках XXIII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2013». Часть 1. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. С. 164–166.
4. Ермолаев, В.А. Этиология, распространение заболеваний копыт крупного рогатого

- скота в зимне-стойловый период [Текст] / В.А. Ермолаев, Е.М. Марьин, Ю.В. Савельева // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы междунар. науч.-практич. конф. Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2009. № 3. С. 80–81.
5. Ермолаев, В.А. Болезни копыт у коров [Текст] / В.А. Ермолаев, Е.М. Марьин, В.В. Идогов, Ю.В. Савельева // Уч. записки Казанской ГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2010. Т. 203. С. 114–118.
6. Кочнев, Н.Н. Повышение продуктивного долголетия коров в условиях молочного комплекса [Текст] / Н.Н. Кочнев, В.Н. Дементьев, В.Г. Маренков // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 48–50.
7. Марьин, Е.М. Исследование клинических и гематологических показателей у коров

с язвенными дефектами в области копыт [Текст] / Е.М. Марьин, В.А. Ермолаев, В.К. Яков, О.Н. Марьина // Вестник Ульяновской ГСХА. 2013. № 4 (24). С. 72–75.

8. Руколь, В.М. Профилактика и лечение коров при болезнях конечностей [Текст] / В.М. Руколь, А.А. Стекольников // Ветеринария. 2011. № 11. С. 50–53.

9. Руколь, В.М. Использование комплексного пробиотического препарата «Ветоспорин»

при гнойно-некротических заболеваниях [Текст] / В.М. Руколь // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2011. № 1. С. 32–34.

10. Самбулов, Н.В. Возрастная характеристика обменных процессов и иммунный статус у высокопродуктивных коров [Текст] / Н.В. Самбулов, Ал.А. Евлевский, Л.А. Кузнецова // Вестник Курской ГСХА. 2013. № 7. С. 58–60.

Сведения об авторах

1. **Гимранов Валиян Валиуллович**, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: 8 (347) 228-08-57, e-mail: gim-val@mail.ru.

2. **Вахитов Рушан Ришатович**, аспирант кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: 8 (347) 228-08-57, e-mail: rushan_vahitov@mail.ru.

В статье приведены данные о результатах применения Ветоспорина и Витамэлама при гнойно-некротических процессах в области пальцев у крупного рогатого скота, выявлено их положительное влияние на клинические, гематологические и иммунологические показатели у животных. Установлено, что на фоне

применения Ветоспорина и Витамэлама повязки со сложным бактериостатическим порошком способствуют улучшению регенеративно-восстановительных и ускорению заживления гнойно-некротических процессов в области пальцев у крупного рогатого скота на 4–5 дней, сокращают количество обработок с 3 до 2-х.

V. Gimranov, R. Vakhitov

APPLYING VETOSPORIN AND VITAMELAM TO CURE PURULONECROTIC PROCESSES AROUND THE CATTLE'S HOOF

Key words: cows; cattle; probiotics; purulonecrotic; culling; limbs; ulcer.

Authors' personal details

1. **Gimranov Valiyan**, Doctor of veterinary sciences, professor of the Morphology, pathology, pharmacy and non-contagious diseases department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, phone: 8 (347) 228-08-57; e-mail: gim-val@mail.ru.

2. **Vakhitov Rushan**, Post-graduate student of the Morphology, pathology, pharmacy and non-contagious diseases department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, phone: 8 (347) 228-08-57, e-mail: rushan_vahitov@mail.ru.

The paper reveals the data on Vetosporin and Vitamelam application to cure purulonecrotic processes around the hoof of the cattle, their positive influence on clinical, hematologic and immunological indices of animals. In terms of Vetosporin and Vitamelam application, bandages with complex

bacteriostatic powder turned to promote better regeneration-restoration and accelerated healing of purulonecrotic processes around the hoof of the cattle for 4–5 days. The number of treatments reduced from 3 to 2 as compared to the cows that weren't used these preparations.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЖНО-ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА БЫЧКОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ И ОБРАКСКОЙ ПОРОД

Ключевые слова: порода; кожно-волосняной покров; шкура; акклиматизация; качество.

Введение. Общеизвестно, что перспективными являются животные тех пород крупного рогатого скота, от которых в различных условиях внешней среды получают больше высококачественного мяса при минимальных затратах кормов, труда и средств [1, 6, 8]. Наряду с изучением интенсивности роста молодняка, показателей его мясной продуктивности, воспроизводительной способности маток при изучении акклиматизации животных большое значение придаётся количественным и качественным показателям кожного и волосяного покрова [2, 5, 7]. По состоянию кожного покрова судят о состоянии здоровья животных, направлению продуктивности, а также об адаптационных и акклиматизационных способностях животных в новых условиях внешней среды [3]. Значение изучению кожного покрова животных придают при пороодоиспытании животных, а также при исследовании акклиматизационных способностей животных в новых условиях их разведения.

В последние годы наблюдается рост импорта мясного скота зарубежной селекции, хотя их акклиматизационные способности пока ещё изучены недостаточно. В связи с этим **целью наших исследований** явилось изучение изменчивости кожно-волосяного покрова в связи с акклиматизацией животных породы обрак в новых условиях внешней среды.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований были отобраны две группы 6-месячных бычков симментальской и обракской пород по 12 голов в каждой, которых интенсивно выращивали до 19,5 мес. при круглогодичном беспривязном содержании. Образцы волос отбирали у 3-х животных из каждой группы в контрастные периоды года, а исследование показателей шкур проводили после убоя тех же животных в 15,5 и 19,5 мес. Исследования проводили в соответствии с методическими рекомендациями по изучению кожного покрова и качества кожевенного сырья крупного рогатого скота [4]. При статистической обработке цифровых данных использовали метод вариационной статистики.

Результаты исследований. В процессе эволюции кожа и её производные формировались и закреплялись в генотипе животных, в первую очередь, как защитные органы. Воло-

сяному покрову принадлежит терморегуляторная функция. При акклиматизации организм животного адаптируется к новым условиям внешней среды, что сопровождается изменением в их организме обмена веществ, затрагивая и такой лабильный орган, каким является кожа животного и её производные. Установлено, что бычки обеих групп во все возрастные периоды хорошо росли и развивались. При этом визуально наблюдалось нормальное состояние их волосяного покрова, о чём свидетельствуют данные таблицы 1, из материалов которой следует, что количественные и качественные показатели волосяного покрова зависели как от породной принадлежности животных, так и от сезона года. В зимний сезон масса промытых волос с 1 см² площади кожи у бычков породы обрак была на 2,7 мг (7,7 %) больше, чем у симментальских сверстников. В этот же сезон первые превосходили вторых по длине волос на 5,8 (21,9 %), а по их количеству на единицу площади кожи это преимущество оказалось большим на 6,3 %. Характерно, что эти же показатели в летний период были уже в пользу симменталов, хотя разница оказалась статистически недостоверной. Следовательно, судя по межпородным различиям по массе, длине и густоте волос, в контрастные сезоны года процесс акклиматизации у животных обракской породы проходил удовлетворительно.

Одним из важных признаков, свидетельствующих об адаптационных способностях животных по сезонам года, является структура волосяного покрова животных (таблица 2).

Установлено, что в летний период при резком изменении температурного фактора волосяной покров животных претерпел значительные изменения, способствующие нормальной терморегуляции организма. В зимний сезон в структуре волосяного покрова преобладал пух, хотя в летний период отмечено больше остевых волос.

При сопоставлении показателей структуры волос между животными обеих групп существенные различия между ними не выявлены, а имеющиеся статистически недостоверны, хотя в относительных величинах у бычков породы обрак в зимний сезон количество переходных волос оказалось больше, чем у симменталов, на

2,0 %, что, на наш взгляд, в большей мере случайность, чем закономерность.

Наряду с этим установлены некоторые межпородные различия по показателю толщины волос, о чём свидетельствуют данные таб-

лицы 3. Выявлено, что у бычков обеих групп наибольшей толщиной отличался остовый волос, значительно ниже был средний диаметр переходных волос, а наименьшим показателем изучаемого признака характеризовался пух.

Таблица 1 Масса, длина и густота волосяного покрова бычков по сезонам года

Показатель	Сезон года	Порода			
		Обрак		Симментал	
		M ± m	Cv	M ± m	Cv
Масса волос до промывки, мг	Зима	42,0 ± 2,92	9,86	40,01 ± 4,60	16,25
	Лето	30,6 ± 3,79	25,95	22,9 ± 3,48	21,52
Масса волос после промывки, мг	Зима	37,6 ± 3,92	14,75	34,9 ± 4,54	18,38
	Лето	15,6 ± 1,79	16,18	20,0 ± 2,59	18,31
Длина волос, мм	Зима	32,3 ± 4,89	21,41	26,5 ± 0,81	4,34
	Лето	12,0 ± 1,68	19,85	12,7 ± 0,85	9,50
Количество волос на 1см ² площади кожи, шт.	Зима	1063,3 ± 40,75	5,42	1002,7 ± 118	16,69
	Лето	498,0 ± 0,61	11,53	518,3 ± 13,86	3,78

Таблица 2 Структура волосяного покрова, %

Структура волос	Сезон года	Порода			
		Обрак		Симментал	
		M ± m	Cv	M ± m	Cv
Ость	Зима	18,3 ± 3,40	26,25	18,5 ± 0,33	2,50
	Лето	46,8 ± 2,96	8,93	45,2 ± 3,11	9,72
Переходный волос	Зима	24,2 ± 0,88	5,13	22,0 ± 0,75	4,79
	Лето	35,2 ± 1,34	3,36	35,0 ± 2,34	9,43
Пух	Зима	57,5 ± 3,50	8,62	59,5 ± 8,84	1,99
	Лето	18,0 ± 1,89	14,85	19,9 ± 1,80	12,80

Таблица 3 Диаметр волос кожного покрова бычков по сезонам года, мкм

Показатель	Сезон года	Порода			
		Обрак		Симментал	
		M ± m	Cv	M ± m	Cv
Ость	Зима	67,4 ± 1,93	4,06	63,8 ± 7,38	16,35
	Лето	73,1 ± 3,38	6,54	76,0 ± 4,40	8,18
Переходный волос	Зима	37,7 ± 0,21	0,79	37,0 ± 3,44	12,75
	Лето	43,2 ± 3,22	10,55	45,3 ± 2,09	6,51
Пух	Зима	28,0 ± 2,90	14,63	27,4 ± 3,08	13,88
	Лето	31,4 ± 1,33	6,09	32,0 ± 1,17	5,17

Таблица 4 Характеристика шкур бычков

Показатель	Возраст, мес.	Порода			
		Обрак		Симментал	
		M ± m	Cv	M ± m	Cv
Масса парной шкуры, кг	15,5	36,8 ± 2,34	9,0	36,93 ± 2,90	11,1
	19,5	48,6 ± 0,36	1,06	45,6 ± 1,79	5,56
Выход шкуры, %	15,5	8,85 ± 0,71	11,34	9,41 ± 0,40	5,99
	19,5	8,89 ± 0,16	2,52	8,49 ± 0,05	0,88
Площадь шкуры, дм ²	15,5	372,82 ± 18,30	6,9	358,21 ± 14,14	5,60
	19,5	413,25 ± 2,92	1,0	387,58 ± 6,24	2,30
Толщина шкуры, мм:	на воротке	15,5	5,36 ± 1,07	5,85 ± 0,62	7,50
		19,5	8,14 ± 0,18	7,96 ± 0,58	5,10
	на локте	15,5	5,17 ± 1,08	5,15 ± 0,14	1,94
		19,5	7,00 ± 0,07	5,67 ± 0,25	3,10
	на огузке	15,5	4,85 ± 0,26	5,12 ± 0,36	4,90
		19,5	7,12 ± 0,08	6,40 ± 0,19	2,10
Масса шкуры на 1 дм ² её площади	15,5	98,81 ± 5,67	8,1	102,86 ± 4,04	5,60
	19,5	117,54 ± 1,70	2,0	117,59 ± 3,02	3,60

При этом выявлены и некоторые межпородные различия. Так, у животных породы обрак толщина остового, переходного и пухового волоса оказалась в зимний период больше, чем

соответствующий показатель у симментальских сверстников, хотя в летний сезон наблюдалась совершенно другая ситуация, свидетельствующая уже о небольшом преимуществе по

названным показателям в пользу последних. Можно предположить, что в зимний сезон процесс акклиматизации животных породы обрак в изменившихся условиях внешней среды проходил с несколько большим напряжением физиологических функций, чем у симменталов, хотя, судя по тем же показателям, в летний период этого не наблюдалось.

Одним из важных факторов, влияющих на качество кожевенного сырья, является адаптационная пластичность животных той или иной породы в конкретных условиях внешней среды. Количественные и качественные показатели шкур животных породы обрак представляли интерес в связи с их акклиматизацией (таблица 4). Установлено, что от бычков обеих групп в возрасте 15,5 и 19,5 мес. получено тяжёлое кожевенное сырьё. При этом выявлены и некоторые межпородные различия. Так, в возрасте 19,5 мес. масса парной шкуры бычков породы обрак оказалась больше, чем у симментальских сверстников, на 3 кг, или 0,6 % ($P > 0,95$).

Одним из важных показателей является величина площади шкуры, которая в возрасте 15,5-месячных бычков была более 300 дм². Преимущество по данному признаку в оба воз-

растных периода было в пользу бычков породы обрак. Однако в связи со значительными индивидуальными отклонениями изучаемого показателя разница между 15,5-месячными животными оказалась статистически не достоверной. В 19,5 мес. площадь шкуры бычков породы обрак была больше, чем у симменталов, на 25,7 дм² и 6,6 % ($P > 0,95$).

Шкуры 15,5- и 18,5-месячных бычков обеих пород характеризовались относительной равномерностью толщины по топографическим участкам и отвечали стандарту для выработки подошвенных и технических кож. Вместе с тем определённой закономерности по изменению толщины шкуры между животными подопытных групп в связи с их возрастом не установлено.

Выводы. У акклиматизируемых и симментальских бычков сезонные изменения количественных и качественных признаков кожно-волосного покрова в конкретных условиях внешней среды проходили в соответствии с общей закономерностью изменчивости изучаемого признака в контрастные сезоны года, что является одним из подтверждений нормально протекающего процесса акклиматизации животных породы обрак.

Библиографический список

1. Заднепрятский, И.П. Мясные качества бычков обракской, симментальской и чёрнопёстрой пород в условиях Центрального Черноземья [Текст] / И.П. Заднепрятский // Вестник Башкирского госагроуниверситета. 2017. № 2. С. 46–49.
2. Позднякова, В.Ф. Морфологическое строение волосного покрова лимузинской породы при содержании на открытой площадке в зимний и летний периоды [Текст] / В.Ф. Позднякова, Т.С. Куклина, И.А. Поздняков // Вестник Костромского государственного университета Н.А. Некрасова. 2014. Т. 20. № 3. С. 40–42.
3. Заднепрятский И.П. Морфологические особенности кожного покрова и качество кожевенного сырья скота различных мясных пород [Текст] / И.П. Заднепрятский, Г.И. Кульчумова // Сельскохозяйственная биология. 1985. № 10. С. 79–83.
4. Заднепрятский, И.П. Методические рекомендации по изучению кожного покрова и качества кожевенного сырья крупного рогатого скота [Текст] / Г.И. Кульчумова, И.П. Заднепрятский. Оренбург: ВНИИМС, 1988. 32 с.
5. Бахарев, А.А. Особенности волосного покрова мясных пород скота в условиях Северного Зауралья [Текст] / А.А. Бахарев // Аграрный вестник Урала. 2011. № 12–2. С. 8–9.
6. Косилов, В.И. Использование лимузинского, симментальского и бестужевского скота в мясном скотоводстве [Текст]: монография / В.И. Косилов, И.П. Заднепрятский, А.А. Салихов. Оренбург: Газпромпечат; Газпром-сервис, 2013. 313 с.
7. Тагиров, Х.Х. Особенности развития волосного покрова бычков бестужевской породы и её двух- и трёхпородных помесей [Текст] / Х.Х. Тагиров, А.А. Ким, И.В. Миронова // Ветеринарное дело. 2010. № 1 (1). С. 52–53.
8. Заднепрятский, И.П. Использование лучшего мирового генофонда в мясном скотоводстве [Текст] / И.П. Заднепрятский, В.А. Швынденков // Молочное и мясное скотоводство. 1999. № 5. С. 7–9.

Сведения об авторе

Заднепрятский Иван Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общей и частной зоотехнии, Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: dnepr-1939@mail.ru.

В статье изложены результаты сравнительной оценки кожно-волосного покрова бычков породы обрак французской селекции и сверстников-симменталов отечественной популяции при их выращивании до 19,5-месячного возраста в условиях Центрального Черноземья. Существенных различий между животными обеих пород по

структуре волосного покрова, диаметру волос, их массе, длине и густоте, а также по массе, выходу и толщине шкур в возрасте 15,5 и 19,5 мес. не выявлено. Эти материалы, наряду с другими, являются подтверждением успешно протекающей акклиматизации животных породы обрак в зоне Центрального Черноземья.

I. Zadneprianskiy

COMPARATIVE ASSESSMENT OF SKIN AND HAIR OF SIMMENTAL AND OBRAC BULLS

Key words: *breed; skin and hair; cattlehide; acclimatization; quality.*

Authors' personal details

Zadneprianskiy Ivan, Doctor of agricultural sciences, professor of the General and private animal science department, Belgorod state agricultural university named after V.Ya. Gorin, Russia, 308503, Belgorod region, Maiskii settlement, Vavilov St., 1, e-mail: dnepr-1939@mail.ru.

The paper presents the results of a comparative assessment of skin and hair of French Obrak and Russian Simmental bulls being grown up to 19,5 months in conditions of the Central Black Soil zone. No significant differences between animals of both breeds in hair structure, diameter, weight,

length and density as well as cattlehide weight, output and thickness at the age of 15,5 and 19,5 months were found. These materials along with other data prove successful acclimatization of Obrak cattle in the Central Black Soil zone.

© Заднепрянский И.П.

УДК 636.082:636.084.1

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-79-84

Ф.Г. Каюмов, Н.П. Герасимов, Р.Ф. Третьякова

РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ БЫЧКОВ КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ И ЕЁ ПОМЕСЕЙ С КРАСНЫМ АНГУССКИМ СКОТОМ АМЕРИКАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ФОНЕ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ КОРМЛЕНИЯ

Ключевые слова: *калмыцкая порода; красный ангус; помеси; племенная ценность; уровень кормления; отбор.*

Введение. Племенная ценность мясного скота реализуется на фоне воздействия факторов кормления, содержания в конкретных природно-климатических условиях [2–3, 5, 12, 13]. При этом фенотип животного не в полной мере характеризует его генетический потенциал. Изменение в системе паратипических факторов окажет модифицирующее воздействие на варибельность признаков отбора, спектр которой зависит от адаптационной пластичности организма животных. В связи с этим величина племенной оценки мясного скота и его категории (улучшатель и ухудшатель) обуславливается в большей степени уровнем приспособленности

животного к условиям выращивания [7–9]. Среди многочисленных факторов внешней среды, оказывающих влияние на формирование мясной продуктивности скота, главная роль отводится уровню кормления [6, 10, 15]. Установлено, что использование питательных веществ и энергии корма у особей различной племенной ценности неодинаково и определяется интенсивностью метаболических процессов в их организме [4, 11].

Целью исследований являлось проведение испытания по собственной продуктивности калмыцких бычков и помесного потомства от быков-производителей породы красный ангус

американской селекции I и II поколений на фоне разного уровня кормления для более достоверной оценки племенной ценности.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в ООО «Агрофирма Адучи» Целинного района Республики Калмыкия в двух параллельно организованных опытах на трёх группах (по 40 голов каждая) бычков. Подопытные группы комплектовали из новорожденного молодняка: I группа – чистопородные бычки калмыцкой породы, II группа – помесное потомство 1^{го} поколения красный ангус × калмыцкая, III группа – помесные бычки 2^{го} поколения красный ангус × калмыцкая. Первый опыт включал испытание по собственной продуктивности бычков при интенсивном уровне кормления. Второй опыт проведён на животных – аналогах по происхождению при умеренном уровне кормления. Испытание по собственной продуктивности бычков проводили с 8- до 15-месячного возраста [1]. Породные группы бычков разделяли на подгруппы после отъёма от матерей в соответствии с разной интенсивностью кормления. Таким образом, первый опыт проведён на 3 группах (n = 20 гол.) при интенсивном уровне рациона, второй опыт – на 3 группах аналогов по происхождению (n = 20 гол.) при умеренном рационе.

Рационы балансировались по возрастным периодам в зависимости от сезона года и запланированного уровня интенсивности кормления из кормов собственного производства. Так, при интенсивном уровне бычки после отъёма до 12 месяцев получали сено разнотравное 10 кг, солому 2 кг, концентрированные корма 3 кг. Возрастной период 13–15 мес. совпал с весенне-летним сезоном года, при котором практиковали технологию нагула животных. На этом этапе основным кормом являлась трава естественных пастбищ с подкормкой концентратами в количестве 2 кг. При умеренном уровне кормления сокращение питательности рационов осуществлялось за счёт концентрированных кормов. Так, в период с 8 до 12 мес. молодняк получал рацион, по составу идентичный своим аналогам первого опыта, только дачу концентратов снизили до 1,5 кг на голову в сутки. При нагуле подопытный молодняк умеренного кормления дополнительную подкормку концентратами не получал.

Анализ экспериментального материала проводили при использовании методов вариационной статистики [14] с применением программы «Excel» с обработкой данных в «Statistica 6.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты исследования. Проведение испытания по собственной продуктивности бычков разных генотипов при интенсивном

уровне кормления показало преимущество помесного молодняка II поколения по величине живой массы к концу контрольного периода (таблица 1). Вследствие чего они оценены максимальным индексом, превосходя чистопородных сверстников на 11,3 %, а полукровных аналогов – на 2,8 %. Однако наибольшая дифференциация испытуемых групп бычков наблюдалась по рангу среднесуточного прироста за период с 8- до 15-месячного возраста. При этом минимальным индексом были оценены чистопородные животные, которые уступали молодняку комбинированных генотипов на 11,0–16,3 %.

Обеспечение подопытным бычкам полноценного уровня кормления способствовало развитию гармоничного телосложения и хорошо заполненных мускулатурой статей экстерьера, а средняя оценка мясных форм составляла 53,8 балла. Калмыцкие бычки уступали помесным сверстникам по величине изучаемого показателя главным образом за счёт слабого развития задней трети туловища. Прилитие крови красных ангусов американской селекции ожидало исправило этот недостаток, характерный для калмыцкого скота. Увеличение доли крови животных импортного происхождения в генотипе животных III группы обеспечило им лидерство по балльной оценке мясных форм – превосходство чистопородных сверстников на 4,9 балла (9,57 %). Идентичный ранг распределения подопытного молодняка наблюдался по выраженности типа телосложения. Причиной этого являлись межгрупповые различия по росту периферического отдела скелета. Помесные бычки превосходили чистопородных аналогов по высоте в крестце на 2,1–3,2 см (1,73–2,64 %). Минимальным индексом за выраженность экстерьера и телосложения оценены калмыцкие животные, уступившие сверстникам с комбинированной наследственностью на 2,4–4,8 %.

В итоге проведение испытания бычков различных генотипов при интенсивном уровне кормления зафиксировало преимущество помесных бычков II поколения по средней величине комплексного индекса.

При этом их превосходство относительно чистопородных аналогов достигало 10,4 %. Потомство ангусских быков-производителей I поколения характеризовалось промежуточным показателем итоговой оценки с опережением бычков калмыцкой породы на 6,7 %. Вариант испытания по собственной продуктивности молодняка в условиях ограниченного рациона повлиял на сужение размаха межгрупповой изменчивости по селекционируемым признакам, что сказалось на величине отдельных селекционных индексов в разрезе групп. Так, при ин-

дексации живой массы в 15-месячном возрасте превосходство помесей II поколения красной ангусской породы сократилось относительно сверстников до 2,7–7,9 %. Схожая динамика селекционного индекса наблюдалась при оценке среднесуточного прироста за период контрольного выращивания, разница между молодняком изучаемых генотипов уменьшилась до 3,9–7,9 % в пользу бычков III подопытной группы. Однако наиболее значительно изменение в интенсивности и полноценности рационов кормления отразилось на показателях прижизненной оценки мясных форм и оценки экстерьера и телосложения. По этим параметрам наблюдалась смена ранга распределения животных разного происхождения. При этом лидерство по изучаемым селекционным признакам перешло к помесям I поколения. Так, их преимущество относительно аналогов по индексу оценки мясных форм достигало 0,6–3,8 %. Более существенное превосходство полукровного генотипа отмечалось при оценке экстерьера и телосложения – 1,7–5,9 %. Хотя первенство по высоте в крестце и выраженности типа телосложения оставалось за помесями II поколения, преимущество по этим показате-

лям составляло 1,3–3,4 см (1,06–2,82 %) и 0,1–0,8 балл (1,02–8,79 %) соответственно. Наблюдаемое рассогласование в поведении изменчивости балльной характеристики экстерьера и телосложения при умеренном уровне кормления, по нашему мнению, объясняется относительно сильной зависимостью наиболее продуктивного генотипа от факторов, способствующих реализации генетического потенциала, а также субъективностью визуальной оценки внешнего вида особей. Так, при хорошем развитии костяка у помесных животных II поколения отмечалась относительно слабая выполненность мускулатурой статей экстерьера. Следует отметить, что минимумом по всем селекционным индексам характеризовались чистопородные бычки. Таким образом, проведение испытания по собственной продуктивности в условиях умеренного кормления значительно повлияло на размах дифференциации породных групп по комплексному индексу. Помеси II поколения подтвердили свою максимальную среднюю итоговую оценку по результатам контрольного выращивания при ограниченном рационе, хотя их превосходство сократилось до 1,1–5,8 %.

Таблица 1 Оценка племенной ценности бычков калмыцкой породы и ее помесей с красными ангусами при разном уровне кормления

Группа	Живая масса в возрасте			Среднесуточный прирост 8–15 мес.		Прижизненная оценка мясных форм		Оценка экстерьера и телосложения		Комплексный индекс
	8 мес, кг	15 мес								
		кг	индекс	г	индекс	балл	индекс	балл	индекс	
Интенсивный уровень										
I (n = 20 гол.)	197,8 ± 2,24	392,4 ± 4,74	93,4	913,4 ± 19,65	90,9	51,2 ± 0,55	95,2	17,9 ± 0,42	97,6	94,3 ± 1,45
II (n = 20 гол.)	209,9 ± 2,97	427,8 ± 4,94	101,9	1023,2 ± 18,51	101,9	54,0 ± 0,66	100,4	18,4 ± 0,47	100,0	101,0 ± 1,47
III (n = 20 гол.)	210,3 ± 2,74	439,7 ± 5,81	104,7	1077,0 ± 27,34	107,2	56,1 ± 0,91	104,3	18,8 ± 0,37	102,4	104,7 ± 1,80
В среднем (n = 60 гол.)	206,0 ± 1,69	420,0 ± 3,94	100,0	1004,6 ± 15,39	100,0	53,8 ± 0,49	100,0	18,4 ± 0,24	100,0	100,0
Умеренный уровень										
I (n = 20 гол.)	195,5 ± 2,13	372,7 ± 4,31	95,6	831,9 ± 16,24	96,0	50,9 ± 0,47	97,6	17,2 ± 0,62	96,9	96,5 ± 1,68
II (n = 20 гол.)	208,5 ± 2,94	393,1 ± 4,77	100,8	866,4 ± 17,18	100,0	52,8 ± 0,77	101,4	18,3 ± 0,41	102,8	101,2 ± 1,48
III (n = 20 гол.)	211,7 ± 2,59	403,5 ± 4,92	103,5	900,5 ± 21,84	103,9	52,5 ± 0,64	100,8	18,0 ± 0,40	101,1	102,3 ± 1,68
В среднем (n = 60 гол.)	205,3 ± 1,72	389,8 ± 3,13	100,0	866,3 ± 11,16	100,0	52,1 ± 0,38	100,0	17,8 ± 0,28	100,0	100,0

Более наглядно динамику изменчивости комплексного индекса при разном уровне кормления иллюстрирует распределение изучаемого параметра у подопытных бычков (рисунок 1). Так, проведение испытания по собственной продуктивности при умеренном рационе способствовало сосредоточению основного поголовья в диапазоне 95...105 % комплексного индекса, в этом интервале было

сконцентрировано 29 гол. или 48,3 % от общего количества животных. Аналогичный интервал при интенсивном кормлении умещал лишь 17 гол. или 28,3 % особей.

Кроме того, анализ гистограммы свидетельствует о значительной изменчивости комплексного индекса при организации полноценного рациона, а графическое распределение имеет несколько максимумов, относящихся к

разным породным группам подопытных животных. Сужение диапазона вариабельности изучаемого показателя ограничивает возмож-

ности отбора и сдвигает селекционный дифференциал к среднему значению признака.

Рисунок 1
Изменчивость комплексного индекса бычков при испытании по собственной продуктивности при разных уровнях кормления

Выводы. Оценка племенной ценности бычков калмыцкой породы и её помесей I и II поколений с красным ангусским скотом американской селекции, проведённая при разном уровне кормления, показала превосходство комбинированных генотипов независимо от полноценности рационов. Умеренный уровень

кормления оказал лимитирующее воздействие на изменчивость комплексного индекса, что ограничивает возможности селекции.

Исследования выполнены в рамках тематического плана по госзаданию № 0761-2018-0006.

Библиографический список

1. Амерханов, Х.А. Порядок и условия оценки бычков-производителей мясных пород по собственной продуктивности и качеству потомства [Текст] / Х.А. Амерханов, А.М. Белоусов, Ф.Г. Каюмов [и др.]. М., 2013. 28 с.

2. Джуламанов, К.М. Влияние отдельных факторов внешней среды на весовой рост бычков казахской белоголовой породы [Текст] / К.М. Джуламанов // Вестник мясного скотоводства. 2006. Т. 1. № 59. С. 76–79.

3. Джуламанов, К.М. Совершенствование приёмов и методов селекции быков герефордской породы [Текст] / К.М. Джуламанов, М.П. Дубовскова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2007. № 4. С. 86–88.

4. Джуламанов, Е.Б. Трансформация питательных веществ и рационов в мясную продукцию откармливаемых бычков герефордской породы разных типов [Текст] / Е.Б. Джуламанов, Ю.И. Левахин, Г.Н. Урынбаева // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы X Всеросс. конф. молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. 2017. С. 181–182.

5. Дубовскова, М.П. Определение категории быков-производителей по продуктивности потомков в зависимости от метода оценки [Текст] / М.П. Дубовскова, А.М. Белоусов // Вестник мясного скотоводства. 2009. Т. 1. № 62. С. 113–122.

6. Исаков, Р.С. Продуктивность молодняка при различных технологиях содержания [Текст] / Р.С. Исаков, Х.Х. Тагиров, Н.М. Губайдуллин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 147–150.

7. Калашников, Н.А. Оценка быков-производителей по качеству потомства и эффективность использования этого метода [Текст] / Н.А. Калашников, Л.М. Половинко, Ф.Г. Каюмов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (57). С. 83–85.

8. Каюмов, Ф.Г. Селекционно-генетические параметры тёлочек калмыцкой породы Южно-Уральского типа, испытанных по собственной продуктивности [Текст] / Ф.Г. Каюмов, Л.Г. Сурундаева, Л.А. Маевская, В.Н. Черномырдин // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 1 (84). С. 17–21.

9. Каюмов, Ф.Г. Испытание заводского типа «Айта» калмыцкой породы скота на хозяйственно-полезные качества [Текст] / Ф.Г. Каюмов, Н.А. Калашников // Инновационные разработки по импортозамещению в агропродовольственном секторе. Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию Всероссийского НИИ мясного скотоводства. 2015. С. 13–17.

10. Косилов, В.И. Влияние пробиотической кормовой добавки Биогумель 2Г на рост и развитие бычков симментальской породы [Текст] / В.И. Косилов, Е.А. Никонова, Д.С. Вильвер, Н.М. Губайдуллин // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 197–205.

11. Левахин, Ю.И. Переваримость питательных веществ рационов и азотистый обмен у подопытных бычков герефордской породы разных типов телосложения [Текст] / Ю.И. Левахин, Е.Б. Джуламанов, Г.Н. Урынбаева // Вестник мясного скотоводства. 2015. Т. 4. № 92. С. 130–134.

12. Никонова, Е.А. Качественные показатели мяса тёлочек казахской белоголовой породы и её помесей с герефордами [Текст] / Е.А. Никонова, В.И. Косилов // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 193–197.

13. Панин, В.А. Генетические особенности формирования мясной продуктивности бычков-кастратов [Текст] / В.А. Панин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 129–131.

14. Плохинский, Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников [Текст] / Н.А. Плохинский. М.: Колос, 1969. 256 с.

15. Тагиров, Х.Х. Факторы, влияющие на мясную продуктивность молодняка крупного рогатого скота [Текст] / Х.Х. Тагиров, Н.В. Гизатова // Вестник мясного скотоводства. 2009. Т. 2. № 62. С. 164–171.

Сведения об авторах

1. **Каюмов Фоат Галимович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8 (3532) 43-46-76, e-mail: nazkalms@mail.ru.

2. **Герасимов Николай Павлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, e-mail: nick.gerasimov@rambler.ru.

3. **Третьякова Рузия Фоатовна**, специалист ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, e-mail: kserev@mail.ru.

Реализация племенного потенциала продуктивности у мясного скота проходит во взаимодействии с факторами кормления, содержания в конкретных природно-климатических

условиях. Целью исследований являлось провести испытания по собственной продуктивности калмыцких бычков и помесного потомства от быков-производителей породы красный ангус

американской селекции I и II поколений на фоне разного уровня кормления для более достоверной оценки племенной ценности. Работа выполнена в ООО «Агрофирма Адучи» Целинного района Республики Калмыкия в двух опытах на трёх группах бычков. I группа комплектовалась из чистопородных бычков калмыцкой породы, II группа – помесное потомство 1^{го} поколения красный ангус × калмыцкая, III группа – помесные бычки 2^{го} поколения красный ангус × калмыцкая. Первый опыт включал испытание по собственной продуктивности бычков при интенсивном уровне кормления. Второй опыт проведён на животных – аналогах по происхождению при умеренном уровне кормления. Испытание по собственной продуктивности бычков при интенсивном уровне кормления

зафиксировало преимущество помесных бычков II поколения по средней величине комплексного индекса на 3,7–10,4 %. По результатам контрольного выращивания при ограниченном рационе помеси II поколения подтвердили свою максимальную среднюю итоговую оценку, хотя их превосходство сократилось до 1,1–5,8 %. Оценка племенной ценности бычков калмыцкой породы и её помесей I и II поколений с красным ангусским скотом, проведённая при разном уровне кормления, показала превосходство комбинированных генотипов независимо от полноценности рационов. Умеренный уровень кормления оказал лимитирующее воздействие на изменчивость комплексного индекса, что ограничивает возможности селекции.

F. Kayumov, N. Gerasimov, R. Tret'yakova

IMPLEMENTING BREEDING VALUE OF KALMYK BULL-CALVES AND THEIR CROSSES WITH RED ANGUS CATTLE OF AMERICAN SELECTION IN TERMS OF DIFFERENT FEEDING INTENSITY

Key words: *Kalmyk breed; Red Angus; crossbreds; breeding value; feeding level; selection.*

Authors' personal details

1. **Kayumov Foat**, Doctor of agricultural sciences, professor, head of the scientific major, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Russia, Orenburg, Deviatoe Yanvaryia St., 29, phone: 8 (3532) 43-46-76, e-mail: nazkalms@mail.ru.
2. **Gerasimov Nikolay**, Candidate of agricultural sciences, senior researcher in the department of Beef Cattle Breeding, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Russia, Orenburg, Deviatoe Yanvaryia St., 29, e-mail: nick.gerasimov@rambler.ru.
3. **Tret'yakova Ruziya**, expert in the the Department of Beef Cattle Breeding, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 460000, Russia, Orenburg, Deviatoe Yanvaryia St., 29, e-mail: kserev@mail.ru.

Implementing breeding potential of beef cattle takes place in association with factors of feeding and housing in specific environment and climatic conditions. The aim of the study was to test Kalmyk bull-calves and crossbred offspring of I and II generations from Red Angus sires of American origin in terms of different feeding rates to make a more reliable assessment of breeding value. The research was carried out in two experiments on three groups of bull-calves in LLC «Агрофирма Адучи» of Tselinny district, Republic of Kalmykia. The I group completed with purebred Kalmyk bull-calves, the II group – crossbred offspring F₁ Red Angus × Kalmyk, the III group – crossbred offspring F₂ Red Angus × Kalmyk. The first experiment included a bull-calves' test for own productivity with an intensive feeding level. The second

ex-periment was carried out on analogues animal by origin with a moderate feeding level. The test of bull-calves for own productivity fixed the advantage of the crossbred bull-calves of the II generation by the average value of the complex index by 3,7–10,4 % at an intensive feeding level. Crosses of II generation confirmed their maximum average final score according to the results of control rearing with a limited ration, although their superiority decreased to 1,1–5,8 %. The breeding value estimation of Kalmyk bull-calves and its crosses with Red Angus cattle of I and II generations performed at different feeding levels had showed the superiority of combined genotypes regardless of the rations usefulness. The moderate feeding level had a limiting effect on the complex index variability, which limits the possibilities in selection.

© Каюмов Ф.Г., Герасимов Н.П., Третьякова Р.Ф.

ИММУНОПРОФИЛАКТИКА ОРГАНИЗМА ПОРОСЯТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ СВИНЕЙ

Ключевые слова: свиньи; иммуностропные препараты *PigStim-C* и *PigStim-M*; иммунитет; заболеваемость и сохранность; продуктивность.

Введение. В условиях промышленного свиноводства без разработки и внедрения в производственный процесс эффективных технологий содержания, кормления и обслуживания животных практически невозможно реализовать биоресурсный потенциал продуктивности свиней, обеспечить качество получаемой продукции и рентабельность отрасли. Тем не менее, зачастую нововведения и инновации нарушают сложившиеся в процессе филогенеза взаимоотношения организма свиней с окружающей средой. В таких условиях на организм свиней действуют негативные факторы среды, что приводит к нарушению метаболизма, снижению резистентности организма и в конечном счете к высокой заболеваемости и низкой продуктивности [2, 3, 5, 6]. Ввиду того, что устранить действие многих факторов не представляется возможным, первоочередное значение приобретает, с одной стороны, профилактика негативного влияния на организм стрессоров, с другой, – повышение адаптивных способностей животных к условиям промышленного содержания. Особого внимания требуют к себе новорожденные поросята, так как они более подвержены воздействию факторов среды, а адаптационно-приспособительные механизмы их организма еще не сформированы. В то же время ранний период постнатального онтогенеза является оптимальным для направленного воздействия на процесс формирования защитно-приспособительных механизмов их организма [1, 4, 7].

Цель настоящей работы – реализация биоресурсного потенциала организма свиней активизацией неспецифической резистентности новыми иммуностропными препаратами *PigStim-C* и *PigStim-M*.

Материалы и методы исследований. Научно-исследовательская работа проведена на базе свиноводческого комплекса ЗАО «Прогресс» Чебоксарского района Чувашской Республики. Обработка материалов осуществлялась в лаборатории био- и нанотехнологий и в лаборатории кафедры морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА. Объектами исследований были поросята-сосуны, отъемыши и молодняк на откорме до убоя на

мясо. Были подобраны три группы новорожденных поросят (контрольная, 1-я опытная и 2-я опытная) по принципу пар-аналогов с учетом клинико-физиологического состояния и живой массы по 50 животных в каждой группе.

Для определения характера воздействия на клинико-физиологическое состояние, гематологический и биохимический профили крови, показатели неспецифической резистентности организма, рост, заболеваемость, сохранность и продуктивные качества молодняка свиней новорожденным пороссятам опытных групп внутримышечно вводили иммуностропные препараты *PigStim-C* и *PigStim-M* в дозе 0,3 мл на голову, трехкратно на 1-, 4- и 7-е сутки жизни. Животным контрольных групп препараты не вводили. За животными всех групп вели наблюдение, исследовали морфологический и биохимический состав крови, клеточные и гуморальные факторы неспецифической резистентности организма, оценивали динамику роста, заболеваемость и сохранность молодняка. После убоя свиней в возрасте 210 суток оценивали убойные качества и мясность полутуш. Условия содержания и кормления свиней на свиноводческом комплексе ЗАО «Прогресс» Чебоксарского района Чувашской Республики соответствовали рекомендуемым и способствовали проявлению у животных генетически заложенного потенциала продуктивности, а соблюдение ветеринарно-санитарных правил и режима функционирования предприятия обеспечивало его ветеринарное благополучие.

Результаты исследований. За время наблюдения не было выявлено явных различий в поведенческих реакциях животных, за исключением кратковременной стресс-реакции у поросят опытных групп после внутримышечного инъектирования им иммуностропных препаратов, а также спорадически возникавших случаев заболеваний в подопытных группах, описанных ниже. Количество эритроцитов, лейкоцитов и концентрация гемоглобина в крови поросят подопытных групп во все сроки исследований были в пределах физиологических норм. Начиная с 14-суточного возраста и до конца периода наблюдений количество эритроцитов в крови поросят 1-й и 2-й опытных групп было больше

контрольных значений соответственно на 5,1–7,6 % и 5,7–8,8 %. Концентрация гемоглобина в крови поросят 1-й опытной группы оказалась выше по сравнению с контролем на 3,1–5,3 %, а в крови животных 2-й опытной группы – на 2,9–4,9 %. Увеличение количества эритроцитов и повышение концентрации гемоглобина в крови поросят опытных групп свидетельствуют об активизации гемопоэза на фоне применения иммуностимуляторов PigStim-C и PigStim-M в раннем периоде постнатального онтогенеза. Количество лейкоцитов в крови поросят 1-й опытной группы оказалось выше контрольных показателей на 11,8–25,3 %, а 2-й опытной – на 12,0–25,8 % соответственно. Базофилов было больше в крови поросят 1-й опытной группы на 0,4–0,8 %, а 2-й опытной – на 0,6–1,0 %, нежели в контроле. Количество эозинофилов в крови поросят опытных групп оказалось достоверно ниже, чем в контроле. Более ярко данный факт выражен у поросят второй опытной группы.

Достоверных различий доли юных нейтрофилов в разрезе подопытных групп не выявлено. Относительное количество палочкоядерных

и сегментоядерных нейтрофилов и моноцитов было ниже в крови поросят опытных групп, нежели в контроле. Причем наиболее выраженная разница наблюдалась по сегментоядерным нейтрофилам. Так, в крови поросят 1-й опытной группы относительное количество сегментоядерных нейтрофилов оказалось ниже контрольного показателя на 6,4–11,4 %, а 2-й опытной – на 5,8–10,6 %. Между тем в опытных группах число сегментоядерных нейтрофилов относительно юных и палочкоядерных возросло, что свидетельствует о снижении числа нейтрофилов с ядерным сдвигом вправо.

Относительное количество лимфоцитов в крови поросят 1-й и 2-й опытных групп оказалось выше контрольного показателя на 7,8–13,0 % и на 7,2–12,4 % соответственно. Следовательно, испытываемые иммуностимуляторы вызывают лимфоцитоз в крови свиней.

Результаты исследований неспецифической резистентности организма поросят подопытных групп на фоне иммунокоррекции препаратами PigStim-C и PigStim-M представлены на рисунках 1–3.

Рисунок 1
Фагоцитарная активность нейтрофилов крови поросят

Рисунок 2
Бактерицидная активность сыворотки крови поросят

Рисунок 3
Лизоцимная активность плазмы крови поросят

Фагоцитарная активность нейтрофилов крови у поросят 1-й опытной группы в период с 14- до 90-суточного возраста оказалась выше контрольного показателя на 3,8–5,8 %, а 2-й опытной – на 4,2–6,4 %. Бактерицидная активность сыворотки крови в те же сроки была достоверно выше контрольных значений у поросят 1-й опытной группы на 3,6–8,6 %, а 2-й опытной – 3,4–9,8 %. Лизоцимная активность плазмы крови также оказалась выше у поросят 1-й и 2-й опытных групп соответственно на 4,8–8,6 % и 4–8 %, нежели в контроле.

Результаты иммунологического исследования крови свидетельствуют о том, что внутримышечное инъекционное поросятам иммуно-тропных препаратов PigStim-C и PigStim-M в раннем периоде постнатального онтогенеза способствует активизации клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма.

Среди поросят контрольной группы за период новорожденности и подсоса зафиксировано 26 случаев заболеваний, при этом терапия возникших заболеваний была лишь в 24 случаях успешной, 2 поросенка пали от истощения и обезвоживания в результате поноса незаразной этиологии. В 1-й опытной группе зафиксировано 11 случаев заболеваний поросят, из которых 10 излечилось и 1 пал, во 2-й опытной – 9 случаев заболеваний поросят, все из которых излечились. Средняя продолжительность заболеваний поросят контрольной группы составила 1,96 суток, 1-й опытной – 1,55 суток, а 2-й опытной – 1,67 суток. Заболеваемость поросят 1-й и 2-й опытных групп оказалась ниже контрольного показателя соответственно на 30 и 34 %, кроме того, достоверно улучшились показатели эффективности терапевтических мероприятий и сохранности. Среди поросят-отъемышей контрольной группы зарегистрировали 14 случаев заболеваний незаразной этио-

логии, терапия 13 из них была успешной с общей продолжительностью болезни 2,43 суток, один поросенок-отъемыш пал. В 1-й опытной группе зафиксировано 7 случаев заболеваний, терапия всех из них была успешной, а средняя продолжительность составила 1,86 суток. Во 2-й опытной группе зафиксировано 5 случаев заболеваний поросят, все из которых излечились в среднем через 2,00 суток. Таким образом, применение иммуно-тропных препаратов способствовало снижению количества заболеваний поросят в период отъема в 2,0–2,8 раза, а их продолжительности – на 0,43–0,67 суток.

В период откорма среди свиней контрольной группы возникло 12 случаев заболеваний, в 1-й опытной – 7, а во 2-й опытной – 8. Средняя продолжительность заболеваний животных составила 3,25 суток, 2,86 и 2,88 суток соответственно. При этом терапия при всех случаях заболеваний во всех трех группах была эффективной.

Таким образом, на основе анализа заболеваемости и сохранности свиней в периоды новорожденности, подсоса, отъема и откорма выявлено, что внутримышечное введение иммуно-тропных препаратов PigStim-C и PigStim-M поросятам в раннем периоде постнатального онтогенеза снижает количество заболеваний, сокращает сроки выздоровления и повышает эффективность терапевтических мероприятий. При этом сохранность свиней опытных групп за весь период исследований составила 98 и 100 % против 94 % в контрольной группе.

В возрасте 210 суток был проведен контрольный убой свиней по пять голов из каждой группы. Установлено, что убойный выход у свиней контрольной группы составил 67,83 % при средней массе туш 70,40 кг. Убойная масса свиней 1-й и 2-й опытных групп составила соответственно 76,62 и 77,48 кг, что на 6,22 и 7,08 кг больше контрольного показателя (таб-

лица 1). После разделения туш на полутуши и охлаждения в холодильной камере при температуре $-3-5^{\circ}\text{C}$ и скорости движения воздуха

1–3 м/с в течение 10–13 часов свинина на костях, полученная от всех трех групп, была направлена на обвалку и жиловку (таблица 2).

Таблица 1 Мясная продуктивность свиней

Показатель	Группа животных		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Предубойная масса, кг	103,79	110,92	112,34
Абсолютный прирост, кг	102,79	109,92	111,34
Среднесуточный прирост, г	489	523	530
Убойная масса, кг	$70,4 \pm 0,28$	$76,62 \pm 0,48$	$77,48 \pm 0,62$
Убойный выход, %	67,83	69,08	68,97

Таблица 2 Результаты обвалки и жиловки свиных полутуш

Показатель	Группа животных		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Масса охлажденной полутуши, кг	$34,74 \pm 0,13$	$37,78 \pm 0,24$	$38,22 \pm 0,31$
Свинина жилованная, кг	21,65	23,53	23,81
Шпик, кг	4,93	5,36	5,43
Шкурка, кг	2,36	2,57	2,60
Ребра для копчения, кг	3,13	3,40	3,44
Сухожилия, хрящи, кг	0,66	0,72	0,73
Технические зачистки и потери, кг	0,07	0,08	0,08
Кости, кг	1,95	2,12	2,14

Количество жилованной свинины, полученной от полутуш свиней 1-й опытной группы, оказалось больше в среднем на 1,88 кг контрольного показателя, а 2-й опытной группы – на 2,16 кг. Кроме того, от полутуш свиней 1-й и 2-й опытных групп получено шпика больше на 0,43 и 0,50 кг, а ребер для копчения – на 0,27 и 0,31 кг соответственно, нежели в контроле.

Выводы. Иммунотропные препараты PigStim-C и PigStim-M не оказывают негативное влияние на клинико-физиологическое состояние организма, обеспечивают здоровье и сохранность свиней. На фоне иммунокоррекции организма поросят отмечено снижение количества заболеваний в 1,5–2,9 раза, сокращение сроков выздоровления на 11,4–23,5 %, повышение сохранности поголовья до 98,0–100,0 %. Иммунотропные препараты PigStim-C и PigStim-M активизируют гемопоэз, вызывая позитивную динамику гематологического профиля организма свиней в онтогенезе. Применение иммунотропных препаратов в раннем периоде постнатального онтогенеза свиней активизирует клеточные и

гуморальные факторы неспецифической защиты организма в условиях промышленной технологии: фагоцитарной активности нейтрофилов – на 3,8–5,8 % и 4,2–6,4 %, бактерицидной активности сыворотки крови – на 3,6–8,6 % и 3,4–9,8 %, лизоцимной активности плазмы крови – на 4,8–8,6 % и 4,0–8,0 %.

Иммунокоррекция организма поросят в раннем периоде постнатального онтогенеза иммунотропными препаратами PigStim-C и PigStim-M способствует реализации биоресурсного потенциала мясной продуктивности. Установлено, что животные 1-й и 2-й опытных групп превосходили сверстников в контроле по живой массе на 7,1 кг или 6,9 % и на 8,6 кг или 8,2 %, среднесуточному приросту – на 34 и 41 г. Убойная масса свиней на фоне иммунокоррекции оказалась выше контрольной на 6,22 и 7,08 кг. По результатам обвалки и жиловки полутуш свиней подопытных групп установлено увеличение количества жилованной свинины на 1,88 и 2,16 кг в 1-й и 2-й опытных группах по сравнению с контролем.

Библиографический список

1. Гладких, Л.П. Иммунопрофилактика – перспективный прием интенсификации свиноводства [Текст] / Л.П. Гладких, В.Г. Семенов, В.Г. Софронов, Д.А. Никитин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. Казань, 2017. Т. 231. С. 28–33.

2. Донник, И.М. Влияние Гувитана-С на состояние иммунного статуса хряков [Текст] / И.М. Донник, И.А. Шкуратова, Л.Ю. Топурия,

Д.Р. Бибикова, Г.М. Топурия // Ветеринария Кубани. 2014. № 3. С. 17–19.

3. Кузнецов, А.Ф. Влияние скармливания кормовых дрожжей на организм поросят [Текст] / А.Ф. Кузнецов, Д.В. Батурия // Международный вестник ветеринарии. 2016. № 3. С. 69–74.

4. Семенов, В.Г. К проблеме адаптогенеза организма свиней к факторам среды обитания [Текст] / В.Г. Семенов, Д.А. Никитин, Л.П. Гладких // Экология родного края: проблемы и пути

их решения. Мат. XII всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: Вятский ГУ, 2017. С. 237–242.

5. Семенов, В.Г. Неспецифическая устойчивость организма животных к стресс-факторам [Текст] / В.Г. Семенов, Д.А. Никитин, А.В. Волков, К.В. Захарова // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Мат. XII всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Чебоксары, 2017. С. 233–237.

6. Смирнов, А.М. Ветеринарно-санитарные и зоогигиенические мероприятия в свиноводстве [Текст] / А.М. Смирнов, В.Г. Тюрин // Ветеринария. 2012. № 9. С. 3–7.

7. Петрянкин, Ф.П. Иммуностимуляторы в практике ветеринарной медицины [Текст]: монография / Ф.П. Петрянкин, В.Г. Семенов, Н.Г. Иванов. Чебоксары: Новое Время, 2015. 272 с.

Сведения об авторах

1. **Семенов Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры морфологии акушерства и терапии, ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, e-mail: semenov_v.g@list.ru.

2. **Мударисов Ринат Мансафович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: r-mударисov@mail.ru.

3. **Никитин Дмитрий Анатольевич**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры морфологии акушерства и терапии, ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, e-mail: nikitin_d_a@mail.ru.

В условиях свиноводческого комплекса проведена оценка эффективности применения иммуностимуляторов PigStim-C и PigStim-M новорожденным пороссятам с целью реализации биоресурсного потенциала продуктивности. Установлено, что иммуностимуляторы PigStim-C и PigStim-M не оказывают негативное влияние на клинико-физиологическое состояние организма, обеспечивают здоровье и сохранность свиней. На фоне иммунокоррекции организма пороссят отмечено снижение количества заболеваний в 1,5–2,9 раза, сокращение сроков выздоровления на 11,4–23,5 %, повышение сохранности поголовья до 98,0–100,0 %. Применение иммуностимуляторов в раннем периоде постнатального онтогенеза свиней активизирует клеточные и гуморальные факторы неспецифической защиты организма в условиях промышленной технологии: фагоцитарной активности нейтрофилов – на

3,8–5,8 % и 4,2–6,4 %, бактерицидной активности сыворотки крови – на 3,6–8,6 % и 3,4–9,8 %, лизоцимной активности плазмы крови – на 4,8–8,6 % и 4,0–8,0 %. Иммунокоррекция организма пороссят в раннем периоде постнатального онтогенеза иммуностимуляторами PigStim-C и PigStim-M способствует реализации биоресурсного потенциала мясной продуктивности. Установлено, что животные 1-й и 2-й опытных групп превосходили сверстников в контроле по живой массе на 7,1 кг или 6,9 % и на 8,6 кг или 8,2 %, среднесуточному приросту – на 34 и 41 г. Убойная масса свиней на фоне иммунокоррекции оказалась выше контрольной на 6,22 и 7,08 кг. По результатам обвалки и жиловки полутуш свиней подопытных групп установлено увеличение количества жилованной свинины на 1,88 и 2,16 кг в 1-й и 2-й опытных группах по сравнению с контролем.

V. Semenov, R. Mudarisov, D. Nikitin

IMMUNOPROPHYLAXIS OF THE ORGANISM OF A PIG IN THE PIG PRODUCTIVITY

Key words: pigs; immunotropic drugs PigStim-C and PigStim-M; immunity; morbidity and safety; productivity.

Authors' personal details

1. **Semenov Vladimir**, Doctor of biological sciences, professor of the Morphology, Obstetrics and Therapy department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chuvash State Agricultural Academy, e-mail: semenov_v.g@list.ru.

2. **Mударисов Rinat**, Doctor of agricultural sciences, professor of the Bee Keeping, Private Animal Science and Animal breeding department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: r-mударисov@mail.ru.

3. **Nikitin Dmitriy**, Candidate of veterinary sciences, senior lecturer of the Morphology, Obstetrics and Therapy department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chuvash State Agricultural Academy, e-mail: nikitin_d_a@mail.ru.

In the conditions of the pig complex, the effectiveness of the application of PigStim-C and PigStim-M immunotropic drugs to newborn piglets was evaluated with the aim of realizing the bioresource productivity potential. It has been established that the immunotropic preparations PigStim-C and PigStim-M do not have a negative effect on the clinical and physiological state of the organism, they ensure the health and safety of the pigs. Against the backdrop of immunocorrection of the pigs, there was a decrease in the number of diseases by 1,5–2,9 times, reduction in the terms of recovery by 11,4–23,5 %, increase in the keeping of livestock to 98,0–100,0 %. The use of immunotropic drugs in the early period of postnatal ontogenesis of pigs activates cellular and humoral factors of nonspecific defense of the organism in industrial technology: phagocytic activity of neutrophils – by 3,8–5,8 % and 4,2–6,4 %, bactericidal

activity of blood serum – by 3,6–8,6 % and 3,4–9,8 %, lysozyme activity of blood plasma – by 4,8–8,6 % and 4,0–8,0 %. Immunocorrection of piglets in the early period of postnatal ontogenesis with immunotropic drugs PigStim-C and PigStim-M promotes the realization of the bioresource potential of meat production. It was found that the animals of the 1st and 2nd experimental groups outperformed their peers in control by living weight by 7,1 kg or 6,9 % and by 8,6 kg or 8,2 %, the average daily gain by 34 and 41 g. The slaughter weight of pigs on the background of immunocorrection was higher than the control one by 6,22 and 7,08 kg. According to the results of the boning and lining of half of the pigs of the experimental groups, an increase in the number of veined pork by 1,88 and 2,16 kg in the 1st and 2nd experimental groups was found in comparison with the control.

© Семенов В.Г., Мударисов Р.М., Никитин Д.А.

УДК 636.22/.28.084.413: 636.22/.28.085.5

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-90-93

Ф.М. Шагалиев, И.З. Хуснутдинов, Ф.А. Гафаров

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ КОРМОВ НА ПРОИЗВОДСТВО МОЛОКА

Ключевые слова: рацион кормления; комбикорма; концентраты; бобовые; злаково-бобовые; обменная энергия; аминокислота; переваримость; сухое вещество; полноценность.

Введение. Дальнейшее увеличение производства животноводческой продукции, в частности молока, требует обеспечения молочного скота достаточным количеством высококачественных кормов. Корма же в значительной степени определяют и себестоимость животноводческой продукции. Увеличение объема производства полноценных кормов и снижение потерь питательных веществ при их заготовке и хранении являются одними из решающих факторов укрепления кормовой базы и увеличения продуктивности скота [1, 3]. В структуре себестоимости производства молока затраты на корма составляют 50–55 % всех затрат. Из-за слабой кормовой базы и неполноценного кормления генетический потенциал сельскохозяйственных животных реализуется только на 60–70 %, что ведет к удорожанию животноводческой продукции [4]. В связи с этим в дальнейшей интенсификации производства молока, наряду с улучшением селекционно-племенной

работы, улучшением условий содержания, решающую роль играет и укрепление кормовой базы для сельскохозяйственных животных, обеспечение их достаточным количеством высококачественных кормов [2]. Практика показывает, что чем лучше будет сбалансирован по питательным веществам рацион кормления животных, соблюдены его структура, тип и уровень кормления, тем ниже получаются затраты на единицу производимой продукции [6].

В последние годы наблюдается интенсивное использование многолетних трав в фазу максимального накопления питательных веществ, в первую очередь протеина, как для производства сенажа, так и силосования. По результатам многолетних исследований и практикой установлено, что скашивание люцерны, козлятника, козлятниково-кострецовой или люцерново-кострецовой смеси в фазу бутонизации – колошения обеспечивает повышенное содержание переваримого протеина соответ-

ственно в 1,3–1,8 раза при наибольшей концентрации энергии. Например, в 1 кг сухой массы, убранной в эти фазы, содержится 7,5–8,6 МДж обменной энергии, 145–163 г переваримого протеина. Но все травы в оптимальные для уборки фазы вегетации (буτονизация для бобовых, трубкование – злаковых) являются трудносилосуемым сырьем. Получить из них корм, незначительно уступающий исходной зеленой массе по энергетической питательности и содержанию протеина, а также биологически активных веществ, можно лишь путем их силосования в слабопровяленном (30–40 % сухого вещества) виде с использованием эффективных консервантов [5]. Очень важно, чтобы все вегетативные органы растений высыхали равномерно и в короткий срок. В условиях нашей республики в солнечную погоду злаковые травы проявляются в валках до оптимальной влажности в течение 2–3 часов, а бобовые – 7–9 часов. Поэтому существующие способы силосования трудносилосующихся растений из травосмесей бобовых и злаковых трав основаны на использовании и внесении в зеленую массу силосных заквасок.

Цель исследования – изучить влияние скармливания силоса, обработанного препаратом «Байкал-ЭМ1», на молочную продуктивность коров.

Материал и методика исследований. Одним из препаратов, используемых для силосования зеленой массы, является «Байкал-ЭМ1». В его состав входят многочисленные фотосинтезирующие, азотфиксирующие бактерии, дрожжевые грибки, ферменты, аминокислоты и др. Препарат «Байкал ЭМ1» обогащает корма незаменимыми аминокислотами, повышает питательную ценность кормов, что в конечном счете положительно влияет на здоровье животных, увеличивая продуктивность и улучшая качество продуктов животноводства. Исследования проводились на базе ООО «Гарант» Бе-

лебеевского района на коровах бестужевской породы. Для проведения опыта были отобраны по принципу аналогов с учетом возраста и живой массы три группы коров по 20 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 90 суток. Коровам контрольной группы скармливали силос люцерны + костер в количестве 20 кг. Коровы II опытной группы получали в составе рациона 20 кг силоса люцерно-кострецовой смеси, консервированного с препаратом «Байкал ЭМ 1». Коровы III опытной группы получали в составе рациона 25 кг силоса смеси люцерны и костреца безостого с препаратом «Байкал ЭМ 1» и на 1 кг меньше комбикорма, чем другие группы. За период опыта потребление кормов коровами всех групп соответствовало уровню их продуктивности.

Результаты исследования. За время опыта наибольшее количество молока надоили от коров III опытной группы. Их удой составил 1377 кг в переводе на молоко 4 % жирности. Во II опытной и контрольной группах надоили соответственно 1314 и 1179 кг молока. Разница у III и II опытных групп с контролем составила соответственно 198 и 135 кг молока или 16,8 и 11,4 %. Имелись также существенные отличия по затратам кормов на единицу продукции. Затраты комбикормов на производство 1 кг молока у коров II опытной группы, которые получали в составе рациона 20 кг силоса люцерно-кострецовой смеси, консервированного с «Байкал ЭМ 1», были ниже на 10,5 % по сравнению с контрольной группой (таблица 1).

Коровы III опытной группы, которые получали в составе рациона 25 кг силоса смеси люцерны и костреца безостого с препаратом «Байкал ЭМ 1» и на 1 кг меньше комбикорма, чем другие группы, затратили комбикорма на 35,9 % меньше по сравнению с контролем.

В абсолютном выражении в расчете на 1 кг молока в опытных группах затрачено комбикормов на 320 и 110 г меньше, чем в контроле.

Таблица 1 Затраты кормов на производство молока (в среднем по группам)

Показатель	Группа		
	I контрольная	опытные	
		II	III
Силос люцерны + костер, кг	1800	1800	2250
Сено разнотравное, кг	270	270	270
Сенаж бобово-злаковый, кг	900	900	900
Патока кормовая, кг	90	90	90
Комбикорм, кг	360	360	270
ЭКЕ	1260	1386	1413
Обменная энергия, МДж	12600	13860	14130
Молоко 4 %-ной жирности, кг	1179	1314	1377
Затрачено комбикормов на 1 кг молока, г	306	274	196
В % к контролю	100	89,5	64,1
Затрачено ЭКЕ на 1 кг молока	1,07	1,05	1,03
То же в % к контролю	100	98,1	96,3

Как видно из таблицы, в затратах энергетических кормовых единиц на производство 1 кг молока разница между группами была несколько ниже, так как питательность рационов опытных групп с силосом люцерново костречевой смеси, консервированной «Байкал ЭМ 1», выраженная в ЭКЕ, была выше контрольного.

Однако в контрольной группе на 1 кг молока было затрачено 1,07 ЭКЕ, а в опытных группах – от 1,05 до 1,03 ЭКЕ или на 1,9 и 3,7 % меньше по сравнению с контролем. У коров III опытной группы, получавших в составе рациона 25 кг силоса смеси люцерны и костра безостого с «Байкал ЭМ 1», затраты кормов на единицу продукции были самыми низкими.

Разный уровень продуктивности коров был обусловлен использованием силоса бобово-злаковых травосмесей (люцерна + костер), консервированного препаратом «Байкал ЭМ 1». В целом использование в рационах разного количества такого силоса привело к изменениям затрат кормов на производство 1 кг молока. В условиях дороговизны комбикормов данное положение имеет большое практическое значение.

Вывод. Замена в рационах дойных коров силоса из смеси люцерны и кострца безостого на силос из таких же трав, но консервированного препаратом «Байкал ЭМ 1», благоприятно влияет на повышение молочной продуктивности и способствует снижению затрат кормов на единицу продукции.

Библиографический список

1. Галямшин, Р.Р. Интенсификация молочного скотоводства в СПК «Дэмен» Татышлинского района Республики Башкортостан [Текст] / Р.Р. Галямшин, Ф.А. Гафаров // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2011. № 4. С. 26–29.
2. Исхаков, Р.С. Продуктивность молодняка при различных технологиях содержания [Текст] / Р.С. Исхаков, Х.Х. Тагиров, Н.М. Губайдуллин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 147–150.
3. Карнаухов, Ю.А. Увеличение производства продукции при рациональном использовании генетического потенциала крупного рогатого скота и свиней [Текст] / Ю.А. Карнаухов, Х.Х. Тагиров // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. М., 2014.
4. Тагиров, Х.Х. Переваримость и использование питательных веществ и энергии корма при введении в рацион пробиотической кормовой добавки «Биогумитель» [Текст] / Х.Х. Тагиров, Ф.Ф. Ваганов, И.В. Миронова // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 3 (77). С. 79–84.
5. Тагиров, Х.Х. Качественные показатели молочной продуктивности при скормливании коровам пробиотика «Биогумитель-г» [Текст] / Х.Х. Тагиров, Ф.Ф. Ваганов, Н.Ш. Никулина, И.В. Миронова // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 8. С. 28–30.
6. Хазиахметов, Ф.С. Кормление молочного скота и контроль полноценности кормления [Текст] / Ф.С. Хазиахметов // Основы современного производства молока практическое руководство; Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, Башкирский государственный аграрный университет; под ред. Ф. С. Хазиахметова. Уфа, 2014. С. 25–42.

Сведения об авторах

1. **Шагалиев Фануз Мустафович**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов Башкирского НИИ сельского хозяйства, Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 450059, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 19, тел.: 8 (347) 223-09-26, e-mail: bagri@ufanet.ru.

2. **Хуснутдинов Илдар Зулкафирович**, аспирант Башкирского НИИ сельского хозяйства, Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 450059, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 19, тел.: 8 (347) 223-09-26, e-mail: bagri@ufanet.ru.

3. **Гафаров Фанус Алхапович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии мясных, молочных продуктов и химии, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: 8 (347) 228-07-17, e-mail: fanus.ga1959@mail.ru.

Проведена сравнительная оценка использования силоса бобово-злаковых травосмесей (люцерна + костер) и такого же силоса, консервированного препаратом «Байкал ЭМ 1», при

кормлении молочных коров. Кормление коров консервированным силосом способствовало повышению молочной продуктивности и снижению затрат кормов.

DECREASING FODDER EXPENSES ON MILK PRODUCTION

Key words: *feeding ration; mixed fodder; concentrates; legumes; cereal-legumes; exchange energy; amino acid; digestibility; dry substance; full value.*

Authors' personal details

1. **Shagaliev Fanus**, Candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of animal feeding and fodder technology, Bashkir agricultural research institute, Ufa federal research center, Russian Academy of Sciences, 450059, Ufa, R. Zorge st., 19, Phone: 8 (347) 223-09-26, e-mail: bagri@ufanet.ru.

2. **Khusnutdinov Ildar**, Post-graduate student of the Bashkir agricultural research institute, Ufa federal research center, Russian Academy of Sciences, 450059, Ufa, R. Zorge st., 19, phone: 8 (347) 223-09-26, e-mail: bagri@ufanet.ru.

3. **Gafarov Fanus**, Candidate of agricultural sciences, associate professor of the meat, dairy products technology and chemistry department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, phone: 8 (347) 228-07-17, e-mail: nio_bsau@mail.ru.

A comparative assessment was made for using bean – cereal grass silage (alfalfa + brome) and the same canned silage «Baikal EM 1» when feeding

dairy cows. Feeding cows with canned silage contributed to increased milk productivity and reduced fodder costs.

© Шагалиев Ф.М., Хуснутдинов И.З., Гафаров Ф.А.

УДК 621.436.001.1

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-93-100

О.Н. Дидманидзе, Р.Т. Хакимов, А.В. Неговора

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЖИЖЕННОГО МЕТАНА

Ключевые слова: *газовый двигатель; пиковое давление; критическая температура; расчетный объем; сжиженный газ; двухфазный поток.*

Введение. Природный газ как энергоноситель в 3–5 раз дешевле топлива, полученного из нефти, что делает его весьма конкурентоспособным [1]. Однако криогенное топливо имеет следующие недостатки: малая плотность, сверхнизкие температуры в криогенном состоянии, высокая летучесть, а при неумелом обращении – взрывоопасность, что изначально вызывает определенную настороженность при постановке вопроса о его использовании и сомнение в целесообразности широкого внедрения такого вида энергоносителей, даже несмотря на энергетические, экономические и экологические преимущества. Этим в значительной мере можно объяснить многолетнее торможение инвестирования и низкие темпы работ по практическому решению задач и внедрению сжиженного природного газа (СПГ) в промыш-

ленность и сельское хозяйство [2]. Концентрационные пределы взрываемости смесей природного газа, например, метана, с воздухом составляют 5...15 %. Плотность метана, даже при температуре кипения, в 1,7 раза больше, чем у керосина, что приводит к необходимости увеличения объемов топливных баков более чем в 1,5 раза. Кроме того, метан имеет очень низкий диапазон нахождения в жидкой фазе (минус 20 °С) и низкую критическую температуру (–82,6 °С). Это требует внедрения новых технических и конструкторских решений с использованием энергоэффективных, прочных, термоустойчивых, хладостойких конструкций и уплотнительных материалов при создании топливных баков для хранения и подачи сжиженного метана в качестве основного моторного топлива автотранспортных средств.

Цель работы – показать, насколько можно увеличить энергоэффективность рабочих систем газового двигателя, обеспечив оптимальные эксплуатационные показатели агрегата и в целом автотранспортного средства.

Обсуждение результатов исследования. В отличие от стандартных видов топлива (бензин, дизельное топливо), метан для исключения двухфазного состояния нужно подавать в камеру сгорания двигателя в газообразном виде, используя специальное газобаллонное оборудование (ГБО) 4-го, 5-го или 6-го поколения с улучшенными экологическими показателями. В то же время по массовой теплоте сгорания ме-

тан превосходит керосин на 14 %, что важно для оптимизации параметров сгорания внутрицилиндровых процессов в поршневых двигателях.

На рисунке 1 представлена схема взаимосвязей агрегатов и систем, без оптимизации которых добиться повышения эксплуатационных и энергоэффективных показателей поршневого двигателя будет сложно. В настоящей статье в данной схеме будет рассмотрено только отдельное направление, а именно влияние конструкции системы питания на процессы подачи и сгорания метановоздушной смеси в камере сгорания.

Рисунок 1
Блок-схема взаимосвязи влияния конструкции агрегатов, механизмов и систем на повышение энергоэффективности работы газового двигателя

Рисунок 2
Особенности конструкции отечественных газовых двигателей

В России на данный момент существует два производителя газовых двигателей: КамАЗ с семейством двигателей КамАЗ-820 и УРАЛ – с семейством ЯМЗ-530 CNG, и оба завода при их проектировании использовали похожие передовые конструкторские разработки (рисунок 2).

Данные газовые двигатели относятся к экологическому классу ЕВРО-5 и при всех известных преимуществах имеют ряд недостатков: так как метан для заправки баллонов на 90 % используется в сжатом виде, конструкторы вынуждены устанавливать большое количество баллонов на автомобиль, что ухудшает их компоновку и конструкцию в целом; отсутствие комплексной электронной системы управления всеми системами газового двигателя снижает вероятность оптимизации ее энергоэффективности; конструктивно не предусмотрена возможность непосредственного впрыска газа в камеру сгорания для улучшения полноты сгорания, энергоемкости и экологичности двигателя; отсутствие способа реализации подвода газа в жидкой фазе до форсунки из-за конструктивных особенностей форсунки и решения сложных физических задач в плане конвек-

тивного теплообмена в граничных условиях низких и высоких температур.

Основные рабочие показатели газобаллонного оборудования системы питания автотранспортного двигателя представлены на рисунке 3.

Решение проблемы оптимальной подачи метана в камеру сгорания повысит энергоэффективность работы двигателя по всем показателям, в частности: 1) топливно-экономическим – благодаря высокой точности дозирования и стабильности цикловых подач метана непосредственно в камеру сгорания с учетом его теплофизических свойств, условий подогрева и воспламенения рабочей смеси; 2) мощностным – путем оптимизации регулировочных параметров метановоздушной смеси на впуске и рабочих показателей механизмов КШМ и ГРМ; 3) экологическим: внедрение вышеперечисленных разработок по оптимизации отдельных систем газовых двигателей позволит без дополнительных каталитических процессов довести изначально не лучшие показатели токсичности отработавших газов двигателя до уровня ЕВРО-6.

Представим комплексную схему (рисунок 4) электронного управления газовым двигателем при стендовых испытаниях.

Рисунок 3
Основные рабочие показатели системы питания газовых двигателей

Рисунок 4

Рабочая схема управления ГД и стендом при тестовых испытаниях:

1 – ЭБУ газовым двигателем (Корвет М10.3х); 2 – потенциометр; 3 – катушка зажигания; 4 – дроссельная заслонка; 5 – датчик углового положения дроссельной заслонки; 6 – газовый дозатор; 7 – датчик температуры на впуске; 8 – датчик температуры ОЖ; 9 – датчик угловой скорости и положения КВ; 10 – оптоэлектронный датчик для регулирования ГС на впуске; 11 – кислородный датчик (лямбда-зонд); 12 – свеча зажигания; 13 – электропривод дроссельной заслонки; 14 – датчик давления наддува; 15 – интеркулер; 16 – воздушный фильтр; 17 – датчик противодавления ОГ; 18 – сервомеханизм регулировки давления наддува; 19 – турбокомпрессор; 20 – блок управления CDI (N3/9); 21 – электронная педаль

Рассмотрим фрагменты математической модели тепломассообменных процессов и расчетные значения пикового давления в криобаке и трубопроводе СПГ при подаче свежего потока сжиженного метана, а также времени после

$$\rho \frac{di}{dt} = \lambda \nabla^2 T + \text{div} \left[(i_1 - i_2) \rho D \left(\nabla m + k_T \frac{\nabla T}{T} + k_P \frac{\nabla p}{p} \right) \right], \quad (1)$$

где ρ , i – плотность и энтальпия смеси; λ , D – коэффициенты теплопроводности и взаимодиффузии; i_1, i_2 – энтальпии компонентов смеси; m – относительная массовая концентрация i -го компонента; k_T, k_P – термодиффузионное и бародиффузионное отношение, p , T – давление и температура смеси, t – время.

Пиковое давление в газовом пространстве криобака и трубопровода можно определить из следующего выражения:

$$P_{\text{pik}} = P_r + \frac{\Delta m R_{\text{CH}_4} T}{V}, \quad (2)$$

где P_r – начальное давление в газообразной среде криобака и трубопровода; Δm – масса испарившегося метана; R_{CH_4} – газовая постоянная метана; T – температура метана в газообразной среде; V – объем газообразной среды.

На основании анализа результатов моделирования подачи свежего объема сжиженного метана [7] в исследуемые емкости (криобак и трубопроводы) для подачи СПГ установлено, что выражения изменения пикового давления

пополнения бака новой порцией топлива. Математические модели тепломассообменных процессов в криобаке СПГ [5,6] основаны на уравнениях термодинамики необратимых процессов в метановой смеси вида:

при его возникновении имеют вид, близкий к линейным функциям от определяющих параметров, и слабо зависят от объема топливного криобака, что позволяет сформулировать следующее выражение для оценки пикового давления:

$$P_{\text{pik}} = k_{\text{из}} \cdot k_{\text{г}} \cdot k_{\text{кон}} \cdot k_{\text{выс}} \cdot P_{\text{эт}}, \quad (3)$$

где P_{pik} – пиковое давление в проектируемом хранилище; $k_{\text{из}}$ – коэффициент подобия изоляции; $k_{\text{г}}$ – коэффициент подобия геометрии топливного криобака; $k_{\text{кон}}$ – коэффициент подобия начальных концентраций; $k_{\text{выс}}$ – коэффициент подобия высоты заполнения нижнего слоя; $P_{\text{эт}}$ – пиковое давление в эталонном топливном криобаке.

Результаты расчетов показали, что для описанного в статье [4] топливного криобака пиковое давление составляет $P_{\text{pik}} = 2,96$ МПа, а коэффициенты, учитывающие влияние определяющих параметров на изменение пикового давления, могут быть найдены по следующим зависимостям:

$$k_{из} = 0,221 \frac{\delta_{пр} \lambda_{эт}}{\delta_{эт} \lambda_{пр}} + 0,7789 \text{ при } \frac{\delta_{пр} \lambda_{эт}}{\delta_{эт} \lambda_{пр}} \leq 10, \quad (4)$$

или

$$k_{из} = 0,0021 \frac{\delta_{пр} \lambda_{эт}}{\delta_{эт} \lambda_{пр}} + 2,969 \text{ при } \frac{\delta_{пр} \lambda_{эт}}{\delta_{эт} \lambda_{пр}} \geq 10, \quad (5)$$

где $\delta_{эт}$, $\delta_{пр}$ – эквивалентные толщины эталонной и проектируемой изоляций, $\lambda_{эт}$, $\lambda_{пр}$ – эквивалентные теплопроводности эталонной и проектируемой изоляций;

$$k_{рад} = 0,4595 \frac{R_{пр}}{R_{эт}} + 0,5405, \quad (6)$$

где $R_{эт}$, $R_{пр}$ – радиусы эталонного и проектируемого трубопровода;

$$k_{кон} = \frac{\Delta CH_{4пр}}{\Delta CH_{4эт}}, \quad (7)$$

$$1 \leq \frac{\delta_{пр} \lambda_{эт}}{\delta_{эт} \lambda_{пр}} \leq 10; 0,667 \leq \frac{R_{пр}}{R_{эт}} \leq 1,333, \quad (9)$$

$$0,5 \leq \frac{\Delta CH_{4пр}}{\Delta CH_{4эт}} \leq 1,5; 0,895 \leq \frac{h_{пр}}{h_{эт}} \leq 1,105, \quad (10)$$

Погрешность вычисления оценочного значения пикового давления в газообразной среде по полученным зависимостям не превышает 10 % значений, найденных методом вычисления. Это является приемлемым результатом и позволяет сделать вывод о возможности использования полученных соотношений при выполнении расчетов при проектировании топливных криобаков для СПГ с целью снижения аварийных последствий и принятия определенных мер безопасности.

Определив значения пикового давления ($P_{пик}$) в трубопроводе, целесообразно определить критические значения по температуре ($T_{кр}$) смеси природного газа (95 % – метан, остальные 5 % – этан, пропан, бутан и др. попутные газы), а также анализ изменения (P , T) истечения двухфазного потока газовой смеси [8].

Приведем фрагменты расчета критических параметров сжиженного природного газа при течении его по трубопроводу в специальной термоизоляции. Данные для расчета, которые подробно представлены в работе [7], выбираются следующие: компонентный состав СПГ, плотность СПГ, газовый конденсат, компонентный состав нестабильного конденсата природного газа, плотность конденсата и его молекулярная масса.

$$T_{кр.см} = k_1 x_1 T_{крит 1} + k_2 (x_2 T_{крит 2} + x_n T_{крит n}), \quad (11)$$

$$T_{кр.см} = k_1 x_1 T_{крит 1} + k_2 x_{2-n} T_{крит 2-n}, \quad (12)$$

где x_1 , x_2 и x_n – массовые доли метана, этана и оставшихся n -компонентов (пропана, бутана, гексана и т. д.); $T_{крит 1}$, $T_{крит 2-4}$ и $T_{крит 5+}$ – критическая температура метана, этана и оставшихся n -смесей соответственно; k_1 , k_2 и k_n – поправочные коэффициенты, которые принимаются равными 1,0; 0,95 и 0,94 соответственно.

Далее выполняется расчет согласно разработанной модели для определения критических

где $\Delta CH_{4пр}$, $\Delta CH_{4эт}$ – разности начальных концентраций метана макрослоев в проектируемом и эталонном криобаке для СПГ;

$$k_{выс} = 1,3248 \frac{h_{пр}}{h_{эт}} - 0,3248, \quad (8)$$

где $h_{пр}$, $h_{эт}$ – высоты заполнения нижним слоем в проектируемом и эталонном криобаке для СПГ.

Выражения для определения коэффициентов справедливы в диапазонах изменения относительных определяющих параметров:

Последовательность расчета состоит из следующих позиций: 1) определение состава смесей углеводородов по заданным составам газа и газового конденсата при содержании нестабильного газового конденсата в смеси от 0 до 10 масс. % газа; 2) определение критических параметров метана в баке (критического давления и критической температуры) выполняются с использованием пакета прикладных программ или формул для расчета.

Газовую смесь метанового ряда делим на три составляющие: метан; этан, оставшиеся n -компоненты (пропан, бутан, гексан и т. д.). Расчет ведется из условия, что метан подается в сжиженном виде при заправке криобака СПГ на АГНКС. Температура, при которой любое дальнейшее повышение давления не может повлиять на сжижение газа, называется критической температурой. Соответственно данное давление, при котором происходит сжижение природного газа, называется критическим давлением. Таким образом, необходимо корректно определять в первую очередь критическую температуру данной газовой смеси метанового ряда. Критическую температуру смесей углеводородов в первом приближении можно вычислять по формуле

параметров пикового значения давления и критической температуры от степени увеличения теплопритока извне (окружающей среды), данная модель подробно представлена в работе [9].

Оптимизация показателей рабочих систем газового двигателя с целью повышения энергоэффективности представлена на рисунке 5.

С подробным описанием проведенных оптимизаций в отдельных системах по представ-

ленному рисунку 5 можно ознакомиться в статье [10], в данном случае можно отметить, что проделанные работы существенно улучшат

энергоэффективные показатели газового двигателя в процессе эксплуатации ТС.

Рисунок 5
Оптимизация показателей рабочих систем газового двигателя

Выводы. По результатам исследования можно отметить, что сжиженный метан имеет достаточно сложное физическое состояние при термодинамическом фазовом переходе от низких к высоким показателям температуры и давления. Математические модели, представленные выше и описанные в работе [5], дают возможность определить основные показатели отдельных элементов системы питания газового двигателя с целью оптимизации подачи сжиженного природного газа для улучшения топ-

ливо-экономических и экологических показателей без снижения мощности. Положительная сторона рассматриваемого вопроса состоит в том, что есть все основания для реализации поставленной цели при правильном подборе материалов для дальнейших опытно-конструкторских разработок экспериментальных образцов составных элементов системы питания газового двигателя, таких как криогенные баки, трубки и газовые форсунки [11, 12].

Библиографический список

1. Дидманидзе, О.Н. Надежность автотранспортных средств [Текст] / О.Н. Дидманидзе, Д.В. Варнаков, А.М. Карев. М.: Триада, 2017. 161 с.
2. Дидманидзе, О.Н. Транспортные и транспортно-технологические процессы [Текст] / О.Н. Дидманидзе, Д.Г. Асадов, А.М. Карев, Р.Н. Егоров, А.Н. Журилин. М.: Триада, 2016. 163 с.
3. Нигматулин, Р.И. Основы механики гетерогенных сред [Текст] / Р.И. Нигматулин. М.: Наука, 1978.
4. Патанкар, С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости

[Текст] / С. Патанкар; пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1984.

5. Хакимов, Р.Т. Экспериментальные исследования процесса тепловыделения рабочего цикла газового двигателя с применением пьезоэлектрической форсунки [Текст] / Р.Т. Хакимов // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. СПб: СПбГАУ, 2015. С. 605–608.

6. Хакимов, Р.Т. Анализ экспериментальных исследований рабочих процессов конвертируемых газовых двигателей [Текст] / Р.Т. Ха-

кимов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2010. № 21. С. 297–302.

7. Хакимов, Р.Т. Влияние характеристик выгорания на показатели рабочего цикла газового двигателя при использовании электронной системы управления [Текст] / Р.Т. Хакимов // Грузовик. 2008. № 4. С. 27–29.

8. Prakash C., Patankar S.V. A control volume-based finite-element method for solving the Navie-Stokes equations using equal-order velocity-pressure interpolation. Numerical Heat Transfer. 1985. Vol. 8. P. 259.

9. Lee W., Baik Doo-Sung, Rogers T. and Petersen P. Study on Performance and Exhaust Gas Characteristics of Directly Injected CNG Engine. International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. Vol. 6. No. 2 (2014). Pp. 179–186.

10. Габитов, И.И. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей [Текст] / И.И. Габитов, А.В. Неговора // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 40–44.

11. Габитов, И.И. Устройство для исследования подачи топлива топливopодающей аппаратурой в дизелях [Текст] / И.И. Габитов, А.В. Неговора, А.Г. Габбасов, А.Р. Валиев, А.Ф. Давлетов // Патент на изобретение RU 2433299 24.03.2010

12. Неговора, А.В. Специализированное устройство для исследования закона подачи топлива в системах питания дизелей [Текст] / А.В. Неговора, А.И. Низамутдинов, Р.Т. Хакимов. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3 (29). С. 11–13.

Сведения об авторах

1. **Дидманидзе Отари Назирович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: didmanidze@rgau-msha.ru.

2. **Хакимов Рамиль Тагирович**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2, e-mail: haki7@mail.ru.

3. **Неговора Андрей Владимирович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Россия, РБ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: negovora@bsau.ru.

В работе представлены основные преимущества и недостатки сжиженного природного газа в качестве моторного топлива, используемого в двигателях внутреннего сгорания. Особое внимание в статье уделяется исследованию критических показателей давления и температуры в топливopодающей системе газового двигателя и криобака, заправленного сжиженным метаном с теплоизоляцией, а также крити-

ческих параметров при истечении метана в специальных трубках круглого сечения с целью транспортировки газа в двухфазной среде. Представлены варианты схем подачи природного газа в топливopодающую систему газового двигателя на основе электронной системы управления с целью повышения энергоэффективности и улучшения эксплуатационных свойств.

O. Didmanidze, R. Khakimov, A. Negovora

IMPROVING PARAMETERS OF A POWER SUPPLY SYSTEM FOR A GAS ENGINE WITH LIQUEFIED METHANE

Key words: *gas engine; peak pressure; critical temperature; design volume; liquefied gas; two-phase flow.*

Authors' personal details

1. **Didmanidze Otari**, Doctor of technical sciences, professor, corresponding member of the Russian Science Academy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya st., 49, e-mail: didmanidze@rgau-msha.ru.

2. **Khakimov Ramil**, Candidate of technical sciences, associate professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saint-Petersburg State Agrarian University, 196601, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg Highway 2, e-mail: haki7@mail.ru.

3. **Negovora Andrey**, Doctor of technical sciences, professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Ocyabrya St., 34, e-mail: negovora@bsau.ru.

The paper discusses the main advantages and drawbacks of liquefied natural gas as a motor fuel used in internal combustion engines. Special attention is paid to studies of critical indicators of pressure and temperature in the fuel-delivery system of the gas engine and a cryotank filled with liquefied methane with heat insulation as well as to critical

parameters of methane flow in special circular pipes to transfer the gas in the two-phase environment. There are schemes to supply natural gas to the fuel-delivery system of the gas engine based on an electronic control system in order to increase energy efficiency and improve operational properties.

© Дидманидзе О.Н., Хакимов Р.Т., Неговора А.В.

УДК 621.313.33

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-100-105

И.Р. Кафиев, Р.Р. Нугуманов, Л.Р. Галлямова

ВЛИЯНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ ЛИНЕЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ключевые слова: *схема замещения; математическая модель; несинусоидальность напряжения; линейный асинхронный двигатель; срок службы.*

Введение. В настоящее время наметилась тенденция расширения области применения в сельском хозяйстве электроприводов, построенных на базе линейных асинхронных двигателей (ЛАД). Достоинством данных двигателей является конструктивная простота, отсутствие электрического контакта со вторичным элементом, возможность получения большого диапазона линейных скоростей и перемещений без использования кинематических связей [1]. На базе линейных асинхронных электроприводов разработаны: инерционный конвейер, предназначенный для транспортирования сельскохозяйственных продуктов [2]; установка, которая может быть использована для сепарации зернового материала [3]; устройства для измельчения и помола зерновых культур [4, 5] и т. д. Несмотря на большое количество разработок на данную тему, вопросы надежности ЛАД, используемых в приводах сельскохозяйственных машин, мало изучены [6]. Это обстоятельство является одним из факторов, сдерживающих внедрение линейных электроприводов в производство. Поэтому большой интерес представляет исследование влияния несинусоидальности напряжения источника питания на срок службы ЛАД.

Цель исследования: оценка влияния несинусоидальности напряжения источника питания на срок службы ЛАД.

Задачи исследования: разработать математическую модель тепловых процессов в ЛАД и компьютерную программу в среде моделирования Matlab (Simulink), реализующую данную модель; определить моделированием температуры обмотки ЛАД при нормальных и ухуд-

шенных показателях качества электрической энергии; провести расчет относительного срока службы ЛАД при несинусоидальности питающего напряжения.

Условия, материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования использован односторонний плоский ЛАД, используемый в приводе жерновой мельницы, схема которой приведена на рисунке 1. Основные параметры ЛАД: номинальное фазное напряжение – 220 В; частота сети – 50 Гц; количество фаз – 3; номинальная мощность – 4,0 кВт; габаритные размеры – 168 × 168 × 45 мм. Вторичный элемент (ВЭ) ЛАД является комбинированным, состоящим из неферромагнитного материала (алюминиевого диска) и ферромагнитного материала (стального диска). Наружный диаметр дисков составляет 0,7 м, внутренний диаметр – 0,36 м. Частота вращения ВЭ – 144 об/мин. Из анализа литературы по надежности электрических машин следует, что в подавляющем большинстве случаев (85...95 %) отказы вращающихся асинхронных двигателей связаны с повреждением изоляции обмоток, на подшипниковый узел приходится 5...8 % отказов, а небольшой процент связан с другими причинами [7]. Таким образом, надежность линейного асинхронного двигателя в основном будет определяться отказами обмоток индуктора, которые обусловлены тепловым старением изоляции.

При разработке математической модели тепловых процессов в ЛАД использован метод эквивалентных тепловых схем, сущность которого заключается в следующем [8]: двигатель разделяют на элементы, близкие или по мате-

риалу, или по характеру контакта с соседними элементами или средой.

Эквивалентная тепловая схема замещения ЛАД представлена на рисунке 2.

Рисунок 1

Схема ЛАД в приводе жерновой мельницы:

1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – приемный бункер; 4 – верхний жернов; 5 – нижний жернов; 6 – индуктор ЛАД; 7 – алюминиевый диск вторичного элемента; 8 – стальной диск вторичного элемента

Рисунок 2

Тепловая схема замещения

линейного асинхронного двигателя:

1 – обмотка индуктора; 2 – магнитопровод индуктора; 3 – вторичная цепь ЛАД; G_1, G_2, G_3 – тепловая проводимость от обмоток индуктора, магнитопровода индуктора и ВЭ в окружающую среду соответственно; G_{12}, G_{23}, G_{31} – тепловые проводимости между элементами ЛАД

Для упрощения математического описания тепловых процессов в ЛАД введем следующие допущения: выделение тепла во ВЭ происходит только над поверхностью индуктора, и оно равномерно распределено по всему его объему; расчет температуры частей ЛАД производится для установившегося режима, т. е. когда ВЭ вращается с постоянной линейной скоростью; движение ВЭ относительно индуктора принимается прямолинейным, а не дугообразным.

Результаты исследования. Предложенная математическая модель тепловых процессов в ЛАД представляет собой систему дифференци-

альных уравнений, которая имеет следующий вид [9]:

$$\begin{cases} C_1 \frac{d\tau_1}{dt} = P_1 - G_1\tau_1 + G_{12}(\tau_1 - \tau_2) - G_{13}(\tau_1 - \tau_3); \\ C_2 \frac{d\tau_2}{dt} = P_2 - G_2\tau_2 + G_{12}(\tau_1 - \tau_2) + G_{23}(\tau_3 - \tau_2); \\ C_3 \frac{d\tau_3}{dt} = P_3 - G_3\tau_3 - G_{23}(\tau_3 - \tau_2) - G_{31}(\tau_3 - \tau_1), \end{cases} \quad (1)$$

где τ_1, τ_2, τ_3 – соответственно превышение температуры обмотки индуктора, стали и вторичного элемента температуры окружающей среды, C ; P_1, P_2, P_3 – выделяемая тепловая мощность обмоткой индуктора, сталью индуктора и вторичным элементом; C_1, C_2, C_3 – теплоемкости тел, Дж/°C; G_1, G_2, G_3 – тепловые проводимости соответственно от обмоток индуктора, стали магнитопровода индуктора и ВЭ в окружающую среду, Вт/°C; G_{12}, G_{23}, G_{31} – тепловая проводимость между элементами ЛАД, Вт/°C.

Для определения температур составных частей эквивалентной тепловой схемы замещения ЛАД разработана компьютерная программа с использованием пакета объектно-ориентированного визуального моделирования Matlab (Simulink), которая приведена на рисунке 3.

Определение теплоемкостей элементов ЛАД проводилось в зависимости от удельных теплоемкостей применяемых материалов. Значения теплоемкостей элементов ЛАД приведены в таблице 1.

Расчет значений тепловых проводимостей схемы проводился в соответствии с методиками, представленными в [8] и [10]. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 1 Значения теплоемкостей элементов ЛАД

Параметр	Значения теплоемкостей элементов		
	обмотки, C_1	сердечника, C_2	ВЭ, C_3
Значение, Дж/°C	588	1896	9250

Рисунок 3

Компьютерная программа в среде объектно-ориентированного визуального моделирования Matlab (Simulink)

Таблица 2 Значения тепловых проводимостей элементов ЛАД

Параметр	G_1	G_2	G_3	G_{12}	G_{23}	G_{31}
Ед. изм.	Вт/°C					
Значение	14,1	25,3	112,0	53,34	0,095	0,105

Рисунок 4

Схема замещения ЛАД с комбинированной вторичной цепью:

R_1 и X_1 – активное и реактивное сопротивление фазы индуктора; R'_{21} – приведенное эквивалентное сопротивление немагнитного слоя ВЭ; R'_{22} и X'_{22} – приведенные активное и реактивное эквивалентные сопротивления ферромагнитного слоя ВЭ; X_m – индуктивное сопротивление взаимной индукции между индуктором и ВЭ

Таблица 3 Значения потерь мощностей на элементах ЛАД

Параметр	Значения потерь мощностей		
	обмотки, P_1	сердечника, P_2	ВЭ, P_3
Значение, Вт	1156,0	32,8	325,8

Для определения параметров модели P_1 , P_2 и P_3 использована электрическая схема замещения ЛАД с комбинированной вторичной цепью, представленная на рисунке 4 [11].

Расчет параметров эквивалентной схемы замещения и потерь мощностей на элементах

ЛАД проводился в соответствии с методиками, приведенными в [11] и [12].

Значения потерь мощностей на элементах ЛАД приведены в таблице 3.

Подставляя значения параметров модели в разработанную компьютерную программу,

определяем превышения температуры элементов ЛАД над температурой окружающей среды. Получаем следующие результаты: превышение температуры обмотки индуктора над температурой окружающей среды $\tau_1 = 38^\circ\text{C}$; превышение температуры магнитопровода индуктора над температурой окружающей среды $\tau_2 = 26^\circ\text{C}$; превышение температуры ВЭ над температурой окружающей среды $\tau_3 = 3^\circ\text{C}$.

Принимая значение температуры окружающей среды в электрической машине равным 40°C , получаем значения температур элементов ЛАД: температура обмотки индуктора $\Theta_1 = 78^\circ\text{C}$; стали индуктора – $\Theta_2 = 66^\circ\text{C}$; ВЭ – $\Theta_3 = 43^\circ\text{C}$.

Дополнительные потери в ЛАД, обусловленные несинусоидальностью напряжения, определяем по зависимости [13]:

$$\Delta P_1^{(n)} = P_1 \cdot k_{\Pi}^2 \cdot K_{u(n)}^2 \cdot \frac{(\sqrt{n} + \sqrt{n+1})}{n}, \quad (2)$$

где P_1 – потери в меди индуктора ЛАД при номинальном токе основной частоты, Вт; k_{Π} – кратность пускового тока. Для ЛАД в зависимости от мощности $k_{\Pi} = 4 \dots 8$ [14]. Для рассматриваемой ЛАД $k_{\Pi} = 4$; $K_{u(n)}$ – коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения; n – номер гармоники. Знак «–» соответствует симметричной составляющей гармоник, создающих бегущие поля, встречные полю основной

гармоники, а «+» – симметричной составляющей гармоник, создающих поля, совпадающие с полем основной гармоники.

С использованием разработанной на MatLab (Simulink) программы проводим расчеты превышения температуры обмотки индуктора от протекания токов, созданных высшими гармониками напряжения, образующими прямую ($n = 7, 13, 19$) и обратную последовательность чередования фаз ($n = 5, 11, 17$).

Для различных значений коэффициента гармонических составляющих напряжения $K_{u(n)}$ по формуле Монтзингера [15] определяем относительный срок службы ΔT ЛАД

$$\Delta T = \frac{T}{T_n} = e^{-A \cdot \Delta \Theta_1}, \quad (3)$$

где T – срок службы при реальных значениях показателя качества напряжения источника питания; T_n – срок службы при нулевых значениях коэффициента несинусоидальности напряжения источника питания; A – коэффициент, зависящий от марки изоляции. Для изоляции класса нагревостойчивости F коэффициент A равен $0,069 \text{ } 1/^\circ\text{C}$.

По полученным данным строим графики зависимости относительного срока службы ЛАД от значений коэффициента гармонических составляющих напряжения $K_{u(n)}$.

Рисунок 5

График зависимости относительного срока службы ЛАД от коэффициента $K_{u(n)}$ для высших гармоник, образующих последовательность: а – прямую ($n = 7, 13, 19$); б – обратную ($n = 5, 11, 17$)

Выводы. 1. При нормально допустимых значениях коэффициента гармонических составляющих напряжения ($K_{u(n)} = 2\%$) снижение срока службы линейного асинхронного двигателя составляет до $0,5\%$, при предельно допустимом значении ($K_{u(n)} = 4\%$) – до $2,1\%$. Следовательно, при допустимых значениях коэф-

фициента несинусоидальности напряжения источника питания надежность ЛАД уменьшается незначительно. При значении этого коэффициента, равного 10% , происходит существенное снижение срока службы ЛАД (до $12,5\%$).

2. Вклад высших гармоник обратной последовательности ($n = 5, 11, 17$) в снижение

надежности двигателя больше, чем у высших гармоник прямой последовательности ($n = 7, 13, 19$).

Это объясняется противоположным направлением бегущих магнитных полей, создаваемых токами высших гармоник, по отношению к

бегущему магнитному полю, создаваемому основной гармоникой напряжения источника питания.

3. Наибольшее снижение срока службы ЛАД происходит при гармониках низшего порядка ($n = 5$ и $n = 7$).

Библиографический список

1. Аипов, Р.С. Линейные электрические машины и приводы на их основе [Текст] / Р.С. Аипов. Уфа: Башкирский ГАУ, 2003. 201 с.
2. Патент 2422348 Российская Федерация, МПК В 65 G 27 24. Инерционный конвейер [Текст] / Р.С. Аипов, С.В. Акчурин, А.В. Линенко, М.Ф. Туктаров. № 2010110857/11; заявл. 22.03.2010; опубл. 27.06.2011, Бюл. № 11. 3 с.
3. Линенко, А.В. Зерноочистительная установка с линейным электродвигателем [Текст] / А.В. Линенко, М.Ф. Туктаров, С.В. Акчурин // Сельский механизатор. 2014. № 8 (66). С. 24–25.
4. Патент № 2482920 Российская Федерация, МПК В02С7/16. Устройство для измельчения твердых материалов [Текст] / Р.С. Аипов, Р.Р. Нугуманов. № 2012106826/13; заявл. 24.02.2012 г.; опубл. 27.05.2013 г., Бюл. № 15. 7 с.
5. Патент № 2546860 Российская Федерация, МПК В 02 С7/08, В 02 С7/16. Устройство для измельчения [Текст] / Р.С. Аипов, Р.Р. Нугуманов, А.В. Линенко. №2013153279/13; заявл. 29.11.2013; опубл. 10.04.2015 г., Бюл. № 10. 7 с.
6. Аипов, Р.С. К вопросу о надежности электроприводов сельскохозяйственных машин [Текст] / Р.С. Аипов, И.Р. Кафиев // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016». Часть III. Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. С. 3–6.
7. Кузнецов, Н.Л. Надежность электрических машин [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Л. Кузнецов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 432 с.
8. Борисенко, А.И. Охлаждение промышленных электрических машин / А.И. Борисенко, О.Н. Костиков, А.И. Яковлев. М.: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.
9. Кафиев, И.Р. Математическая модель тепловых процессов в линейном асинхронном двигателе [Текст] / И.Р. Кафиев, Л.Р. Галлямова, Р.Р. Нугуманов // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXVII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2017». Уфа: Башкирский ГАУ, 2017. С. 340–343.
10. Проектирование электрических машин [Текст]: учеб. для вузов / И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; под ред. И.П. Копылова. 3-е изд., испр. и доп. М.: Высшая школа, 2002. 757 с.
11. Аипов, Р.С. Линейные электрические машины и линейные асинхронные электроприводы технологических машин [Текст]: монография / Р.С. Аипов, А.В. Линенко. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. 308 с.
12. Сарапулов, Ф.Н. Математические модели линейных индукционных машин на основе схем замещения [Текст]: учебное пособие / Ф.Н. Сарапулов, С.Ф. Сарапулов, П. Шымчак. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 236 с.
13. Шиловский, А.Н. Повышение качества электрической энергии в электрических сетях [Текст] / А.Н. Шиловский, В.Г. Кузнецов. Киев: Научная мысль, 1985. 268 с.
14. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / И.В. Жежеленко. М.: Энергоатомиздат, 2000. 252 с.
15. Котеленец, Н.Ф. Испытания и надежность электрических машин [Текст] / Н.Ф. Котеленец, Н.Л. Кузнецов. М.: Высшая школа, 1988. 232 с.

Сведения об авторах

1. **Кафиев Иришат Рашитович**, кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: kafiev02@mail.ru.
2. **Нугуманов Раушан Римович**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: nugraush@rambler.ru.
3. **Галлямова Лиана Рамилевна**, старший преподаватель кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: toliara@mail.ru.

В статье проведена оценка влияния несинусоидальности напряжения источника питания на срок службы плоского линейного асинхронного двигателя в приводе жерновой мельницы. Для достижения этой цели выбрана тепловая схема замещения данного двигателя, разработана математическая модель тепловых процессов в двигателе и компьютерная программа в среде объектно-ориентированного моделирования Matlab (Simulink). С использованием компьютерной

программы определены превышения температуры обмотки индуктора линейного асинхронного двигателя от протекания токов, созданных высшими гармониками напряжения, образующими прямую и обратную последовательность чередования фаз. На основе уравнения Монтзингера определены и построены графики зависимости относительного срока службы линейного асинхронного двигателя от коэффициентов гармонических составляющих напряжения.

I. Kafiev, R. Nugumanov, L. Gallyamova

EFFECT OF POWER SUPPLY VOLTAGE UNSINUSOIDALITY ON RELIABILITY OF A LINEAR INDUCTION MOTOR

Key words: *equivalent circuit; mathematical model; voltage unsinusoidality; linear induction motor; life time.*

Authors' personal details

1. **Kafiev Irshat**, Candidate of technical sciences, assistant professor of the Electric Machines and Equipment Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: kafiev02@mail.ru.

2. **Nugumanov Raushan**, Candidate of technical sciences, senior lecturer of the Electric Machines and Equipment Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: nugraush@rambler.ru.

3. **Gallyamova Liana**, senior lecturer of the Electric Machines and Equipment Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: toliara@mail.ru.

There is an assessment of the way power supply voltage unsinusoidality influences on the life time of a flat linear induction motor in the drive of an attrition mill. To achieve this goal, the thermal scheme for replacing this engine was chosen, a mathematical model of thermal processes in the engine as well as a software for the object-oriented modeling environment Matlab (Simulink) were developed. Using the computer program, the tem-

perature rise of the inductor winding in a linear asynchronous motor is determined. It is due to current flow created by higher voltage harmonics forming positive and reverse sequence of phase alternations. On the basis of the Montzinger equation, dependency diagrams of the relative life time of a linear induction motor on coefficients of the harmonic voltage components are determined.

© Кафиев И.Р., Нугуманов Р.Р., Галлямова Л.Р.

УДК 664.78

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-105-110

М.М. Константинов, А.А. Румянцев, Н.А. Борзов

МЕТОДОЛОГИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЦВЕТА ГРЕЧНЕВОЙ КРУПЫ ПРИ ЕЕ ОБРАБОТКЕ

Ключевые слова: *методология; оценка; цвет; гречневая крупа; критерии; треххроматические координаты; признак.*

Введение. В настоящее время потребители гречневой крупы предъявляют все более высо-

кие требования к ее качеству и товарному виду по сравнению с требованиями, регламентируе-

мыми ГОСТ 5550. Повышенным спросом пользуется гречневая купа, прошедшая гидротермическую обработку и имеющая однородный коричневый цвет, приятные вкус и запах. Цвет и белизна пока являются единственными показателями, поддающимися не только сенсорной оценке, но и количественному измерению, которое находит применение в мукомольной, хлебобулочной и пищевой отраслях [1–4]. Имеются разработки и предложения, позволяющие количественно оценить цвет крупы и в крупопроизводящей отрасли [5–7, 13]. Однако, несмотря на очевидный прогресс в методах контроля цвета крупы, до сих пор отсутствует методология оценки неоднородности ее окраски.

Цель и методика исследований. Гидротермически обработанная по той или иной технологической схеме масса зерен гречневой крупы является статистической системой, поскольку число зерновок (изображающее в этом случае число математических событий) очень велико, а их расположение в занимаемом объеме совершенно случайно, что соответствует требуемому статистикой условию случайности событий. В связи с этим к такой системе применимы статистические методы исследования, в частности выборочный метод с вычислением показателей колеблемости изучаемого признака, которые могут являться показателями степени однородности или неоднородности выборки. Из дальнейшего анализа может быть сделан вывод о распространении полученных результатов на всю совокупность, то есть партию зерна или крупы.

Многие исследователи в качестве основного критерия, характеризующего качество зернистой или мелкодисперсной смеси, принимают среднеквадратическое отклонение S или дисперсию S^2 содержания ключевого компонента в пробах [8, 9]. Однако наиболее распространенным критерием в большинстве отраслей промышленности принят коэффициент вариации (неоднородности) V . Учитывая обоснованное использование показателя белизны в качестве характеристики муки и мучной композиционной смеси, в мукомольной и хлебобулочной отраслях предлагается для этой цели принять коэффициент его вариации [8], при этом принято считать, что если последний менее 10 %, то вариация или неоднородность массы незначительная и она удовлетворительного качества, а при больших значениях она признается неоднородной и неудовлетворительного качества. В агротехнических исследованиях принято считать, что если коэффициент вариации менее 10 %, то она незначительная; если она более 10 %, но менее 20 %, то такая изменчивость среднего уровня, и значительная, если

коэффициент вариации более 20 % [9]. Метод определения однородности мучных композиционных смесей в пищевых производствах состоит в нахождении коэффициента вариации из не менее десяти проб, отобранных из смесителя в различных местах либо на выходе из него через определенные промежутки времени [10].

Принимая за одну из основных характеристик крупы ее цвет, как параметры качества можно использовать среднеквадратичные отклонения S_x, S_y , дисперсию S_x^2, S_y^2 и коэффициенты вариации V_x, V_y его координат, при этом предельные значения последних, определяющие зерновую массу как однородную, можно ограничить по аналогии с пищевыми производствами 10-ю процентами. Следует отметить, что если с помощью коэффициента вариации можно оценить степень неоднородности зерна или крупы, то величиной $M = (100 - V) \%$ – наоборот, степень их однородности.

Результаты исследования и их обсуждение. Приведем обобщенные расчетные формулы для определения вышеуказанных параметров при сгруппированных значениях координат цвета x, y :

$$S_c^2 = \frac{\sum_{i=1}^k m_i \times (c_{ci} - \bar{c})^2}{n - 1}, \quad (1)$$

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k m_i \times (c_{ci} - \bar{c})^2}{n - 1}}, \quad (2)$$

$$V_c = \frac{100}{\bar{c}} \times \sqrt{\frac{1}{n - 1} \times m_i \sum_{i=1}^k (c_{ci} - \bar{c})^2}, \quad (3)$$

где $\bar{c}$ – среднее значение координаты x или y , равное

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k (m_i \times c_{ci})}{n}, \quad (4)$$

где c_{ci} – середина i -го интервала для координаты x или y ; m_i – число измерений в i -м интервале; k – число интервалов для координаты x или y ; n – общее число измерений, равное $\sum_{i=1}^k m_i$.

Полное описание цвета зерна или крупы можно получить построением трехмерных распределений треххроматических координат цвета XYZ, принятых Международной комиссией по освещению CIE, или значений RGB-составляющих на цветовом треугольнике модели CIE, которые при нормальном распределении каждой составляющей представляли бы эллипсоид равной плотности. Учитывая преимущества «плоскостного» представления цвета в координатах x, y цветовой диаграммы CIE x, y, Y , полное описание цвета зерна или крупы можно получить построением двумерного распределения этих координат. При нормальном распределении каждой координаты цвета и

наличии линейной корреляционной связи между ними плотность совместного двумерного распределения $P_{(x,y)}$ определяется выражением

$$P_{(x,y)} = \frac{1}{2\pi \times S_x \times S_y \times \sqrt{1-r_{xy}^2}} \times e^{-\frac{1}{2}Q(x,y)}, \quad (5)$$

где

$$Q(x,y) = \frac{1}{1-r_{xy}^2} \times \left[\frac{(x-\bar{x})^2}{S_x^2} + \frac{(y-\bar{y})^2}{S_y^2} - 2r_{xy} \times \frac{(x-\bar{x}) \times (y-\bar{y})}{S_x \times S_y} \right]. \quad (6)$$

Здесь r_{xy} – линейный коэффициент корреляции x и y , определяемый по формуле

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l n_{ij} (x_{ci} - \bar{x}) \times (y_{cj} - \bar{y})}{(n-1) \times S_x \times S_y}, \quad (7)$$

где x_{ci} , y_{cj} – середины i -го и j -го интервалов соответственно для координат цвета x и y ; $\bar{x}$, $\bar{y}$ – средние значения координат цвета x и y соответственно; k , l – число интервалов координаты цвета x и y соответственно; n_{ij} – число совместных наблюдений значений x и y .

Доказательство наличия корреляционной связи между координатами цвета x и y представляет определенный интерес, при этом предпосылкой к линейному характеру этой связи может служить подтверждение нормальности распределения координат цвета. Тот или иной характер корреляционной связи между координатами цвета предопределяет различные выводы о характере изменения как тона цвета, так и его оттенков. Количественно эту связь можно установить построением регрессионной модели на основании статистической обработки результатов измерений координат цвета.

В случае подтверждения наличия корреляционной связи между координатами цвета полезно выяснить при сравнительном анализе нескольких выборок и однородность коэффициентов корреляции, что позволяет подтвердить или опровергнуть предположение об однообразии процессов, происходящих при окраске зерна с использованием исследуемых способов ГТО, то есть об их идентичности, а также выяснить возможность использования некоторой «усредненной» регрессионной модели, количественно описывающей эту взаимосвязь для данного сорта крупы. Для этой цели может быть использован Z -критерий существенности различия любых двух коэффициентов корреляции, рассчитываемый по формуле

$$Z = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}}, \quad (8)$$

где n_1 и n_2 – объемы соответствующих выборок, а u_1 и u_2 – параметры преобразования Фишера, определяемые в общем случае по формуле

$$u = \frac{1}{2} \ln \times \frac{1 + r_{xy}}{1 - r_{xy}}. \quad (9)$$

Если $|Z|$ при альтернативной гипотезе $\rho_1 \neq \rho_2$ (ρ_1 , ρ_2 – значения коэффициентов корреляции для генеральных выборок) окажется меньше

теоретического значения $Z_{1-\alpha/2}$, найденного из таблицы для вероятности $P_{1-\alpha/2}$ и уровне значимости $\alpha = 0,05$, то гипотеза о равенстве коэффициентов корреляции принималась. В этом случае можно считать, что выборки взяты из общей совокупности.

Нормальное распределение каждой координаты цвета в отдельности в соответствии с теорией многомерных распределений предопределяет и нормальность двумерного распределения. С другой стороны, такие индивидуальные распределения координат цвета будут хорошо иллюстрировать состояние системы зерен как наиболее однородное по сравнению со случаями, когда эти распределения будут иными. Отнесение таких распределений к нормальному проверяется параметром χ^2 , вычисляемым по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i}, \quad (10)$$

где m_i – наблюдаемые фактические частоты; m'_i – частоты, рассчитанные по нормальному закону; k – число пар наблюдаемых и рассчитанных частот, которые сравниваются друг с другом.

Затем, находя из таблиц при числе степеней свободы $n-1$ значение χ^2_T [10, 11], сравнивают его с расчетным. Если последнее меньше, чем полученное из таблиц для $\alpha = 0,05$, то можно заключить с 5 %-ой вероятностью ошибки, что распределение частоты появления зерен по цвету является нормальным.

Мерой упорядоченности, а значит, и однородности сложной случайной системы, к которой, как указывалось выше, относится и масса зерна или крупы, может явиться также величина полной энтропии $H(y/x)$ для координат цвета x и y , которую можно определить по формуле [12]:

$$H(y/x) = - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l P_{ij} \times \log_2 P(y_j/x_i), \quad (11)$$

где P_{ij} – вероятность любого возможного состояния системы зерен; $P(y_j/x_i)$ – условные вероятности.

Меньшее значение полной энтропии координат цвета будет говорить о большей упорядоченности и определенности в цветовой окраске зерна или крупы, а также ее однородности и отдаленности от состояния равновероятности появления того или иного сочетания координат x и y .

Во многих случаях, в том числе и для сравнительной оценки по цветовому признаку каче-

ства крупы, выработанной с применением различных способов ГТО зерна, могут быть использованы и другие, известные и табулированные в математической статистике критерии, к которым можно отнести t -критерий Стьюдента существенности различий преобладающих цветов по вычисленным значениям средних значений координат цвета $\bar{x}$ и $\bar{y}$, F -критерий Фишера существенности различия между двумя выборочными дисперсиями, критерий однородности нескольких дисперсий Бартлетта M и критерий существенности различия коэффициентов вариации t_ϕ . В первом случае необходимо вычислить t -статистику по формуле (на примере координаты x):

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_x \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad (12)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – средние значения координаты цвета x одной и другой выборки; n_1 и n_2 – число произведенных измерений для одной и другой выборки; S_x – среднеквадратическое отклонение, определяемое для обеих координат по формуле

$$S_x = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \times S_{x1}^2 + (n_2 - 1) \times S_{x2}^2}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad (13)$$

где S_{x1}^2 и S_{x2}^2 – дисперсии координаты x одной и другой выборки.

Статистику t сопоставляют с критическим значением $t_{кр}$, находимым из таблиц для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $n_1 + n_2 - 2$. При $t \leq t_{кр}$ гипотезу о равенстве координат не отвергают, в противном случае бракуют.

Аналогично можно определить и существенность различия средних значений координат y для двух выборок.

Критерий Фишера F можно вычислить в общем виде по формуле

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (14)$$

где S_1^2 – большая из двух дисперсий одноименных координат цвета.

Найдя из таблиц значение F_τ при степенях свободы $k_1 = n_1 - 1$ и $k_2 = n_2 - 1$ и сравнивая его с F , определяют при уровне значимости $\alpha = 0,05$ существенность различий между S_1^2 и S_2^2 . Если $F > F_\tau$, то с вероятностью более 0,95 гипотеза о равенстве дисперсий отвергается и расхождение дисперсий считается существенным, в противном случае принимается обратное решение.

M -критерий Бартлетта, основанный на предположении о нормальности (или близости к ней) распределения исследуемого признака в выборках с $n > 50$, для которых исчислены дис-

персии, определяется по величине соотношения M/C , в котором

$$M = 2,30 \times \left(\lg \bar{S}^2 \sum_{i=1}^k n_i - \sum_{i=1}^k n_i \times \lg S_i^2 \right), \quad (15)$$

$$\bar{S}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2 \times n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (16)$$

$$C = 1 + \frac{\sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} - \frac{1}{\sum_{i=1}^k n_i}}{3(k-1)}. \quad (17)$$

В этих выражениях S_i^2 – частная дисперсия координат цвета x или y ; $\bar{S}^2$ – взвешенная средняя арифметическая дисперсия той или иной координаты цвета; k – число анализируемых дисперсий.

Найдя табличное значение критерия χ^2_τ при $\alpha = 0,05$ и $m-1$ степенях свободы [10, 11], сравнивают его с фактическим значением соотношения M/C . Если последнее меньше табличного, то дисперсии различаются незначимо. В противном случае дисперсии признаются неоднородными.

Существенность различий коэффициентов вариации двух выборок для той или иной координаты цвета устанавливают аналогично тому, как это делается при оценке существенности различия выборочных средних по критерию согласия t_ϕ [12].

Если принять

$$t_\phi = \frac{V_1 - V_2}{\sqrt{\frac{V_1^2}{2n_1} + \frac{V_2^2}{2n_2}}}, \quad (18)$$

то при $t_\phi > 3$ различие коэффициентов вариации V_1 и V_2 полагают неслучайным.

В случаях когда $t_\phi < 3$, принимается вывод о случайности в различии между коэффициентами вариации.

Вывод о существенности различия того или иного статистического показателя при парных сравнениях хотя бы для одной координаты цвета можно считать достаточным для оценки различия качества исследуемых выборок и партий крупы по цветовому признаку.

Выводы. В результате исследований разработана методология, обоснованы критерии и параметры количественной оценки цвета гречневой крупы. Установлено, что в качестве критериев можно использовать t -критерий Стьюдента существенности различий преобладающих цветов по вычисленным значениям средних значений координат цвета $\bar{x}$ и $\bar{y}$; F -критерий Фишера существенности различия между двумя выборочными дисперсиями; M -критерий Бартлетта однородности нескольких дисперсий

и критерий существенности различия коэффициентов вариации t_{ϕ} ; в качестве параметров – среднеквадратичные отклонения S_x , S_y ; дисперсию S_x^2 , S_y^2 ; коэффициенты вариации V_x , V_y и полную энтропию $H(y/x)$ для координат цвета

x и y гречневой крупы. Такой подход позволяет разработать новые методы контроля качества гречневой крупы и решить проблему объективной оценки ее цвета в существующих стандартах.

Библиографический список

1. Штейнберг, Т. Оценка сортности по показателю «белизна» [Текст] / Т. Штейнберг, А. Семикина, О. Шведова, О. Морозова // Хлебопродукты. 2011. №3.
2. Vithu P., Moses J.A. Machine vision system for food grain quality evaluation: A review, In Trends in Food Science & Technology, Volume 56, 2016, Pages 13–20.
3. Chang-Hyun Choi, Dae-Hyun Lee, Yong-Joo Kim, Byung-Sam Kim, Jong-Hun Kim, Prediction of beef freshness attributes using reflectance spectroscopy, In Engineering in Agriculture, Environment and Food, 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1881836617300083?via%3Dihub>, Дата доступа: 10.10.2017.
4. Measuring Ground Coffee with ColorFlex® EZ (2015) [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://www.hunterlab.com/powders-grains-pastes.html>. Дата доступа: 08.12.2015.
5. Константинов, М.М. Исследование воздействия гидротермической обработки зерна гречихи на цвет крупы [Текст] / М.М. Константинов, А.А. Румянцев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (40). С. 84–87.
6. Константинов, М.М. Способ определения равномерности гидротермической обработки зерна крупяных культур [Текст] / М.М. Константинов, А.А. Румянцев, Н.А. Борзов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (35-1). С. 79–82.
7. Совершенствование гидротермической обработки зерна гречихи в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств [Текст]: рекомендации РАН, отделение сельскохозяйственных наук / А.И. Завражнов, М.М. Константинов, А.А. Румянцев, Н.А. Борзов, А.А. Завражнов // МСХ РФ. Мичуринск-научоград РФ, 2015. 61 с.
8. Марьин, В.А. Ресурсосберегающая технология переработки зерна гречихи [Текст] / В.А. Марьин, Е.А. Федотов, А.Л. Верещагин // Хлебопродукты. 2008. № 8. С. 54–55.
9. Бобков, В.А. Анализ однородности мучных композиционных смесей по показателю белизны [Текст] / В.А. Бобков // Хлебопродукты. 2005. № 5. С. 57–59.
10. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Н.Ш. Кремер. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 573 с.
11. Красс, М.С. Математика в экономике: математические методы и модели [Текст]: учебник для бакалавров / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов; отв. ред. М.С. Красс. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2014. 541 с.
12. Венецкий, И.Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе [Текст] / И.Г. Венецкий, В.И. Венецкая. М.: Статистика, 1979. 147 с.
13. Камалетдинов, Р.Р. Метод оценки качества аэрозольного покрытия [Текст] / Р.Р. Камалетдинов, Э.Р. Хасанов // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 5. С. 39–40.

Сведения об авторах

1. **Константинов Михаил Маерович**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации технологических процессов в АПК, Оренбургский государственный аграрный университет, Россия, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18, e-mail: miconsta@yandex.ru.
2. **Румянцев Александр Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевой инженерии аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, Россия, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42.
3. **Борзов Николай Андреевич**, ведущий специалист ТОО «Казагроэксперт», Казахстан, г. Костанай, ул. Дулатова, 45.

Масса зерен гречневой крупы является статистической системой, поскольку число зерновок (изображающее в этом случае число математических событий) очень велико, а их расположение в занимаемом объеме совершенно случайно, что соответствует требуемому статистикой условию случайности событий. К такой

системе применимы статистические методы исследования, в частности выборочный метод с вычислением показателей колеблемости изучаемого признака, которые могут являться показателями степени однородности или неоднородности выборки, а из дальнейшего анализа может быть сделан вывод о распространении

полученных результатов на всю совокупность, то есть партию зерна или крупы. Принимая за одну из основных характеристик крупы ее цвет, в качестве параметров качества можно использовать среднеквадратичные отклонения S_x , S_y , дисперсию S_x^2 , S_y^2 и коэффициенты вариации V_x , V_y его координат, при этом предельные значения последних, определяющие зерновую массу как однородную, можно ограничить по аналогии с пищевыми производствами 10-ю процентами. Полное описание цвета зерна или крупы можно получить построением трехмерных распределений треххроматических координат цвета XYZ CIE или значений RGB-составляющих на цветовом треугольнике модели CIE, которые при нормальном распределении каждой составляющей представляли бы эллипсоид равной плотности. Учитывая преимуще-

ства «плоскостного» представления цвета в координатах xu цветовой диаграммы CIE xuY , полное описание цвета зерна или крупы можно получить построением двумерного распределения этих координат. В качестве критериев можно использовать t -критерий Стьюдента существенности различий преобладающих цветов по вычисленным значениям средних значений координат цвета $\bar{x}$ и $\bar{y}$; F -критерий Фишера существенности различия между двумя выборочными дисперсиями; M -критерий Бартлета однородности нескольких дисперсий и критерий существенности различия коэффициентов вариации t_ϕ . Такой подход позволяет разработать новые методы контроля качества гречневой крупы и решить проблему объективной оценки ее цвета в существующих стандартах.

M. Konstantinov, A. Rumiantsev, N. Borzov

METHODOLOGY OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF BUCKWHEAT COLOUR AT ITS PROCESSING

Key words: methodology; assessment; color; buckwheat; criteria; three colour coordinates; trait.

Authors' personal details

1. **Konstantinov Mikhail**, Doctor of technical sciences, professor of the Mechanization of technological processes in agriculture department, Orenburg state agrarian university, Russia, Orenburg, Cheluskintsev St., 18, e-mail: miconsta@yandex.ru.
2. **Rumiantsev Alexander**, Candidate of technical sciences, assistant professor of the Food Engineering in Agriculture department, Ural state agrarian university, Russia, Ekaterinburg, Karl Libnekht St., 42.
3. **Borzov Nikolai**, leading expert of «Kazagroexpert» company, Kazakhstan, Kustanai, Dulatov St., 45.

The mass of buckwheat grains is a statistical system, since the number of grains (representing the number of mathematical events in this case) is very large, and their location in the occupied volume is completely random, which corresponds to the condition of random events required by statistics. Such a system can be studied with statistical research methods, particularly a sampling method with calculation of indices of variability of the studied trait, which may be indicators of the degree of homogeneity or heterogeneity of the sample, and further analysis can be concluded that the dissemination of the results to the whole population, that is, the batch of grain or grain. Taking one of the main characteristics of cereals, as quality parameters, you can use the standard deviation S_x , S_y , variance S_x^2 , S_y^2 and coefficients of variation V_x , V_y its coordinates, with the limit values that determine grain mass as homogeneous, it is possible to limit, by analogy with food production 10 percent. A complete description of the grain or grits color can be obtained by constructing three-dimensional dis-

tributions of three-chromatic coordinates of XYZ CIE color or RGB-values on the color triangle of the CIE model, which, with the normal distribution of each component, would represent an ellipsoid of equal density. Taking into account the advantages of the «planar» color representation in the xy coordinates of the CIE xyY color chart, a complete description of the grain or cereal color can be obtained by constructing a two-dimensional distribution of these coordinates. As criteria you can use student's t -test for the significance of differences dominant colors according to calculated values of average values of color coordinate; F -the Fisher test of significance of difference between two sample variances; M -Bartlett criterion of homogeneity of several variances and the criterion of significance of differences of the coefficients of variation TF is. Such approach allows to develop new methods of quality control of buckwheat and to solve a problem of an objective assessment of its color in the existing standards.

© Константинов М.М., Румянцев А.А., Борзов Н.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН КУКУРУЗЫ ВАКУУМНЫМ АППАРАТОМ ТОЧНОГО ВЫСЕВА

Ключевые слова: сеялка точного высева; вакуумный высевочный аппарат; адаптивные дозирующие элементы; модернизация; единичная подача семян.

Введение. Кукуруза – уникальная сельскохозяйственная культура многоцелевого использования. В нашей стране на её долю приходится почти 5 % посевных площадей, причем в последние годы этот показатель постоянно увеличивается, например, объемы производства кукурузы на зерно к 2015 году по сравнению с концом XX века выросли более чем в два с половиной раза и составили 2770,7 тыс. га [1]. Одной из основополагающих операций при возделывании кукурузы является посев. Его необходимо выполнять при сочетании оптимальной температуры (+10 °C) и влажности (18–20 %) почвы на глубине предстоящей заделки семян. Поэтому операция должна проводиться на достаточно высоких скоростях в сжатые агротехнические сроки (7–14 суток). Отклонение от оптимальных сроков сева кукурузы в засушливых условиях может привести к недобору 7...34 % урожая [2]. Растения кукурузы требовательны к площади питания, поскольку чувствительны к уровню обеспеченности светом и обладают разветвленной корневой системой [3]. Экспериментально установлено [4], что при возрастании коэффициента вариации шага высева на 1 % урожайность кукурузы по зерну в среднем снижается на 0,143 %, поэтому при посеве недостаточно обеспечить рациональную усредненную густоту стояния растений, необходимо еще добиться высокой равномерности их распределения.

Соответственно кукурузные сеялки должны обеспечивать высокое качество распределения семян при значительных рабочих скоростях. В то же время при проведении стендовых испытаний в условиях МИС страны было установлено, что уже при имитации скорости движения агрегата 6–8 км/ч частота «нулевых» подач семян составляет около 4,5 % [5], что значительно выше допуска агротребований $[p_0] = 2 \%$. Низкое качество работы аппаратов провоцирует нерациональное использование площади посева и заведомый недобор урожая.

Цель исследования – повышение производительности аппаратов точного высева, обеспечение высокого качества дозирования семян кукурузы для развития посевной техники, имеющей перспективы промышленного использования.

Обсуждение результатов. Высевочный аппарат – один из важнейших узлов пропашной сеялки, конструктивное совершенство которого в значительной степени определяет качество распределения семян по площади поля [6, 11, 12]. Анализ данных о типах высевочных аппаратов, наиболее широко представленных на рынке сельскохозяйственной техники, показал [3], что в производстве наиболее популярны вакуумные высевочные аппараты с вертикальным высевочным диском, дозирующими элементами в форме круглых присасывающих отверстий, центрально расположенным ворошителем семян и плоским ступенчатым сбрасывателем (отражателем) «лишних» семян [3]. В таких высевочных аппаратах поштучный захват семян осуществляется за счет силы присасывания $P_{пр}$, возникающей под действием разрежения в вакуумной камере, а вынос семян из общего слоя происходит под воздействие силы трения F поверхности высевочного диска о присасываемое семя. Причем гипотетически предполагается, что величины этих сил пропорциональны площади присасывающих отверстий высевочного диска S_o . Однако дополнительное исследование показало, что семя, захваченное дозирующим элементом, при движении раздвигает вышележащий слой семян (рисунок 1). После смыкания семени на траектории движения присасывающих отверстий в большинстве случаев располагаются так, что площадь перекрытия S_c ими присасывающего отверстия не равна площади самого дозирующего элемента S_o [3]. Поэтому в реальном процессе сила присасывания пропорциональна площади контакта S_c , значение которой носит вероятностный характер и в среднем существенно меньше значения S_o . При высоких скоростях посева это снижает эффективность захвата семян, приводит к росту числа «пропусков».

Для устранения выявленного недостатка к использованию в сельскохозяйственном производстве предложен высевочный аппарат с «адаптивными» дозирующими элементами [7, 8], образованными пересечением радиальных прорезей в высевочном диске с фигурным вырезом в прокладке вакуумной камеры (рисунок 2).

Рисунок 1

Возможное расположение семян относительно присасывающего отверстия

Рисунок 2

Схема образования «адаптивного» дозирующего элемента

Преимущества применения «адаптивных» дозирующих элементов заключаются в следующем: их радиальное расположение и значительный продольный размер в нижней части семенной камеры позволяют обеспечить гарантированное полное перекрытие дозирующего элемента семенами, примыкающими к высевашему диску; по мере выноса семян из общего слоя площадь такого дозирующего элемента уменьшается, что приводит к самоудалению части «лишних» семян, облегчая в дальнейшем работу сбрасывателя; изменение степени перекрытия радиального дозирующего элемента сбрасывателем «лишних» семян осуществляется в 1,2...1,4 раза более плавно, чем при использовании круглых присасывающих отверстий, что облегчает регулировку положения сбрасывателя в полевых условиях; малое значение площади дозирующего элемента после прохождения зоны действия сбрасывателя «лишних» семян позволяет снизить потери воздуха, облегчить условия работы пневмосистемы сеялки; малый тангенциальный размер дозирующих элементов предотвращает западание в них семян, облегчает их сход в борозду после отсечки вакуума, что положительно сказывается на равномерности распределения семян по длине рядка.

Однако для предложенной конструкции высевашего аппарата также характерен ряд недостатков.

Как в классическом, так и в предложенном высевашем аппарате вероятность образования «пропусков» дозирующими элементами зависит от соотношения сил [9]:

$$\xi = \frac{F}{R}, \quad (1)$$

где R – равнодействующая сил сопротивления выносу семени, Н.

Если данное соотношение будет больше единицы, то вероятность образования «пропусков» равна нулю ($\xi \geq 1$, $p_{0i} = 0$), если же $\xi_i < 1$, то $p_{0i} = 1$.

Равнодействующая $\bar{R}$ сил сопротивления выносу складывается из следующих составляющих: сила бокового трения $\bar{P}_{\text{тр}}$ слоя семян о присасываемое отверстие, сила давления вышележащего слоя семян $\bar{P}_B$, сила лобового сопротивления слоя семян $\bar{P}$, сила тяжести $\overline{mg}$, сила инерции $\bar{P}_{\text{ин}}$, центробежная сила $\bar{P}_{\text{ц}}$, а также силы инерции, обусловленные воздействием неровностей рельефа поля. К силе сопротивления условно относят и силу подпора семян ворошителем $\bar{P}_{\text{пв}}$, меняя знак на обратный [9].

Существенной составляющей силы сопротивления является сила инерции $P_{\text{ин}}$, доля которой в значении R доходит до 25 % [9]. Влияние этой силы обусловлено необходимостью «разогнать» семя, движущееся под воздействием ворошителя, до скорости дозирующего элемента. В упрощенной форме

$$P_{\text{ин}} = \frac{2m\omega^2(R_0 - R_{\text{сг}})^2}{s_{\text{дз}}}, \quad (2)$$

где m – масса семени, кг; ω – угловая скорость высевашего диска, с^{-1} ; R_0 – радиус расположения центра масс семени относительно оси вращения высевашего диска, м; $R_{\text{сг}}$ – радиус траектории движения внешних кромок лопастей ворошителя, м; τ – коэффициент проскальзывания семян относительно ворошителя; $s_{\text{дз}}$ – тангенциальный размер дозирующего элемента, м.

Из выражения (2) видно, что сила инерции прямо пропорциональна квадрату угловой ско-

рости высевающего диска (линейно зависит от скорости посева) и обратно пропорциональна тангенциальному размеру дозирующего элемента (т. е. пути, на котором происходит захват семени).

Применение радиальных дозирующих элементов приводит к заведомому уменьшению их тангенциального размера и, как следствие, к росту силы инерции $P_{ин}$ и равнодействующей

R сил сопротивления. В свою очередь это провоцирует возрастание вероятности образования «нулевых» подач семян, особенно при высоких скоростях посева. Для устранения данного недостатка предлагается продольчатые прорезы на высевающем диске изготавливать таким образом, чтобы их длинные оси были ориентированы к радиальным лучам под определенным углом α (рисунок 4).

Рисунок 3

Схема сил, действующих на присасываемое семя в слое семян с учетом колебаний высевающего аппарата

Рисунок 4

Схема образования дозирующих элементов в высевающем аппарате предложенной конструкции:

- 1 – высевающий диск; 2 – прокладка;
- 3 – сбрасыватель «лишних» семян

В этом случае тангенциальный размер дозирующего элемента будет равен $s_{дз} = \frac{b_{дз}}{\cos \alpha}$ (где $b_{дз}$ – ширина прорези в высевающем диске, м), т. е. сила инерции уменьшится в $\sec \alpha$ раз. Соответственно увеличение значения угла α будет способствовать повышению захватывающей способности дозирующего элемента, снижению вероятности образования «пропусков». Однако чрезмерное увеличение угла α приведет к преобладанию тангенциального

расположения прорези на диске, что снизит качество работы сбрасывателя «лишних» семян.

Для определения рационального значения угла α наклона прорезей в высевающем диске к условным радиальным лучам в исследовании был проведен факторный эксперимент [10] при высеве семян кукурузы гибрида «Зерноградский 288 МВ». В эксперименте исследовалось взаимное влияние следующих факторов: x_1 – угловая скорость высевающего диска (ω , s^{-1}) и x_2 – угол отклонения продольных осей прорезей высевающего диска (рисунок 5) от радиального направления (α , град). В качестве параметра оптимизации принимали частоту единичных подач p_1 семян «адаптивными» дозирующими элементами. Эксперимент проводился в лабораторных условиях на компьютеризированном стенде с использованием высевающего аппарата сеялки МС-8. При этом устанавливались следующие параметры и режимы работы высевающего аппарата: ширина прорезей в высевающих дисках $b_{дз} = 3$ мм; разрежение в вакуумной камере $H = 5$ кПа; количество прорезей на диске – 20 шт. (рисунок 5), радиальный размер выреза в прокладке вакуумной камеры – 3 мм.

Анализ данных рисунка 6 позволяет сделать вывод, что рациональное значение угла

отклонения продольных осей прорезей в высевающем диске от радиального направления составляет $\alpha_{\text{opt}} = 12...15$ град. Причем при увеличении угловой скорости ω высевающего диска искомый угол α необходимо уменьшать до значений $10...13$ град, что может быть объяснено влиянием скоростных режимов высевающего диска на показатели работы сбрасывателя «лишних» семян. При этом необходимо отметить устойчивость работы аппарата предло-

женной конструкции: даже увеличение угловой скорости высевающего диска в 2,2 раза привело к снижению частоты единичных подач всего на два процента. Кроме того, эксперимент подтвердил известную информацию о том, что увеличение угловой скорости высевающего диска (скорости посева) отрицательно сказывается на качестве посева.

Результаты эксперимента представлены на рисунке 6.

Рисунок 5
Набор экспериментальных высевающих дисков

Рисунок 6
Изолинии единичной подачи семян кукурузы высевающим аппаратом предложенной конструкции

Рисунок 7
Показатели качества работы вакуумных высевающих аппаратов различных конструкций

Дополнительно в исследовании была проведена сравнительная оценка показателей качества работы высевающих аппаратов различных

конструкций при изменении угловой скорости высевающего диска. Эксперимент проводился в тех же условиях, при этом устанавливались

следующие параметры и режимы работы высевальных аппаратов: ширина прорезей в высевальных дисках $b_{\text{пр}} = 3$ мм; диаметр присасывающих отверстий серийного диска – 5 мм; разрежение в вакуумной камере $H = 5$ кПа; количество дозирующих элементов на дисках – 20 шт., минимальный радиальный размер выреза в прокладке вакуумной камеры – 3 мм (для аппаратов с «адаптивными» дозирующими элементами). В качестве основного показателя качества работы высевальных аппаратов принималась частота единичной подачи семян p_1 .

Результаты сравнительного эксперимента в графическом виде представлены на рисунке 7. Применение радиальных «адаптивных» дозирующих элементов способствует повышению вероятности образования единичных подач в среднем на 1,6 %. При этом «угловое» расположение дозирующих элементов позволяет добиться дополнительного повышения качества работы аппарата. В сравнении с серийным вы-

севающим аппаратом с круглыми присасывающими отверстиями применение аппарата предложенной конструкции увеличивает частоту единичных подач семян на 5 %.

Вывод. Применение высевальных аппаратов с «адаптивными» дозирующими элементами способствует повышению качества дозирования семян кукурузы. При этом наиболее рациональным является значение угла отклонения продольных осей прорезей в высевальном диске от радиального направления $\alpha \approx 12$ град. В сравнении с серийным высевальным аппаратом применение аппарата предложенной конструкции привело к возрастанию частоты единичных подач семян на 5 %, при этом аппарат с наклонными «адаптивными» дозирующими элементами в лабораторных условиях продемонстрировал высокую устойчивость работы: в диапазоне угловой скорости высевального диска 2,3–5,1 рад/с частота единичных подач семян составила $p_1 = 97$ –100 %, что близко к оптимуму.

Библиографический список

1. РОССТАТ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/bgd/free>. Дата обращения: 23.09.2017.
2. Багринцева, В.Н. Влияние раннего срока сева на урожайность новых гибридов кукурузы [Текст] / В.Н. Багринцева, Т.Н. Сухоярская, С.В. Никитин. Земледелие, 2011. № 6. С. 31–32.
3. Несмиян, А.Ю. Оптимизация вакуумных высевальных аппаратов пропашных сеялок [Текст]: монография / А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, В.В. Должиков, А.В. Яковец, Д.Е. Шаповалов. Зеленоград: АЧГАА, 2013. 186 с.
4. Островский, Н.В. Допуск на вдольрядную неравномерность размещения семян кукурузы при посеве [Текст] / Н.В. Островский // Техника в сельском хозяйстве. 1990. № 3. С. 14–18.
5. База протоколов результатов испытаний сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sistemamis.ru/protocols>. Дата обращения: 01.10.2017 г.
6. Руденко, Н.Е. Инновационный универсальный конусный высевальный аппарат [Текст] / Н.Е. Руденко, Е.В. Кулаев, Д.С. Калугин, П.А. Попов // Тракторы и сельхозмашины. 2017. №4. С. 58–64.
7. Должиков, В.В. Теоретическое обоснование дозирования семян кукурузы пневмовакuumной сеялкой [Текст] / В.В. Должиков // Достижения науки агропромышленному комплексу. Сборник научных трудов. Кинель: Самарская ГСХА, 2014. С. 312–316.
8. Пат. на пол. мод. 154364 Российская Федерация, МПК А 01 С 7/04. Пневматический высевальный аппарат [Текст] / К.П. Дубина, А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, М.А. Реуцкий, В.В. Должиков, С.В. Асатурян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет». № 2015105664/13; заявл. 18.02.2015; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. 3 с.: ил.
9. Бертов, А.А. Обоснование рациональной конструкции ворошилки пневматического высевального аппарата [Текст] / А.А. Бертов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1986. № 5. С. 34–35.
10. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А.А. Спиридонов. Москва: Машиностроение, 1981. 184 с.
11. Мударисов, С.Г. Моделирование движения воздушного потока в пневмосистемах сельскохозяйственных машин [Текст] / С.Г. Мударисов, А.В. Шарафутдинов, И.Д. Бадретдинов // В сборнике: Достижения науки – агропромышленному производству: материалы XLVIII Международной научно-технической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГОУ ВПО Челябинский государственный агроинженерный университет. 2009. С. 148–151.
12. Мударисов, С.Г. Моделирование распределителя семян пневматической сеялки [Текст] / С.Г. Мударисов, И.Д. Бадретдинов, А.В. Шарафутдинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 3. С. 8–9.

1. **Несмиян Андрей Юрьевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии и средств механизации агропромышленного комплекса, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21, e-mail: nesmiyan.andrei@yandex.ru.

2. **Дубина Константин Павлович**, аспирант кафедры технологии и средств механизации агропромышленного комплекса, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21, e-mail: longonor@yandex.ru.

3. **Мальцев Петр Сергеевич**, инженер, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21, e-mail: achgaa@achgaa.ru.

Кукуруза – уникальная сельскохозяйственная культура многоцелевого использования, посев которой проводится в сжатые агротехнические сроки. Поэтому кукурузные сеялки должны обеспечивать высокое качество распределения семян при значительных рабочих скоростях. Целью представленного исследования является повышение производительности аппаратов точного высева, конструктивное совершенство которых в значительной степени определяет качество распределения семян кукурузы по площади поля. Одним из путей повышения производительности аппаратов точного высева является применение «адаптивных» дозирующих элементов, образованных пересечением радиальных прорезей в высевающем диске с фигурным вырезом в прокладке вакуумной камеры. Однако теоретические расчеты показали, что применение радиальных дозирующих элементов приводит к заведомому уменьшению их тангенциального размера, росту силы инерции и равнодействующей сил сопротивления. При высоких скоростях посева это провоцирует возрастание вероятности образования «нулевых» подач семян. Для устранения

данного недостатка предложено продолговатые прорези на высевающем диске изготавливать таким образом, чтобы их длинные оси были ориентированы к радиальным лучам под определенным углом α . В этом случае сила инерции уменьшится в $\sin \alpha$ раз, возрастет захватывающая способность дозирующего элемента, снизится вероятность образования пропусков. Однако чрезмерное увеличение угла α приведет к преобладанию тангенциального расположения прорези на диске, что снизит качество работы сбрасывателя «лишних» семян. Экспериментально установлено, что наиболее рациональным является значение угла отклонения продольных осей «адаптивных» дозирующих элементов прорезей в высевающем диске от радиального направления $\alpha \approx 12$ град. В сравнении с серийным высевающим аппаратом применение аппарата предложенной конструкции привело к возрастанию частоты единичных подач семян в среднем на 5 %, при этом аппарат с наклонными «адаптивными» дозирующими элементами обеспечил частоту единичных подач семян $p_1 = 97\text{--}100$ % при угловых скоростях высевающего диска до 5,1 рад/с.

A. Nesmiyan, K. Dubina, P. Maltsev

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF CORN SEED DOSING WITH THE USE OF THE VACUUM PRECISION DRILL

Key words: *precision drill; vacuum sowing apparatus; adaptive dosing elements; modernization; singular seed supply.*

Authors' personal details

1. **Nesmiyan Andrey**, Doctor of technical sciences, associated professor, professor of the department of Technologies and Means of Mechanization of Agroindustrial Sector, Azov and Black Sea Institute of Engineers Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University, 347740, Rostov district, Zernograd, Lenin St., 21, e-mail: nesmiyan.andrei@yandex.ru.

2. **Dubina Konstantin**, Post-graduate student of the department of Technologies and Means of Mechanization of Agroindustrial Sector, Azov and Black Sea Institute of Engineers Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University, 347740, Rostov district, Zernograd, Lenin St., 21, e-mail: longonor@yandex.ru.

3. **Maltsev Piter**, Engineer, Azov and Black Sea Institute of Engineers Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University, 347740, Rostov district, Zernograd, Lenin St., 21, e-mail: achgaa@achgaa.ru.

Corn is a unique agricultural crop of multipurpose use, sowing of which is carried out in tight agrotechnical terms. Therefore, corn seeders must ensure a high quality seed distribution at significant operating speeds. The purpose of the present study is to increase the productivity and precision seeding machines, the constructive perfection of which largely determines the quality of maize seed distribution over the field area. One way to increase the productivity of precision seeding machines is to use «adaptive» metering elements formed by the intersection of radial slots in the sowing disk with a figured notch in the vacuum chamber lining. However, theoretical calculations have shown that the use of radial metering elements leads to a deliberate decrease in their tangential size, an increase in inertia force and a resultant resistance force. At high seeding rates this provokes an increase in the probability of formation of «zero» seed feeds. To overcome this disadvantage, it is suggested that elongated slots on

the sowing disk be manufactured in such a way that their long axes are oriented to radial rays at a certain angle α . In this case, the force of inertia will decrease by a factor, the capturing ability of the dosing element will increase, and the probability of formation of gaps will decrease. However, an excessive increase in the angle will lead to a predominance of the tangential positioning of the slot on the disc, which will reduce the quality of the «extra» seeder. It has been experimentally established that the most rational angle is the angle of deviation of the longitudinal axes of the «adaptive» dosing elements of the slots in the sowing disk from the radial direction $\alpha \approx 12$ degrees. In comparison with the serial sowing device, the use of the apparatus of the proposed design led to an increase in the frequency of individual seed feedings by an average of 5 %, while the device with inclined «adaptive» dosing elements ensured a frequency of single seed feeds $p_1 = 97\text{--}100\%$ at angular speeds of the sowing disk up to 5,1 rad / s.

© Несмиян А.Ю., Дубина К.П., Мальцев П.С.

УДК 631.31, 631.316.022

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-117-129

Р.С. Рахимов, С.Г. Мударисов, И.Р. Рахимов

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗОНЕ УРАЛА

Ключевые слова: почвенно-климатические условия; свойства почвы; сельскохозяйственные культуры; технология; обработка почвы; посев; комплекс машин; металлоемкость; тяговое сопротивление; производительность; урожайность.

Введение. Почвенно-климатические условия зоны Урала и других регионов России разнообразны. Они отличаются друг от друга величиной положительных температур и осадков в течение года и в вегетационный период; характером рельефа поверхности поля; типом и свойствами почв; подверженности почв различным видам эрозии (водной, ветровой, механической) и другими факторами. Результаты исследований и производственный опыт показывают, что в зависимости от этих факторов и требований высеваемых зерновых, кормовых и технических культур в хозяйствах зоны должны быть внедрены различные способы обра-

ботки почвы и посева, создающие условия для роста и развития растений и обеспечивающие необходимую плотность сложения почвы, а также экономное использование накопленной влаги и получение высоких урожаев [1–9]. В связи с этим существующие ранее технологии возделывания сельскохозяйственных культур (традиционная, почвозащитная, минимальная, нулевая), которые предусматривали ежегодное применение одних и тех же почвообрабатывающих и посевных машин, стали неэффективными, что вызывает необходимость их совершенствования. Поэтому разработка новых технологий и способов обработки почвы, а также

создание комплекса машин для их осуществления являются актуальной задачей и имеют практическое значение.

Цель исследований – разработка универсальной энергосберегающей технологии и спо-

собов обработки почвы и посева, обоснование параметров комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях зоны Урала.

Рисунок 1
Универсальная технология возделывания сельскохозяйственных культур

Материалы и методы исследований. С учетом положительных элементов существующих технологий разработана универсальная ресурсосберегающая технология обработки почвы и посева, которая предусматривает необходимость использования в различных зонах и почвенно-климатических условиях в севообороте под конкретные культуры различные способы обработки почвы и посева, которые направлены на сохранение и накопление влаги, а также на экономное её использование [4–8]. Предлагаемая технология обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур (рисунок 1) включает в себя осеннее послеуборочное (вслед за уборкой) поверхностное, влагоаккумулирующее рыхление по стерне на глубину 3–5 см, основную зяблевую отвальную или безотвальную обработку почвы на глубину 10–30 см в зависимости от возделываемой культуры и глубины пахотного слоя или глубокое влагонакопительное чизельное рыхление (один раз в

севообороте) на глубину 35–45 см, а весной – поверхностное влагозащитное рыхление на глубину заделки семян, а затем влагосберегающую мульчирующую выровненную предпосевную обработку на ту же глубину с созданием уплотненного семенного ложа и вычесыванием сорняков в начальной стадии их развития, что позволяет создать стабильный тепло-, влаговоздушный режим в посевном слое. Посев с внесением удобрений в зависимости от высеваемой культуры, условий зоны и почвенно-климатических условий года должны быть выполнены рядовым, узкорядным, широкорядным или разбросным способами [9]. В севообороте в последующие годы по мере накопления влаги и в зависимости от степени засухи и почвенных условий можно выполнить только основное влагопоглощающее рыхление почвы на необходимую в зависимости от возделываемой культуры глубину соответствующим рабочим органом и весеннюю предпосевную влагосбе-

регающую обработку почвы с созданием уплотненного семенного ложа и вычесыванием сорняков и посев возделываемых культур. При посеве зерновых культур предпосевная обработка почвы и посев могут быть совмещены при использовании почвообрабатывающих посевных агрегатов.

Особенность предлагаемой технологии – применимость в экстремальных условиях избытка влаги: накопление её ниже пахотного слоя без образования на поле вымачивающих блюдцев и лиманов, а также паводков, смывающих плодородный слой; а в случае засухи – сохранение накопленного запаса влаги до созревания урожая вопреки иссушающему испарению. Рекомендуемая технология обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур предусматривает применение следующих типов рабочих органов (рисунки 2 и 3) [9–19]:

- корпус плуга для отвальной обработки почвы при возделывании картофеля, овощных и технических культур, для заделки в почву органических удобрений, а также один раз в севообороте через 5–9 лет при возделывании зерновых культур для перемещения верхнего плодородного слоя почвы вниз с целью их лучшего использования (рисунок 2а);

- лапа стрельчатая шириной захвата 0,4–1,0 м для ежегодной безотвальной обработки почв, подверженных водной и ветровой эрозии, и по мере необходимости при возделывании зерновых культур (рисунок 2б);

- чизельный рабочий орган для разуплотнения подпахотного горизонта на глубину 0,35–0,45 м один раз в севообороте и по мере необходимости для рыхления верхнего слоя почвы на глубину 0,2–0,25 м (рисунок 2в);

- универсальный рабочий орган взамен корпуса плуга, лапы и чизельного рабочего органа (рисунок 2г);

- пружинные рыхлители для разбрасывания измельченной соломы и мульчирования верхнего слоя почвы вслед за уборкой зерновых культур, а также для раннего закрытия влаги (рисунок 3а);

- рыхлители или лапы на пружинной S-образной стойке для закрытия влаги и предпосевной обработки почвы с вычесыванием корневых систем сорняков (рисунок 3б);

- стрельчатые лапы на жесткой или подпружиненной стойке для предпосевной обработки почвы, обработки пара и основной обработки почвы с подрезанием корневых систем сорняков (рисунок 3в, 3 г, 3д);

- дисковые рабочие органы для первичной обработки залежных земель, основной отвальной обработки почвы, предпосевной обработки

и обработки пара с подрезанием корневых систем сорняков и заделкой их в почву (рисунки 3е, 3ж);

- анкерные сошники для рядового посева с одно- и двухстрочным высевам и разноглубинной заделкой семян и удобрений с индивидуальным прикатывающим катком (рисунки 3з, 3и);

- лаповые сошники для подпочвенно-разбросного высева семян и удобрений (рисунок 3к);

- катки прутковые диаметром 0,25 м для выравнивания и мульчирования верхнего слоя почвы, создания семенного ложа для семян, вычесывания корневых систем сорняков;

- катки диаметром 0,4–0,5 м с гладкими полосами или прутками круглого сечения с их расположением перпендикулярно или под углом к направлению движения для измельчения крупных комков, выравнивания и прикатывания верхнего слоя почвы;

- катки сдвоенные, совмещающие различные типы катков для лучшей подготовки твердых почв.

Выбор типа рабочих органов для подготовки почвы под посев и для посева различных культур зависит от почвенно-климатических условий зоны, рельефа поля, подверженности различным видам эрозии, наличия влаги в почве, севооборота и места возделываемой культуры в севообороте. Поскольку все эти условия изменчивы, для создания оптимальных условий роста и развития растений необходимо провести обработку почвы и посев с различными типами рабочих органов. Для уменьшения количества машин, необходимых при выполнении всех технологических операций, вновь создаваемые машины должны быть универсальными, со сменными рабочими органами или сменными модулями, а для сокращения количества проходов агрегатов по полю они должны быть комбинированными, выполняющими несколько технологических операций за один проход агрегата. Степень универсализации машин зависит от размеров площади пашни и направления деятельности хозяйств, а также от количества и класса тяги тракторов, имеющихся в хозяйстве. Расчетами установлено, что для крестьянских и фермерских хозяйств с площадью пашни до 1000–1200 га в севообороте с посевом различных культур необходимо одно орудие для трактора класса тяги 3 с полной универсализацией, возможностью выполнения всех видов основной и дополнительной обработок почвы и посева сельскохозяйственных культур, со сменными рабочими органами и сменными модулями.

а)

б)

Чизельный рабочий орган

в)

Универсальный рабочий орган фронтального плуга

г)

Рисунок 2
Рабочие органы для основной обработки почвы

а)

б)

в)

г)

д)

е)

ж)

з)

и)

к)

Рисунок 3
Рабочие органы для дополнительной обработки почвы и посева

Средним фермерским хозяйствам с площадью пашни до 7–10 тыс. га необходимы универсальные орудия для тракторов класса тяги 3–5 со сменными рабочими органами для основной обработки почвы (отвальная, безотвальная, чизельная), со сменными модулями для работы на глубину 0,1–0,16 м и почвообрабатывающие посевные агрегаты со сменными модулями для закрытия влаги, предпосевной обработки почвы и посева с различными типами рабочих органов на глубину 0,06–0,1 м. Крупным агрохолдингам необходимы однооперационные комбинированные машины с целью выполнения всех технологических операций для тракторов класса тяги 5–8 [20].

Такие направления в создании машин обеспечивают повышение производительности агрегатов, снижение металлоемкости и стоимости комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур, что в конечном счете обеспечит снижение себестоимости продукции и повышение рентабельности производства сельскохозяйственной продукции. При этом вновь создаваемый комплекс почвообрабатывающих и посевных машин должен соответствовать требованиям технологии возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте для различных почвенно-климатических условий зоны и года; выполнять требования агротехники по глубине обработки, крошению почвы, сохранению стерни, уничтожению сорняков и т. д.; иметь малую металлоемкость, большую прочность и надежность конструк-

ции, малое тяговое сопротивление, высокую производительность, малую стоимость, малый расход топлива; обеспечивать легкость управления и регулирования; отвечать требованиям безопасности жизнедеятельности и экологии.

Почвообрабатывающие и посевные машины выполняются по различным конструктивным схемам (рисунки 4 и 5). В зависимости от типа рабочего органа и характера взаимодействия с почвой на почвообрабатывающих машинах для основной обработки почвы рабочие органы на раме орудия располагаются в шахматном порядке (рисунок 4а) в виде симметричного клина (рисунок 4б) или по плужной схеме с расположением рабочих органов в один и более рядов (рисунки 4в и 4г). На культиваторах для основной и дополнительной обработки почвы рабочие органы на раме располагаются в шахматном порядке в два, три, четыре и более рядов. Наиболее сложную конструктивную схему имеют почвообрабатывающие агрегаты с пневматическим высевом семян, где почвообрабатывающая посевная часть и бункер для семян и удобрений выполняются отдельно (рисунок 5). Бункер для семян и удобрений может быть расположен на отдельном прицепе спереди или сзади почвообрабатывающей посевной части (рисунки 5а, 5б), на прицепе (рисунок 5в) или непосредственно на раме почвообрабатывающей посевной части (рисунок 5г). В зависимости от выбранной конструктивной схемы изменяется металлоемкость проектируемой машины [11, 12].

Рисунок 4
Конструктивные схемы машин для основной обработки почвы

В общем виде сила тяжести почвообрабатывающих посевных машин и агрегатов G_0 , кН, выполненным по различным конструктивным

схемам, состоит из силы тяжести прицепного устройства, рамы, рабочих органов и опорных колес с механизмами регулирования, приспособ-

соблений (катки, боронки, выравниватели и т. д.), бункера для семян и удобрений, ходовой

части бункера и выражается по следующей зависимости [1]:

$$G_0 = 0,5S\gamma B + \beta a_{1i} K_{1i} B L^2 + \alpha a_{1i} K_{1i} B + \sum_{i=1}^n (\eta_i a_{2i} K_{2i} B) + 0,36\sigma B V_a T \left(\frac{Q_c}{\gamma_c} + \frac{Q_y}{\gamma_y} \right) + 0,0036 B V_a T \delta \left[100\sigma \left(\frac{Q_c}{\gamma_c} + \frac{Q_y}{\gamma_y} \right) + Q_c + Q_y \right], \text{ кН}, \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения профиля металла прицепного устройства, м^2 ; γ – удельный вес металла, $\text{кН}/\text{м}^3$; B – ширина захвата машины, м ; β – коэффициент удельной металлоемкости рамных конструкций орудия, $1/\text{м}^2$; K_{1i} – удельное сопротивление почвы сменных рабочих органов или сменных модулей, $\text{кН}/\text{м}^2$; a_{1i} – глубина хода сменных рабочих органов или сменных модулей, м ; L – расстояние от оси присоединения переднего бруса рамы к механизму навески трактора или прицепного устройства орудия до точки приложения равнодействующих всех сил с учетом дополнительных рабочих органов, м ; K_{2i} – удельное сопротивление почвы различных типов дополнительных рабочих органов (борон, катков, выравнивателей и т. д.), $\text{кН}/\text{м}^2$; a_{2i} – глубина хода

дополнительных рабочих органов, м ; n – количество одновременно работающих дополнительных рабочих органов и приспособлений, шт.; V_a – скорость движения агрегатов, $\text{м}/\text{с}$; α – коэффициент удельной металлоемкости сменных рабочих органов или модулей; η_i – коэффициент удельной металлоемкости отдельных дополнительных рабочих органов или приспособлений; γ_c – объемная масса семян, засыпаемых в бункер, $\text{кг}/\text{м}^3$; γ_y – объемная масса удобрений, засыпаемых в бункер, $\text{кг}/\text{м}^3$; T – время между заправками бункера, ч ; Q_c – норма высева семян, $\text{кг}/\text{га}$; Q_y – норма высева удобрений, $\text{кг}/\text{га}$; δ – коэффициент металлоемкости ходовой части бункера; σ – коэффициент удельной металлоемкости бункера, $\text{кН}/\text{м}^3$.

Рисунок 5
Конструктивные схемы почвообрабатывающих посевных агрегатов

Согласно формуле (1) можно определить силу тяжести любых почвообрабатывающих и посевных машин и агрегатов, выполненных по различным конструктивным схемам, при известных коэффициентах металлоемкости α , β , η ,

σ , δ , для их совершенствования или при проектировании, проводя прочностные расчеты, определить силу тяжести определенных узлов машин и агрегатов, а также коэффициенты металлоемкости для дальнейшего их использования.

Конструктивную схему почвообрабатывающих и посевных машин в формуле (1) определяет расстояние L , м, которое определяется по следующим зависимостям:

- для расположения рабочих органов – по шахматной схеме (рисунок 4а):

$$L = l_0 + 0,5l_p(c_1 - 1), \text{ м}, \quad (2)$$

- для расположения рабочих органов – в виде симметричного клина (рисунок 4б):

$$L = l_0 + 0,25l_p(c_2 - 1), \text{ м}, \quad (3)$$

- для расположения рабочих органов – по плужной схеме в один или несколько рядов (рисунки 4в и 4г):

$$L = l_0 + \frac{0,5l_p(n_1 - c_3)}{c_3}, \text{ м}, \quad (4)$$

$$P = fG_M + f_1(G_6 + G_x + G_c + G_y) + K_{1i}a_{1i}B + \varepsilon a_{1i}BV_a^2 + \sum_{i=1}^n (K_{2i}a_{2i}B), \quad (5)$$

где f – коэффициент протаскивания почвообрабатывающей машины в борозде; G_M – сила тяжести почвообрабатывающей части машины, кН; f_1 – коэффициент перекачивания колес бункера и машины; G_6 – сила тяжести бункера, кН; G_x – сила тяжести ходовой части бункера, кН; G_c – сила тяжести семян в бункере, кН; G_y – сила тяжести удобрений в бункере, кН; ε – коэффициент, учитывающий влияние скорости движения, свойств почвы и формы рабочей поверхности рабочего органа на тяговое сопротивление, кНс²/м⁴.

В зависимости от конструктивной схемы почвообрабатывающей посевной машины значения коэффициентов, входящих в уравнение, будут различны.

Основным показателем работы почвообрабатывающего посевного агрегата при работе с тракторами различного класса тяги (различной мощности двигателя) является его производительность W , га/ч, которая определяется по формуле:

$$W = \frac{0,36N_e\eta_T\tau\eta}{\frac{fG_M + f_1(G_6 + G_x + G_c + G_y)}{B} + K_{1i}a_{1i} + \varepsilon a_{1i}V_a^2 + \sum_{i=1}^n (K_{2i}a_{2i})}, \quad (9)$$

Подставляя в уравнение (9) значения силы тяжести отдельных частей почвообрабатывающей посевной машины из формулы (1) и решая полученное кубическое уравнение по формуле Кардано, получим значения производительности агрегата для всех типов почвообрабатывающих и посевных машин в зависимости от скорости движения и ширины захвата агрегата для различных марок тракторов, агрегатированных с почвообрабатывающими посевными агрегатами, выполненных по различным конструктивным схемам, с разной степенью универсали-

где l_0 – расстояние от оси присоединения навесного орудия к механизму навески трактора или прицепному устройству машины до центра сопротивления первого рабочего органа или первого ряда рабочих органов, м; l_p – расстояние между рядами рабочих органов по ходу движения, м; C_1 – количество рядов рабочих органов на раме орудия, шт.; C_2 – количество рядов рабочих органов на раме орудия по ходу движения, шт.; C_3 – количество рядов расположения рабочих органов на раме орудия, шт.; n_1 – количество рабочих органов на раме плуга, шт.

При известной силе тяжести почвообрабатывающей и посевной машины по формуле академика В.П. Горячкина можно определить ее тяговое сопротивление при различных условиях работы, ширине захвата и скорости движения агрегата в виде:

$$W = 0,36BV_a\tau, \quad (6)$$

где τ – коэффициент использования времени смены.

Для достижения максимальной производительности агрегата необходимо определить рациональное сочетание ширины захвата машины (B , м) и скорости движения агрегата (V_a , м/с) при известной мощности двигателя трактора (N_e , кВт).

Известно, что мощность на крюке трактора $N_{кр}$, кВт, равна:

$$N_{кр} = N_e\eta_T = P_{кр}V_a = \frac{PV_a}{\eta}. \quad (7)$$

Отсюда

$$V_a = \frac{N_e\eta_T\eta}{P}, \quad (8)$$

где $P_{кр}$ – тяговое усилие на крюке трактора, кН; η_T – коэффициент полезного действия трансмиссии трактора; η – коэффициент использования тягового усилия на крюке трактора.

Подставляя значения P и V_a из формулы (5) и (8) в уравнение (6), получим:

зации для работы в различных почвенно-климатических условиях.

Результаты исследований. Согласно описанной методике определены коэффициенты металлоемкости существующих типов плугов, плоскорезов, глубокорыхлителей, культиваторов, дискаторов, почвообрабатывающих посевных агрегатов отечественного и зарубежного производства. В качестве примера в таблице 1 представлены коэффициенты металлоемкости различных типов орудий, полученных согласно формуле (1) для самых тяжелых условий их

работы. При известных значениях коэффициентов β , α , η , σ и δ можно определить зависимость силы тяжести почвообрабатывающих и посевных машин от ширины захвата для заданных значений глубины обработки, свойств почвы, типа приспособлений и конструктивной схемы орудия. В качестве примера на рисунке 6 представлена зависимость силы тяжести почвообрабатывающих и посевных машин от ширины их захвата при соответствующих максимальных значениях глубины обработки и удельного сопротивления почвы. Видно, что сила тяжести

почвообрабатывающих орудий, выполненных по плужной схеме, возрастает по параболической зависимости, а у машин, выполненных с расположением рабочих органов в шахматном порядке в два и более рядов, возрастает по прямой. Степень возрастания зависит от условий их работы и конструктивного исполнения. Соответственно тяговое сопротивление этих орудий, определяемое по формуле (5), при прочих равных условиях зависит в основном от силы тяжести орудий.

Таблица 1 Значения коэффициентов металлоемкости различных типов машин

№	Наименование почвообрабатывающих и посевных машин	β , 1/м ²	α	η	σ , кН/м ³	δ
1	Плуги навесные типа ПЛН	0,02	0,137	—	—	—
2	Полунавесные оборотные плуги типа ППО	0,026	0,24	—	—	—
3	Полунавесные оборотные плуги Lemken	0,024	0,188	—	—	—
4	Плуги двухсекционные типа ПСН	0,030	0,124	—	—	—
5	Универсальные плуги со сменными рабочими органами	0,019	0,277	—	—	—
6	Плуг чизельный типа ПЧ	0,039	0,032	1,3	—	—
7	Дискаторы БДМ-6	0,17	0,46	0,28	—	—
8	Борона тяжелая игольчатая БТИ-21	0,25	0,9	—	—	—
9	Борона легкая игольчатая БМЗ-24	0,73	0,44	—	—	—
10	Культиваторы типа КЛДН	0,2	0,19	1,17	—	—
11	Почвообрабатывающий посевной агрегат для рядового посева	0,17	0,37	1,1	0,67	0,1
12	Почвообрабатывающий посевной агрегат для разбросного посева	0,2	0,44	1,1	0,67	0,1
13	Культиватор с рыхлителем на пружинной стойке	0,2	0,44	0,37	—	—
14	Культиватор с лапой на жесткой стойке	0,076	0,1	0,28	—	—
15	Культиватор с лапой на подпружиненной стойке	0,076	0,14	0,28	—	—

Рисунок 6

Зависимость производительности машины:

а) для основной обработки почвы; б) для дополнительной обработки почвы; в) почвообрабатывающего посевного агрегата от ширины захвата при тяжелых и легких условиях работы

При известных значениях силы тяжести машин и тягового их сопротивления, согласно зависимости (9), определена производительность агрегатов при работе с различными почвообрабатывающими и посевными машинами, различных значениях скорости движения агрегата и ширины захвата машин. На рисунке 7 представлены в виде графиков эти зависимости для машин основной и дополнительной обработки почвы и почвообрабатывающих посевных машин при различных условиях работы. Полученные зависимости позволяют установить рациональные значения скорости движения агрегата и ширины захвата машины, которые обеспечивают получение максимальной производительности агрегата. На основе проведенных расчетов установлены рациональные значения ширины захвата машин и силы тяжести орудий для тракторов класса тяги 1,4; 3; 5 и 6–7.

Полученные параметры машин использованы конструкторами ООО «Челябинский компрессорный завод» при разработке и постановке на производство различных типов почвообрабатывающих и посевных машин (таблица 2).

Таким образом, разработанный комплекс почвообрабатывающих и посевных машин со сменными рабочими органами и сменными модулями с различными типами рабочих органов позволяет выполнить все виды обработок почвы и посева для рекомендуемой технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях зоны Урала.

Разработанный почвообрабатывающий посевной агрегат со сменными модулями имеет следующие преимущества перед зарубежными

аналогами: снижение металлоёмкости в 3–5 раз; снижение потребной мощности в 2 раза; повышение производительности агрегата на 25–50 %; снижение расхода топлива в 2–3 раза; устранение водной, ветровой эрозии и уплотнения почвы; полная всасываемость в зональные технологии возделывания и производства сельскохозяйственных культур при соблюдении установленных экологических требований; возможность быстрой перекомпоновки орудий с различными типами сменных модулей; малую стоимость; дешевый и оперативный сервис.

Внедрение рекомендованной технологии и комплекса машин в полном объеме в фермерском хозяйстве Шумских К.И. в засушливой степной зоне Челябинской области на площади 7 тыс. га обеспечило получение урожая в среднем за пять лет 3,0–3,5 т/га при средней урожайности по району 1,4–1,5 т/га, то есть урожайность зерновых культур увеличилась в 2 и более раз. При этом в хозяйстве себестоимость твердой пшеницы составила 2527 руб./т, ячменя – 1985 руб./т, семян подсолнечника – 7398 руб./га, что обеспечивает высокую рентабельность производства зерновых и других культур в зоне Урала.

Все это показывает, что разработанная по заданию МСХ РФ, ВИМ ресурсосберегающая технология и выпускаемый в ООО «Челябинский компрессорный завод» инновационный импортозамещающий комплекс машин создают условия для роста и развития растений, увеличивают урожайность возделываемых культур и обеспечивают рентабельность производства сельскохозяйственных культур в хозяйствах различных размеров пашни и направления деятельности.

Таблица 2 Комплекс почвообрабатывающих и посевных машин к тракторам различных тяговых классов для рекомендуемой технологии производства зерновых и кормовых культур, выпускаемый в ООО «Челябинский компрессорный завод»

Операция	Тяговый класс тракторов			
	1,4	3	5	6-7
Лущение стерни (дискаторы)	БДН-2,4	БДН-4,0	БДН-6,0 БДН-8,0 БДП-8×4	БДН-8,0 БДП-8×4 БДП-10×4
Основная обработка (отвальная, безотвальная, чизелевание)	–	ПФО-2,4	ПФО-4,0	ПФО-5,6
Основная минимальная обработка почвы	КУН-2,5 БДН-2,4	КУН-4,0 КУП-4,0 БДН-4,0	КУН-6,0 КУП-6,0 КУП-8,0 БДН-6,0 БДН-8,0 БДП-8×4	КУП-10,0 КУП-12,0 БДН-8,0 БДП-8×4 БДП-10×4
Предпосевная обработка почвы	КПО-4,0 КПО-6,0	КПО-6,0 КПО-8,0	КПО-10,0 КПО-12,0	КПО-16,0 КПО-18,0
Посевные машины пневматические	–	ППМ-8,0 ППМ-10,0	ППМ-10,0 ППМ-12,0	ППМ-14,0 ППМ-18,0
Почвообрабатывающие посевные агрегаты со сменными модулями	ППА-5,12	ППА-7,56	ППА-10,2 ППА-12,8	ППА-15,3 ППА-17,9
Обработка посевов. Ротационные бороны	БРН-5,6	БРН-9,0	–	–

Рисунок 7

Зависимость производительности машины:

- а) для основной обработки почвы; б) для дополнительной обработки почвы;
в) почвообрабатывающего посевного агрегата от ширины захвата при тяжелых и легких условиях работы

Выводы. На основе проведенных исследований: 1) разработана универсальная технология обработки почвы и посева, которая предусматривает в зависимости от почвенно-климатических зон, севооборота, условий года, рельефа, свойств почв и типа возделываемой культуры различные способы обработки почвы и посева; 2) установлены типы рабочих органов для основной и дополнительной обработок почвы и посева; 3) установлена необходимость и эффективность создания универсальных и комбинированных машин со сменными рабочими органами или сменными модулями; установлена степень универсализации машин для хозяйств с различными площадями пашни и

направлениями их развития; 4) разработаны требования к вновь создаваемым почвообрабатывающим и посевным машинам; 5) установлены преимущества и недостатки различных конструктивных схем машин; 6) получены формулы для определения силы тяжести и производительности почвообрабатывающих и посевных машин; 7) определены значения коэффициентов металлоемкости различных типов машин и получены зависимости силы тяжести машин от их ширины захвата; 8) получены зависимости тягового сопротивления машин и производительности агрегатов от их ширины захвата к скорости движения агрегата, которые позволили установить рациональные значения

ширины захвата для тракторов различного тягового класса; 9) разработан и поставлен на производство в ООО «Челябинский компрес-

сорный завод» комплекс машин по обоснованным параметрам для тракторов класса тяги 1,4; 3,0; 5,0; 6,0; 7,0.

Библиографический список

1. Козаченко, А.П. Состояние, почвенно-экономическая оценка и приемы реабилитации и использования земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области на основе адаптивно-ландшафтной системы земледелия [Текст]: монография / А.П. Козаченко. Челябинск: ООП ЧГАУ, 2004. 380 с.
2. Обработка почвы [Текст]: учебное пособие / А.Г. Таскаева, В.В. Бледных, Р.С. Рахимов. Челябинск: РИО ЧГАА, 2012. 111 с.
3. Бледных, В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий [Текст]: учебное пособие / В.В. Бледных. Челябинск: ЧГАА, 2010. 214 с.
4. Противозасушливая ресурсосберегающая технология и машины для производства зерновых культур в зоне Южного Урала [Текст] / Р.С. Рахимов, Н.К. Мазитов [и др.] // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. С. 84–88.
5. Противозасушливая энергосберегающая технология обработки почвы на основе применения техники регионального сельхозмашиностроения [Текст] / Мазитов Н.К. [и др.] // Вестник РАСХН. 2011. № 3. С. 36–38.
6. Противозасушливая технология обработки почвы [Текст] / Мазитов Н.К. [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 1. С. 26–28.
7. Принципы создания и испытания конкурентоспособной почвообрабатывающей техники [Текст] / Н.К. Мазитов, Я.П. Лобачевский [и др.] // Техніка и технології АПК. Київ. 2014. № 4 (55). С. 14–19.
8. Окунев, Г.А. Совершенствование и развитие технологии и технического оснащения зернового производства степных целинных районов СНГ [Текст] / Г.А. Окунев, Р.С. Рахимов // Агроинженерная наука – сельскохозяйственному производству. Кустанай. 2012.
9. Способ обработки почвы [Текст] // Патент на изобретение № 2457651 RU, заяв. № 2011105850/22 от 16.02.2011. Опубл. 10.08.2012.
10. Мазитов, Н.К. Блочно-модульный почвообрабатывающе-посевной комплекс [Текст] / Н.К. Мазитов. М., 2008. 224 с.
11. Рахимов, Р.С. Определение металлоемкости орудий при их проектировании [Текст] / Р.С. Рахимов, И.Р. Рахимов [и др.]; ЮУрГАУ // АПК России. 2015. Т. 74. С. 110–118.
12. Универсальный комбинированный широкозахватный модульный сельскохозяйственный агрегат [Текст] // Патент на полезную модель № 175202. Опубликовано 28.11.2017. бюл. № 34.
13. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. М: Машиностроение, 1977. 328 с.
14. Циммерман, М.З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин [Текст] / М.З. Циммерман. М: Машиностроение, 1976. 295 с.
15. Бледных, В.В. Результаты модернизации техники и технологии обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур в экстремальных климатических условиях [Текст] / В.В. Бледных [и др.] // Вестник ЧГАА. 2014. С. 5–13.
16. Мазитов, Н.К. Влаго- и энергосберегающие технологии обработки почвы и посева в острозасушливых условиях [Текст] / Н.К. Мазитов [и др.] // Техника и оборудование для села. 2016. № 3. С. 2–6.
17. Мазитов, Н.К. Эффективность модернизированной влагоаккумулирующей технологии обработки почвы [Текст] / Н.К. Мазитов [и др.] // Вестник ЧГАА. 2013. С. 66–70.
18. Хлызов, Н.Т. Обоснование конструктивной схемы и параметров почвообрабатывающих посевных машин на основе обобщенной математической модели [Текст] / Н.Т. Хлызов // Вестник ЧГАА. 2013. С. 104–113.
19. Мазитов, Н.К. Российская технология обработки почвы и посева на основе собственных конкурентоспособных инновационных машин [Текст] / Н.К. Мазитов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 68–70.
20. Рахимов, Р.С. Повышение эффективности использования сельскохозяйственных агрегатов с тракторами Агромаш «Руслан» [Текст] / Р.С. Рахимов [и др.] // Материалы конференции Чувашской ГАА. Чебоксары. 2016. С. 211–224.

Сведения об авторах

1. **Рахимов Раис Саитгалеевич**, доктор технических наук, профессор, кафедра «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, e-mail: ildarr@bk.ru.

2. **Мударисов Салават Гумерович**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительного-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: salavam@gmail.com.

3. **Рахимов Ильдар Раисович**, канд. технических наук, соискатель кафедры строительного-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: ildarr@bk.ru.

Почвенно-климатические условия, рельеф, свойства почвы и подверженность почв различным видам эрозии, севообороты и возделываемые культуры в различных зонах Урала различны, что требует внедрения в каждой зоне соответствующих этим условиям способов обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур. В связи с этим целью исследования является разработка универсальной энергосберегающей технологии и способов обработки почвы и посева и обоснование параметров комплекса машин для возделывания сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях зоны Урала. Обоснован набор рабочих органов для основной и дополнительной обработок почвы и посева, необходимых для внедрения рекомендованной технологии, и выявлены требования к вновь создаваемым машинам. Разработана методика опреде-

ления металлоемкости, тягового сопротивления и производительности агрегата с рекомендуемым набором рабочих органов для работы в различных условиях. Результаты расчетов по разработанным зависимостям позволяют определить рациональные параметры ширины захвата орудия и скорости движения агрегата, обеспечивающие максимум производительности агрегата, которые использованы при создании комплекса машин для обработки почвы и посева в ООО «Челябинский компрессорный завод». Результаты испытаний комплекса машин в различных зонах Челябинской области в соответствии с рекомендуемой технологией возделывания сельскохозяйственных культур показали их эффективность. Они обеспечивают создание условий для роста и развития растений, что повышает урожайность возделываемых культур в 1,5–2 раза.

R. Rakhimov, S. Mudarisov, I. Rakhimov

DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY AND JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF MACHINERY COMPLEX FOR AGRICULTURAL CROPS IN THE URALS REGION

Key words: *soil and climatic conditions; soil properties; agricultural crops; technology; soil cultivation; sowing; complex of machines; metal consumption; tractive resistance; productivity; yield productivity.*

Authors' personal details

1. **Rakhimov Rais**, Doctor of technical sciences, professor of the Tractors, farm machinery, farming department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education South Ural State Agrarian University», e-mail: ildarr@bk.ru.

2. **Mudarisov Salavat**, Doctor of technical sciences, professor of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: salavam@gmail.com.

3. **Rakhimov Ildar**, Candidate of technical sciences, doctoral student of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: ildarr@bk.ru.

Soil-climatic conditions, relief, soil properties and soil susceptibility to various types of erosion, crop rotation and cultivated crops in different zones of the Ural are different, which requires the introduction in each zone of appropriate methods of cultivating soil and sowing crops. In this regard, the goal of the study is the development of a universal energy-saving technology and methods for tillage and sowing and the justification of the pa-

rameters of a complex of machines for cultivating agricultural crops in various soil and climatic conditions of the Ural region. The set of working elements for basic and additional tillage and sowing necessary for introduction of the recommended technology and requirements for newly created machines have been substantiated. The technique of determination of metal consumption, traction resistance and productivity of the unit with a rec-

ommended set of working elements for work in various conditions is developed. The results of calculations based on the developed dependencies make it possible to determine the rational parameters of the tool grip width and the speed of movement of the unit, which ensure the maximum productivity of the unit, which were used to create the complex of machines for soil cultivation and

sowing in LLC Chelyabinsk Compressor Plant. The tests results of a complex of machines in various zones of the Chelyabinsk region in accordance with the recommended technology of cultivation of agricultural crops showed their effectiveness. They provide conditions for the growth and development of plants, which increases the yield of cultivated crops by 1,5–2 times.

© Рахимов Р.С., Мударисов С.Г., Рахимов И.Р.

УДК 631.331.92

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-129-134

Д.Ю. Широков, Р.Р. Камалетдинов, Ф.Н. Галлямов

РАЗРАБОТКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

Ключевые слова: протравливание; предпосевная обработка семян; воздушный поток; покрытие; пневматическая камера смешивания.

Введение. Повсеместное внедрение биологических методов защиты и стимуляции роста растений в рамках реализации концепции устойчивого развития земледелия требует новых подходов к совершенствованию технологических процессов и разработке конструкций сельскохозяйственных машин, в частности для предпосевной обработки семян микробиологическими препаратами [12]. Для большинства данных микробиологических препаратов установлены ограничения по срокам хранения приготовленных смесей, а наибольший эффект достигается при проведении обработок семян непосредственно перед их заделкой в почву, что не в полной мере учитывается при разработке технологий и технических устройств, предназначенных для этих целей [3].

Цели и задачи исследования: произвести оптимизацию модели устройства для предпосевной обработки семян, проверить адекватность разработанной математической модели.

Условия, материалы и методы исследования. В качестве технической реализации нанесения препарата непосредственно при посеве предложена технология предпосевной обработки семян микробиологическими препаратами в виде аэрозолей в воздушном потоке семяпроводов пневматических сеялок [4, 14]. Эффективность обработки во многом определяется соблюдением норм и равномерностью распределения препарата на поверхности семян [13]. Для априорного определения нормы как массы препарата q , нанесенного на 1 кг семян, нами использована следующая зависимость [6]:

$$q = \frac{3}{2} E \cdot \beta_{ku} \cdot \frac{(d_m + d_k)^2 \cdot \rho_{жс} \cdot (U - V_m) \cdot t}{(d_m)^3 \cdot \rho_m}, \quad (1)$$

где E – суммарный коэффициент осаждения (захвата); β_{ku} – концентрация капель препарата в воздушном потоке, кг/кг; d_m – диаметр семян, м; d_k – диаметр капель, м; $\rho_{жс}$ – плотность препарата, кг/м³; ρ_m – плотность семян, кг/м³; U – скорость воздуха, м/с; V – скорость семян, м/с.

Анализ приведённой зависимости и лабораторная оценка полученных выводов подтвердили, что при заданной норме равномерность нанесения препарата напрямую зависит от концентрации семян и капель препарата в воздушном потоке. На прямолинейном участке семяпровода посевного комплекса концентрации семян недостаточно для качественной обработки. Это можно компенсировать увеличением численной концентрации капель препарата за счет уменьшения их размера. Однако уменьшение размеров капель приводит к снижению коэффициента захвата E и как следствие – к снижению качества обработки. Преодолеть данное противоречие возможно при перераспределении концентрации семян и аэрозолей в воздушном потоке таким образом, чтобы семена и препарат были сконцентрированы в одной зоне семяпровода. Подобное перераспределение обеспечит повышение концентрации капель и семян в единице объема воздушного потока и уменьшение расстояний между каплями и семенами, что естественно увеличит вероятность их столкновения и обеспечит нанесение препарата на семена, увеличит равномерность по-

крытия и полноту обработки [11]. В качестве возможного решения предлагается использовать эффект перемещения дисперсных материалов в криволинейном канале, при котором происходит инерционный снос к периферии и соответственно перераспределение концентрации по сечению канала.

Работу пневматической системы посевного комплекса возможно математически описать как гетерогенная двухфазная среда «газ – твердые частицы» [9]. В поперечной плоскости семяпроводы пневматических сеялок выполнены в виде труб круглого сечения. Априорный анализ позволил получить вывод, что вблизи вогнутой поверхности движение воздушного потока носит волнообразный характер, т. е. наблюдается пульсация составляющих скоростей из-за обратного воздействия вихрей Тейлора – Гертлера. При этом криволинейная поверхность усиливает интенсивность турбулентности по сравнению с плоской стенкой более чем в 1,5–5 раз.

Согласно двухслойной схеме «пристеночной» турбулентности поток разбивается на две резко отличающиеся по структуре области: тонкую пристенную область чисто вязкого движения – вязкий или ламинарный подслон – и область, не зависящую от вязкости, полностью турбулентного движения – турбулентное ядро потока [1]. Динамическая скорость V_* потока в пристенной области может быть определена как:

$$V_* = (\tau_w / \rho)^{0,5}, \quad (2)$$

а динамическая длина (масштаб толщины вязкого подслоя):

$$l_* = \nu / V_*, \quad (3)$$

где τ_w – время релаксации частицы в потоке газа, с; ρ – плотность газа, кг/м³; ν – коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с.

Решение имеет вид

$$C(\varphi, x) = \frac{\alpha \cdot e^{\alpha x}}{e^{\alpha} - 1} + \alpha e^{\frac{\alpha x}{2}} \times \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1 - e^{\frac{\alpha}{2}} \cos \beta_n - \alpha \frac{e^{\frac{\alpha}{2}} \cos \beta_n - 1}{e^{\alpha} - 1}}{\frac{\alpha^2}{4} + \beta_n^2} \right] \times \left(\cos \beta_n x + \frac{\alpha}{2\beta_n} \sin \beta_n x \right) \cdot \exp \left[- \left(\frac{\alpha^2}{4} + \beta_n^2 \right) \varphi \right]. \quad (8)$$

Для оценки распределения семян при $\varphi = 0,3$ (один виток) можно использовать формулу (9).

$$\text{При } \varphi \rightarrow \infty \quad C(\varphi, x) = \frac{\alpha \cdot e^{\alpha x}}{e^{\alpha} - 1}. \quad (9)$$

$$\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 4, \alpha_3 = 10; \alpha = Stk \cdot 20 \sqrt{\frac{8}{\lambda}}, \varphi =$$

$$\varphi_p \frac{R_c}{H} 0,05 \sqrt{\frac{\lambda}{8}}, \lambda = 0,02; \frac{R_c}{H} = 18, \varphi = 0,045 \varphi_{p1}; \varphi_{p2} = 12; \varphi_1 = 0,135; \varphi_2 = 0,54. \beta_n = \pi n; n = 1, 2, 3 \dots$$

Отсюда турбулентная вязкость может быть представлена в виде

$$\varepsilon = l V_*, \quad (4)$$

где $l = \chi h$ – длина пути перемешивания, м; χ – константа турбулентности; h – расстояние от стенки канала, м.

Как следует из приведенной зависимости, величина ε меняется по высоте канала. В центре она имеет значение, близкое к нулю, и имеет максимум на расстоянии 1/4 от стенки канала. Семена проходят по криволинейному каналу высотой $H_{max} = 2r$ и радиусом изгиба $R_C \gg H$. Средняя скорость семян $W_0 = W_\varphi = V_\varphi$. Обозначим $X = H - h$ – расстояние от внутренней стенки канала, где h – текущее положение частицы. С учетом вышеизложенного уравнение переноса примет вид:

$$\frac{\partial}{R_c \partial \varphi} (\overline{cV_\varphi} + \overline{c'V_\varphi'}) + \frac{\partial}{\partial X} (\overline{cV_x} + \overline{c'V_x'}) = 0, \quad (5)$$

где $\overline{c'V_x'} = -\varepsilon \frac{\partial C}{\partial X}$; $\overline{V_x} = \Delta U$; ΔU – скорость отно-

сительного движения, м/с; $\Delta U = Re_\delta \frac{\nu}{\delta}$; Re_δ – число Рейнольдса; δ – диаметр частицы (семена), м; $Re_\delta = Re_{\delta,w} \cdot Stk$ при $Re_\delta < 1$; $Re_\delta = (Re_{\delta,w} \cdot Stk)^{0,75}$ при $Re_\delta > 1$.

Вводим безразмерные параметры: $r_c = \frac{R_c}{H}$;

$x = \frac{X}{H}$; $\varphi_p = \frac{w_0}{r_c}$ (φ_p – в радианах); $c = C / C_{\text{вх}}$; $\alpha = \Delta U H / \varepsilon$.

Запишем (5) в безразмерном виде:

$$\frac{\partial c}{\partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial x} \left(c \alpha - \frac{\partial c}{\partial x} \right) = 0 \quad (6)$$

с граничными условиями:

$$c(0, x) = 1; \quad c \alpha - \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0; \quad c \alpha - \frac{\partial c}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0. \quad (7)$$

Результаты исследования. Полученные аналитические данные по распределению концентраций семян и капель препарата показывают, что с приближением к стенке канала концентрации увеличиваются в 2–3 раза (рисунок 1а), что повышает интенсивность нанесения препарата на семена в этой зоне. На рисунке 1б представлены расчетные базовые траектории движения капель препарата диаметрами 10, 20 и 50 мкм в смесителе начальным радиусом $R_1 = 0,3$ м, скорости воздушного потока 25 м/с. Как

следует из полученных данных, капли размером 10 мкм осаждаются на стенке семепровода при прохождении более 300° от точки входа в смеситель, что было подтверждено в лабораторных условиях. Полученные зависимости,

исходя из конкретных условий, позволяют рассчитать с достаточно высокой степенью точности основные размеры спирального канала для обработки семян защитностимулирующими препаратами.

Рисунок 1

Расчетная концентрация в сечении спирального канала:

а – распределение концентрации семян по сечению семепровода; б – базовые траектории и распределение концентрации капель препарата размерами: 1 – 50 мкм, 2 – 20 мкм, 3 – 10 мкм

Таблица 1 Обобщенные результаты экспериментов и вычислений по определению падения напора в смесителе и неравномерности покрытия

Начальный радиус кривизны смесителя, мм	Угол поворота, град.	Скорость воздушного потока, м/с	Падение скорости, м/с	Падение давления, Па	Коэффициент местного сопротивления ζ	Коэффициент вариации окраски, v
∞	0	18,3	5,9	250,4	1,25	0,547
300	360	18,0	6,2	261,6	1,35	0,138
	720	17,2	7,0	289,8	1,63	0,121
200	360	17,8	6,4	268,8	1,41	0,119
	720	16,6	7,6	310,0	1,87	0,115

В качестве проверки достоверности полученных на основе аналитических зависимостей нами было проведено моделирование течения в программе FlowVision по известной методике [7, 8, 15].

Рисунок 2

Траектории капель размером 50 мкм, м/с

На рисунке 2 представлена иллюстрация траекторий частиц (капель препарата) размером 50 мкм в воздушном потоке, из которой видно, что капли препарата осаждаются на внешней стенке камеры смешивания в зоне повышенной концентрации семян. В таблице 1 приведены обобщенные результаты экспериментов на лабораторной установке по определению падения напора в смесителе и влиянию параметров смесителя на неравномерности покрытия семян.

Выбран оптимальный радиус начальной кривизны канала – 300 мм, обеспечивающий требуемую равномерность обработки при минимальном повышении сопротивления в семепроводе. Оптимальный угол поворота канала 360°, что также согласуется с аналитическими данными. Применение спиральной камеры смешивания позволяет перераспределить концентрации в сечении семепровода. Вблизи внешней стенки семепровода создается зона повышенной концентрации (до 85–90 %) семян и капель препарата.

На основе полученных данных по определению оптимальных конструктивно-технологич-

ческих параметров устройства для предпосевной обработки семян в воздушном потоке [5] был разработан инкрустирующий модуль-приставка к зерновым пневматическим сеялкам [4]. Для проведения исследований устройства в полевых условиях им оснащена сеялка Джон Дир 730 (рисунок 3) в ООО Агрофирме «Будздяк» Будздякского района. Устройство для предпосевной обработки семян в воздушном потоке посевного комплекса Джон Дир работает следующим образом. Семена из бункера 1 подаются дозатором 2 в семенной эжектор 4 и увлекаются воздушным потоком от вентилятора 3. Одновременно с включением дозатора семян 2 включается насос 8, который подает жидкий препарат из емкости 5 через вентиль 6 и фильтр 7, при этом давление в напорной магистрали управляется вентилем 9 и контролируется манометром 10. Жидкий препарат под давлением распыляется форсункой 11 в пневматический сеяковод 12. Семена проходят через прогиб сеяпровода, интенсивно смешиваются с распыленным препаратом и покрываются им. На выходе из прогиба в сеяковод подается порошок 14. Часть воздушного потока, отобранная у вентилятора, подается по воздухопроводу 13 к баку для порошка 14 и порошковому эжектору 16. От созданной в

эжекторе разницы давления из бака 14 через дозатор 15 порошок всасывается в эжектор и по магистрали 17 подается к сеяпроводам. Вне-сенный в сеяковод порошок жидкий компонент покрывает увлажненную поверхность семян во время их прохождения через распределительную головку 18 и сеяководы 19 и предотвращает их слипание. Инкрустированные семена высеваются сошниками 20 [14].

Результаты полевых исследований показали, что при расходе жидкого препарата до 22 л/т слипание семян не происходит; налипания семян на стенки нет; препарат, осевший на стенки сеяководов, удалялся потоком семян; скоплений препарата нет; минимально возможный расход препарата – 2 л/т, дальнейшее снижение расхода приводит к ухудшению равномерности покрытия ниже допустимого значения. Устройство для предпосевной обработки семян в воздушном потоке предполагает наличие спирального смесителя с углом поворота 360°, однако повороты канала сеяпровода в системе транспортировки и распределения семян сеялки Джон Дир 730 выполняют функцию перераспределения концентраций семян и капель препарата в воздушном потоке и снимают необходимость в нем, при этом удается выдержать равномерность покрытия в пределах 85–90 %.

Рисунок 3

Переоборудованный посевной комплекс Джон Дир 730:
а) технологическая схема; б) фотография переоборудованного комплекса

Выводы. Качество обработки семян в воздушном потоке напрямую зависит от концентрации семян и капель препарата в нем. Повышения концентраций без изменения нормы расхода препарата и семян можно добиться путем перераспределения концентраций в воздушном потоке. Для перераспределения концентраций семян и капель препарата предложено использовать спиральную камеру смешивания в виде концентрически загнутого канала. Наиболее эффективным является установка камеры в вертикальной плоскости. По прохождении семенами угла поворота 360° смесителя диаметром 600 мм 90 % аэрозоля осаждается на стенке

смесителя. Устройство для предпосевной обработки семян позволяет достигать равномерности покрытия до 85–90 % за один поворот канала на 360°. Технологический процесс обработки семян в воздушном потоке позволяет проводить обработку с нормой расхода рабочей жидкости от 2 до 25 л/т. Обработка семян во время посева снижает затраты труда и сокращает время на предпосевную обработку семян, обеспечивает высокую эффективность использования новейших микробиологических препаратов, требующих проведения обработки семян непосредственно перед посевом и, как следствие, повышает урожайность на 10–15 %.

Библиографический список

1. Алоян, А.Е. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере [Текст]: монография / А.Е. Алоян. М.: Наука, 2008. 415 с.
2. Биологическая защита растений [Текст] / М.В. Штерншис, Ф.С.-У. Джалилов, И.В. Андреева; под. ред. М.В. Штерншис. М.: КолоС, 2004. 264 с.
3. Ганиев, Н.М. Химические и биологические средства защиты растений [Текст] / Н.М. Ганиев, В.Д. Недорезков. Уфа: Башкирский ГАУ, 2000. 310 с.
4. Камалетдинов, Р.Р. Инкрустатор семян с пневматической камерой смешивания [Текст] / Р.Р. Камалетдинов, Д.Ю. Широков // Научное обеспечение устойчивого развития АПК: материалы всероссийской научно-практической конференции (13–15 декабря 2011 г.). Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2011. С. 205–208.
5. Камалетдинов, Р.Р. Модельное представление и машинный анализ процесса инкрустации семян в воздушном потоке [Текст] / Р.Р. Камалетдинов, Д.Ю. Широков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения известного учёного, профессора А.П. Иофинова (1932–2005 гг.) (13–14 декабря 2012 г.). Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2012. С. 23–27.
6. Масло, И.П. Исследование процесса обработки семян защитными препаратами в вертикальном замкнутом воздушном потоке [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / И.П. Масло. Киев, 1971. 131 с.
7. Мударисов, С.Г. Моделирование движения воздушного потока в пневмосистемах сельскохозяйственных машин [Текст] / С.Г. Мударисов, А.В. Шарафутдинов, И.Д. Бадретдинов // Достижения науки - агропромышленному производству. Материалы XLVIII Международной научно-технической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГОУ ВПО Челябинский государственный агроинженерный университет. 2009. С. 148–151.
8. Мударисов, С.Г. Моделирование пневматической системы зерновой сеялки [Текст] / С.Г. Мударисов, И.Д. Бадретдинов, А.В. Шарафутдинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 2. С. 10–12.
9. Определение возможности математического описания процесса работы пневматических систем сельскохозяйственных машин как гетерогенная двухфазная среда «газ – твердые частицы» [Текст] / С.Г. Мударисов, З.С. Рахимов, И.Д. Бадретдинов, А.В. Шарафутдинов, А.М. Мухаметдинов // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы XLIX Международной научно-технической конференции. 2010. С. 80–82.
10. Поздняков, Ю.В. Механизация защиты семенного материала от болезней и вредителей [Текст] / Ю.В. Поздняков. Екатеринбург: УрГСХА, 2003. 268 с.
11. Смелик, В.А. Предпосевная обработка семян нанесением искусственных оболочек [Текст] / В.А. Смелик, Е.И. Кубеев, В.М. Дринча. СПбГАУ, 2011. 272 с.
12. Хасанов, Э.Р. Моделирование процесса образования монодисперсного аэрозоля при предпосевной обработке семян [Текст] / Э.Р. Хасанов, С.Г. Мударисов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 72–74.
13. Хомяков, Д.М. Вопросы увеличения потребления минеральных удобрений в Российской Федерации [Текст] / Д.М. Хомяков, Б.В. Левин // Достижения науки и техники АПК. 2004. № 11. С. 43–44.
14. Широков, Д.Ю. Инкрустатор семян и обоснование его конструктивно-технологических параметров [Текст] / Д.Ю. Широков, Р.Р. Камалетдинов // Инновационному развитию агропромышленного комплекса – научное обеспечение: материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2012». Министерство сельского хозяйства РФ, Министерство сельского хозяйства РБ, Башкирский государственный аграрный университет, Башкирская выставочная компания. 2012. С. 403–407.
15. Mudarisov S., Khasanov E., Rakhimov Z., Gabitov I. Specifying two-phase flow in modeling pneumatic systems performance of farm machines. Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2017. Т. 40. № 4. С. 706–715.

Сведения об авторах

1. **Широков Дмитрий Юрьевич**, инженер, г. Уфа, e-mail: 121088@pochta.ru.
2. **Камалетдинов Рим Рашитович**, доктор технических наук, доцент кафедры строительного дорожного, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71, e-mail: krr53@mail.ru.

3. **Галлямов Фаиль Наилевич**, доцент кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71.

Представлена конструкция и обоснование рациональных параметров устройства для об-

работки семян сельскохозяйственных культур в воздушном потоке одновременно с посевом.

D. Shirokov, R. Khamaletdinov, F. Gallyamov

DEVELOPING AND IMPROVING PARAMETERS OF A MACHINE FOR PRE-SOWING TREATMENT OF SEEDS IN THE AIR STREAM

Key words: *disinfection; pre-sowing seed treatment; air flow; dressing; pneumatic mixing chamber.*

Authors' personal details

1. **Shirokov Dmitry**, engineer, Ufa, e-mail: 121088@pochta.ru.

2. **Khamaletdinov Rim**, Candidate of technical sciences, associate professor of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: krr53@mail.ru.

3. **Gallyamov Fail**, Candidate of technical sciences, associate professor of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: galfail@mail.ru.

The paper discusses design and reasoning of rational parameters of a machine to treat seeds of

crops in the airflow simultaneously with the sowing process.

© Широков Д.Ю., Камалетдинов Р.Р., Галлямов Ф.Н.

УДК 634.0.232.31

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-134-139

С.А. Кабанова, М.А. Данченко

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕМЯН И СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Ключевые слова: *сосна обыкновенная; сеянцы; семена; стимуляторы; предпосевная обработка; лабораторная всхожесть.*

Введение. Выращивание продуктивных, устойчивых и долговечных искусственных насаждений во многом зависит от качества посадочного материала, который может быть получен только при соблюдении всех агротехнических приемов. При невыполнении основных технологических требований посадочный материал имеет низкое качество, слабо приживается и растет после посадки его на лесокультурной площади. Одной из основных причин снижения качества сеянцев можно назвать плохую всхожесть, на что влияет нетщательное выполнение предпосевной обработки или полное ее отсутствие. В настоящее время стало уделяться больше внимания проведению предпосевной

обработки семян древесных пород различными стимуляторами [1–5]. Если для овощных растений достаточно широко освещены способы и концентрации применяемых ростовых веществ, то для лесных видов ученые не пришли к единому мнению по выбору оптимальных препаратов для увеличения всхожести семян. По нашим исследованиям видно, что для регионов Казахстана приоритетно применение разных наименований стимуляторов для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной.

Материалы и методы исследований. Опытные работы по предпосевной обработке семян ростовыми веществами проводились в Северном филиале Республиканского лесного

селекционного центра (СФ РЛСЦ), расположенного в Акмолинской области. Климат в месте расположения питомника резко-континентальный, почвы – черноземные. В питомнике проводится мелкокапельный полив сеянцев. Изучались однолетние (данные 2016 года) и двухлетние (данные 2017 года) сеянцы, выращенные из семян посева 2016 года. Предпосевная обработка семян проводилась по нескольким вариантам опыта: опрыскивание и замачивание семян в экстрасоле, гумате + 7 микроэлементов и ГНБ, а также полив почвы активатором ЭридГроу. Изучалось влияние стимуляторов на основные показатели растений в зависимости от концентрации растворов и времени замачивания. Лабораторная всхожесть и энергия прорастания семян сосны обыкновенной определялась по ГОСТ [6], пересчет проклюнувшихся семян производился на 3, 5, 7, 10 и 15 дни наблюдений. Длина проростков измерялась линейкой с точностью до 1 мм на 15 день

после закладки семян на проращивание. Семена помещались в мешочки и замачивались в растворе стимулятора на определенное время, затем подсушивались до сыпучего состояния и высевались. Число семян, высеянных на 1 пог. м, вычислялось исходя из массы 1000 семян и нормы посева. Полевая всхожесть определялась как число появившихся всходов, выраженное в процентах к числу высеянных всхожих семян. Высоту сеянцев измеряли линейкой с точностью до 1 см [7]. В каждой повторности опыта выкапывалось по 20 сеянцев, у которых надземная часть отделялась от подземной. Корни и стволы измерялись и взвешивались на весах. Полученные результаты обрабатывались методами математического и статистического анализа.

Результаты исследований. Перед посевом проводилось определение основных показателей качества семян сосны обыкновенной (таблица 1).

Таблица 1 Лабораторная всхожесть семян, обработанных различными стимуляторами, и длина проростков сосны обыкновенной

Вариант опыта	Время выдержки	Концентрация	Дата наблюдений					Всхо- жесть, %	Длина проростка, см
			16.05	18.05	20.05	23.05	28.05		
			Число всходов семян / день наблюдений						
			3	5	7	10	15		
Контроль	—	—	47	59	60	0	63	63,0	0,2
«Экстрасол»	опрыск.	100 мл / 10л	26	38	51	0	61	61,0	0,2
«Экстрасол»	опрыск.	50 мл / 10л	28	44	47	48	50	50,0	0,4
«Экстрасол»	5 мин.	100 мл / 10л	40	45	50	53	59	59,0	0,2
«Экстрасол»	5 мин.	50 мл	40	52	54	56	64	64,0	0,3
«ГНБ»	опрыск.	1 г / 1л	44	49	55	57	65	65,0	0,3
«ГНБ»	5 мин.	1 г / 1л	43	57	61	62	68	68,0	0,3
«Гумат + 7 минералов»	24 час.	0,5 г / 1 л	42	57	62	64	66	66,0	0,4
«Гумат + 7 минералов»	18 час.	0,5 г	32	44	49	51	62	62,0	0,3

Энергией прорастания более 60 % отличались контрольные образцы и семена, обработанные «ГНБ» и «Гуматом + 7 минералов» в течение 24 часов. Остальные варианты имели более низкий показатель. Наибольшие значения лабораторной всхожести имели образцы семян, обработанные теми же стимуляторами. Хуже всего проросли семена, опрысканные «Экстрасолом» в концентрации 50мл/10 л (50,0 %). Всхожесть ниже контрольных образцов имели варианты с замачиванием в «Экстрасоле» (5 мин.) и в «Гумате + 7 минералов» (18 час.), а также с опрыскиванием «Экстрасолом» (100 мл/10 л). Длина проростков колебалась от 0,2 до 0,4 см, наибольшие показатели были у вариантов с замачиванием в «Гумате + 7 минералов» (24 час.) и опрыскиванием «Экстрасолом» (50 мл/10 л). 11 мая 2016 г. была выполнена предпосевная обработка семян сосны обыкновенной и произведен посев в лесном питомнике. Число высеянных семян на 1 пог. м составило

в среднем 394 шт. При первоначальном учете число всходов было больше, чем в последующие наблюдения, т. к. из-за полегания некоторые экземпляры погибли. На время последнего учета полевой всхожести получены следующие результаты (таблица 2). Число всходов семян сосны обыкновенной по повторностям было весьма неоднородным. Так, в начале посевной ленты число всходов было низким не только на опытном участке, но и на производственных посевах, по-видимому, из-за почвенных условий. Например, на расположенном в начале ленты варианте с обработкой стимулятором «ГНБ» число всходов составило 78 шт., на более удаленном участке – 559 шт. на 1 пог. м.

По усредненным данным по двум повторностям, наибольшее число всходов наблюдалось на варианте с поливом почвы активатором «ЭридГроу» (522 шт.) и с обработкой семян «Гуматом + 7 минералов» в течение 18 часов

(402,5 шт.). На всех остальных вариантах опыта всходов было меньше, чем на контроле, а наименьшее число всходов было при опрыскивании семян «Экстрасолом» в 0,5 % концентрации. Полевая всхожесть составила 74,6 % при поливе почвы «ЭридГроу», также данный показатель был больше контрольного при замачи-

вании семян в «Гумате + 7 минералов» (57,5 %). У всех остальных вариантов полевая всхожесть наблюдалась меньше, чем у контрольных растений (52,0 %), и была наименьшей при опрыскивании семян экстра-солом.

Приживаемость сеянцев по годам приведена в таблице 3.

Таблица 2 Средняя полевая всхожесть семян сосны обыкновенной

Наименование стимулятора	Время выдержки	Концентрация	Число всходов на 15.07, шт.	Полевая всхожесть, %
«Экстрасол»	опрыск.	100 мл / 10 л	112,0	16,0
«Экстрасол»	5 мин.	50 мл / 10 л	251,5	35,9
«ГНБ»	опрыск.	1 г / 1 л	318,5	45,5
«Экстрасол»	5 мин.	100 мл / 10 л	259,5	37,1
«Экстрасол»	опрыск.	50 мл / 10 л	103,0	14,7
«Гумат + 7 минералов»	24 час.	0,5 г / 1 л	352,5	50,4
«Гумат + 7 минералов»	18 час.	0,5 г / 1 л	402,5	57,5
«Эрид Гроу»	полив	1 л / 10 л	522,0	74,6
«ГНБ»	5 мин.	1 г / 1 л	342,5	48,6
Контроль	—	—	364,0	52,0

Таблица 3 Приживаемость одно- и двухлетних сеянцев сосны обыкновенной

Наименование стимулятора	Концентрация	Время выдержки	Приживаемость, %	
			2016 г.	2017 г.
«Экстрасол»	50 мл / 10 л	опрыск.	65,5	54,0
«Экстрасол»	100 мл / 10 л	опрыск.	76,8	54,1
«Экстрасол»	100 мл / 10 л	5 мин.	76,5	63,3
«Экстрасол»	50 мл / 10 л	5 мин.	42,1	38,3
«ГНБ»	1 г / 1 л	опрыск.	62,4	56,9
«ГНБ»	1 г / 1 л	5 мин.	60,3	57,7
«ЭридГроу»	1 л / 10 л	полив	38,4	37,4
«Гумат + 7 минералов»	0,5 г / 1 л	18 час.	57,3	56,6
«Гумат + 7 минералов»	0,5 г / 1 л	24 час.	69,1	43,8
Контроль	—	—	42,6	38,5

Средняя приживаемость сеянцев первого года жизни по вариантам опыта составила 56,7 %, контрольных сеянцев – 42,6 %. Только два варианта по изучаемому показателю отставали от контроля – при поливе «ЭридГроу» (38,4 %) и при замачивании в «Экстрасоле» (0,05 %) в течение 5 минут (42,1 %). Наибольшая приживаемость наблюдалась при предпосевной обработке путем замачивания и опрыскивания семян «Экстрасолом» (0,1 %) – соответственно 76,5 и 76,8 %. В двухлетнем возрасте приживаемость сеянцев снизилась незначительно и по вариантам опыта в среднем составила 49,2 %, у контрольных образцов – 38,5 %. По данному признаку лидировали следующие варианты опыта: замачивание в 0,1 %-ном «Экстрасоле» (63,3 %), замачивание и опрыскивание «ГНБ» (соответственно 57,7 и 56,9 %), замачивание в «Гумате + 7 минералов» в течение 18 часов (56,6 %). Следует отметить, что у названных вариантов опытов приживаемость снизилась на 0,7–13,2 %. Приживаемость по двум годам наблюдений была больше у опытных растений по сравнению с контролем.

В однолетнем возрасте практически все опытные растения отставали по длине стволиков от контрольных сеянцев (таблица 4).

По достижении двухлетнего возраста контрольные сеянцы имели меньший показатель по сравнению с опытными образцами. Такая тенденция сохранилась и при изучении длины корней. Общая длина растения у опытных двухлетних сеянцев различалась незначительно – от 33,5 до 35,9 см, длина контрольных сеянцев составила 24,0 см. Разница между вариантами по общей длине опытных однолетних сеянцев была более ощутимой и изменялась от 15,5 до 20,6 см. Контрольные растения имели среднюю общую длину 19,3 см. Соотношение длины корней к длине стволиков в среднем составляло 1:1,3 в однолетнем возрасте, у двухлетних сеянцев длина стволиков стала превышать протяженность корней. Вероятно, для увеличения корневой массы в почве лесного питомника не хватает минеральных питательных веществ для пропорционального развития растений. Минимальное значение массы стволиков было меньше максимальной массы в 2,5

раза у опытных однолетних сеянцев, у двухлетних – в 2,1 раза. Масса стволика и корня контрольных сеянцев отставала от указанных признаков опытных растений в двухлетнем возрасте. Наибольшая общая масса двухлетних растений наблюдалась при опрыскивании и замачивании семян в 0,1 %-ном «Экстрасоле» (соответственно 5,45 и 6,96 г) и замачивании в «Гумате + 7 минералов» в течение 24 часов (5,36 г). Причем в однолетнем возрасте вариант с замачиванием в «Гумате + 7 минералов» имел наименьший показатель.

Определена высота двухлетних сеянцев сосны обыкновенной по вариантам опыта (таблица 5). Средняя высота опытных растений составила 12,4 см, контрольных – 11,6 см. Наибольшей высотой отличались варианты с опрыскиванием семян 0,1 %-ным экстраксом (15,3 см), с поливом «ЭридГроу» (14,5 см), с

замачиванием в «Гумате + 7 минералов» в течение 18 часов (13,6 см) и «ГНБ» (13,5 см).

Ранговый анализ, проведенный по всем изученным признакам, показал, что в двухлетнем возрасте лидирующими вариантами опыта были следующие: полив почвы «ЭридГроу» (1 ранг), опрыскивание семян экстраксом в двух концентрациях (2 и 3 ранг) и опрыскивание «ГНБ» (4 ранг). Контроль имел самый низкий 10 ранг. В однолетнем возрасте данные опыты имели такое же ранжирование, только контроль переместился с 8 на 10 место. Анализ показал наличие наиболее значимой корреляционной связи длины стволика и корней сеянцев из СФ РЛСЦ (коэффициент корреляции составил 0,74), длины стволика и массы стволика (0,65). Также выявлено, что от приживаемости зависит масса стволика и корня (соответственно 0,78 и 0,81).

Таблица 4 Основные показатели одно- и двухлетних сеянцев сосны обыкновенной по вариантам опытов

Наименование стимулятора и концентрация	Время выдержки	Длина, см				Масса, г			
		стволика		корня		стволика		корня	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
«Экстрасол» 0,05 %	опрыск.	8,6	19,8	10,3	15,1	0,42	4,31	0,29	0,72
«Экстрасол» 0,1 %	опрыск.	9,4	18,3	11,2	15,2	0,26	4,72	0,28	0,73
«Экстрасол» 0,1 %	5 мин.	7,4	18,1	8,1	15,6	0,57	5,83	0,27	1,13
«Экстрасол» 0,05 %	5 мин.	8,4	18,0	9,5	17,2	0,66	2,72	0,27	0,54
«ГНБ»	опрыск.	7,7	18,3	12,1	16,1	0,55	4,34	0,29	0,82
«ГНБ»	5 мин.	7,6	18,2	8,2	17,4	0,50	3,91	0,33	0,83
«ЭридГроу»	полив	9,0	20,1	13,1	15,6	0,46	3,05	0,29	0,55
«Гумат + 7 минералов»	18 час.	8,0	18,6	8,9	15,3	0,40	4,12	0,24	0,73
«Гумат + 7 минералов»	24 час.	8,1	18,9	11,6	17,0	0,31	4,53	0,24	0,83
Контроль	–	8,9	12,9	10,4	11,1	0,46	2,31	0,28	0,48

Таблица 5 Высота одно- и двухлетних сеянцев сосны обыкновенной

Стимулятор	Время выдержки	Доза внесения	Высота, см		
			2016	2017	
			X ± m	X ± m	V, %
«Экстрасол»	опрыск.	100 мл / 10л	8,2 ± 0,1	15,3 ± 0,7	20,8
«Экстрасол»	5 мин.	50 мл / 10л	6,2 ± 0,1	11,7 ± 0,7	34,8
«ГНБ»	опрыск.	1 г / 1л	6,9 ± 0,1	11,7 ± 0,6	34,7
«Экстрасол»	5 мин.	100 мл / 10л	6,7 ± 0,1	11,3 ± 0,5	27,5
«Экстрасол»	опрыск.	50 мл / 10л	5,9 ± 0,1	11,3 ± 0,7	39,0
«Гумат + 7 минералов»	24 часа	0,5 г / 1л	5,8 ± 0,1	12,4 ± 0,6	31,6
«Гумат + 7 минералов»	18 часа	0,5 г / 1л	6,7 ± 0,1	13,6 ± 0,4	19,5
«ЭридГроу»	полив	1 л / 10л	6,9 ± 0,2	14,5 ± 0,7	21,4
«ГНБ»	5 мин.	1 г / 1л	7,1 ± 0,1	13,5 ± 0,5	25,1
Контроль	–	–	5,3 ± 0,1	11,6 ± 0,5	27,4

Выводы. Изучение роста и состояния сеянцев сосны обыкновенной в течение двух лет показало, что основные признаки (высота, длина стволиков и корней, масса стволиков и корней) практически не изменялись у сеянцев разного возраста. Лидирующие варианты опытов сохраняли тенденции роста как у однолетних, так и у двухлетних сеянцев. Следует отметить, что соотношение длины корней к длине стволиков в среднем составляло 1:1,3 в однолетнем

возрасте, у двухлетних сеянцев длина стволиков стала превышать протяженность корней. Можно предположить, что для наращивания корневой массы в почве питомника не хватает питательных веществ и необходимо внесение органических и минеральных удобрений. На основании проведенных опытных работ и математического анализа установлено, что для условий Акмолинской области хорошие результаты имеет предпосевная обработка семян

сосны обыкновенной – опрыскивание экстра-солом в двух концентрациях (0,1 и 0,05 %) и «ГНБ». Также на всхожесть семян и рост сеян-

цев влияет полив почвы «ЭридГроу», при котором значительно увеличивается высота и масса растений.

Библиографический список

1. Гродницкая, И.Д. Влияние химического и биологического способов обработки на прорастание семян хвойных [Текст] / И.Д. Гродницкая // Лесное хозяйство. 2008. № 5. С. 39–40.

2. Пентелькина, Н.В. Экологически безопасные стимуляторы роста для лесных питомников [Текст] / Н.В. Пентелькина, С.К. Пентелькин // Лесохозяйственная информация. 2002. № 6. С. 48–52.

3. Рекомендации по использованию новых экологически чистых биопрепаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках [Текст]. М: ВНИИЛМ, 2001. 12 с.

4. Шакиров, Ф.Р. Испытание крезацина при предпосевной подготовке семян сосны обыкновенной [Текст] / Ф.Р. Шакиров // Экологические основы лесопользования в Среднем

Поволжье. Мат. научно-практ. конф. Йошкар-Ола, 2002. 132–134 с.

5. Кабанова, С.А. Результаты предпосевной обработки стимуляторами семян сосны обыкновенной в Северном Казахстане [Текст] / С.А. Кабанова, М.А. Данченко, О.Н. Мироненко, А.Н. Кабанов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2016. № 3 (44). С. 99–106.

6. ГОСТ 13056.6-97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1998. 27 с.

7. Смирнов, Н.А. Методическое руководство проведения опытных работ по выращиванию сеянцев в питомниках и лесных культур на вырубках [Текст]: пособие для проведения полевых опытных работ. Пушкино: ВНИИЛМ, 2000. 42 с.

Сведения об авторах

1. **Кабанова Светлана Анатольевна**, кандидат биологических наук, заведующая отделом воспроизводства лесов и лесоразведения, Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан, г. Щучинск, ул. Кирова, 58, e-mail: kabanova.05@mail.ru.

2. **Данченко Матвей Анатольевич**, кандидат географических наук, доцент, кафедра лесного хозяйства и ландшафтного строительства, Биологический институт Томского государственного университета, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, e-mail: mtd2005@sibmail.com.

Приведены результаты двухлетних наблюдений за ростом и состоянием сеянцев сосны обыкновенной. Семена перед посевом были обработаны стимуляторами. Контрольные образцы и семена, обработанные «ГНБ» и «Гуматом + 7 минералов» в течение 24 часов, отличались энергией прорастания более 60 %. Эти же варианты опыта имели наибольшую лабораторную всхожесть. Полевая всхожесть при поливе почвы активатором «ЭридГроу» составила 74,6 %, при замачивании семян в «Гумате + 7 минералов» – 57,5 %. Все остальные варианты опыта имели полевую всхожесть меньше, чем у контрольных сеянцев (52,0 %). Средняя приживаемость сеянцев сосны обыкновенной первого года жизни по вариантам опыта составила 56,7 %, контрольных сеянцев – 42,6 %. В двухлетнем возрасте приживаемость сеянцев снизилась и по вариантам опыта в среднем составила 49,2 %, контрольных образцов – 38,5 %. Соотношение длины корней к длине стволиков

у опытных и контрольных растений в среднем составляло 1:1,3 в однолетнем возрасте, у двухлетних сеянцев длина стволиков стала превышать протяженность корней. Наибольшая общая масса двухлетних растений наблюдалась при опрыскивании и замачивании семян в 0,1 %-ном «Экстрасоле» (соответственно 5,45 и 6,96 г) и замачивании в «Гумате + 7 минералов» в течение 24 часов (5,36 г). Причем в однолетнем возрасте вариант с замачиванием в «Гумате + 7 минералов» имел наименьший показатель. Средняя высота опытных двухлетних растений составила 12,4 см, контрольных – 11,6 см. В двухлетнем возрасте лидировали следующие варианты опыта: полив почвы «ЭридГроу», опрыскивание семян «Экстрасолом» в двух концентрациях и опрыскивание «ГНБ». Контроль по всем показателям отставал от опытных вариантов.

Статья поступила в редакцию 29.11.2017 г.

EVALUATING EFFECT OF STIMULATING AGENTS ON SCOTCH PINE (PINUS SYLVESTRIS) SEEDS AND SEEDLINGS

Key words: *Scotch pine; seedlings; seeds; stimulating agents; pre-sowing treatment; laboratory germination.*

Authors' personal details

1. **Kabanova Svetlana**, Candidate of biological sciences, head of the Department of reforestation and afforestation, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Kazakhstan, Shchuchinsk, Kirov st., 58, e-mail: kabanova.05@mail.ru.

2. **Danchenko Matvey**, Candidate of geographical sciences, associate professor of the forestry and landscape construction department, Biological Institute, Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin av., 36, e-mail: mtd2005@sibmail.com.

The given paper presents the results of two-year research on Scotch pine seedling growth and state. Before sowing seeds were treated with stimulating agents. The control samples and seeds treated with «GNB» and «Humate + 7 microelements» for 24 hours differed in germinating power by 60 %. The very experiment samples had the highest rate of laboratory germination. When the soil was watered with «Arid Grow» stimulating agent field germination was 74,6 %, and it was 57,5 % when seeds were watered with «Humate + 7 microelements». All the rest experiment samples had worse field germination than the control samples (52,0 %). The average survival ability of one-year-old seedlings of Scotch pine was 56,7 % for the experiment samples and 42,6 % for the control samples. However, the survival rate of two-year-old seedlings decreased. It reached 49,2 % for the experiment samples and 38,5 % for the control

ones. The ratio of root and stem length amounted 1:1,3 for one-year-old experiment and control, however, the stem length of two-year-old seedlings exceeded the root length. The highest total weight of two-year-old plants was observed with seeds having been sprinkled and soaked in 0,1 % «Extrasol» solution (5,45 gr and 6,96 gr respectively) and in «Humate + 7 microelements» for 24 hours (5,36 gr). It should be noted that one-year-seedlings had the least data with seeds having been soaked in «Humate + 7 microelements». The average height of two-year-old experiment plants was 12,4 cm and of the control ones 11,6 cm. By the end of the two-year period, the following experiment samples were the most successful: soil watering with «Arid Grow», seed sprinkling with «Extrasol» in two concentrations, and sprinkling with «GNB». The control samples were behind the test ones in all characteristics.

© Кабанова С.А., Данченко М.А.

УДК 575.17: 582.632.2

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-139-143

В.В. Тагиров, С.Ю. Бахтина, А.А. Тагирова

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА В ВЫСОТУ ПОДРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗНЫХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: *сосна обыкновенная; подрост; изменчивость; годичный прирост в высоту, известковый карьер.*

Введение. Увеличение площадей техногенных территорий обуславливает актуальность изучения вопросов их естественной (биологической) рекультивации. Основная часть публи-

каций в этой области посвящена исследованию процессов зарастания древесно-кустарниковой растительностью отвалов, появившихся в ходе работ в интересах металлургической и уголь-

ной промышленности [1] и являющихся источником загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и угольной пылью. К сожалению, эти процессы практически не изучены на территориях достаточно распространенных [2] в России известняковых разработок.

Цель и задача исследования – изучить динамику годичного прироста в высоту подроста сосны обыкновенной в условиях загрязнения окружающей среды мелкодисперсной известковой пылью.

Материалы и методы исследований. Для выполнения поставленной цели на территории Учалинского района Республики Башкортостан были заложены две пробные площади. На одной из них (№ 1) представлен подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), возникший в результате самосева земель, прилегающих к Юлдашевскому известняковому карьере. Технологическая известка объекта с 1990 г. используется ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» в основной деятельности в качестве вспомогательной продукции для производства концентратов. При ее добыче образуется в большом количестве известковая пыль, которая может существенно изменять лесорастительные условия прилегающих участков – в первую очередь, из-за изменения механических и физико-химических свойств почв, микрофлоры [2]. Вторая пробная площадь (№ 2) заложена в прилегающем низкополнотном сосново-березовом насаждении. Загрязнение участка известняковой пылью здесь ограничено как расстоянием (около 300 м от карьера), так и экранирующим пыль эффектом деревьев, произрастающих на этом отрезке.

Результаты исследования. У подроста в каждом из трех анализируемых годов на известняковом карьере выявлен больший размах изменчивости годичного прироста в высоту (см. в таблице 1 пределы изменения показателя и коэффициенты вариации). Однако здесь речь можно вести лишь о тенденции – попарное сравнение коэффициентов вариации в опыте и контроле показало статистическую недостоверность их различий при существующих объемах выборок. Сравнительно низкий прирост растений в высоту в 2011 г. в обеих выборках (таблица 1) может быть связан с динамикой климатических показателей. В частности, по информации из Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в 2011 г. среднегодовая температура была примерно на 2 градуса ниже, чем в 2012–2013 гг. Несмотря на это, на поверхности отвалов подрост сосны обыкновенной демонстрирует отно-

сительно лучший рост в пределах всего анализируемого периода времени – величины годичного прироста в 2011, 2012 и 2013 гг. выше на 110,9, 40,5 и 37,5 % соответственно.

Два основных фактора лесорастительной среды могут привести к этому результату. В научной литературе распространены представления об экстремальности техногенных условий для заселения и произрастания древесных растений. Причинами могут быть недостаток питательных веществ, крупнообломочный фракционный состав грунтов, их пространственная подвижность, экстремальность аэро- и гидрологических режимов, токсичность почвы. Последний фактор, имеющий доминирующее влияние на успех зарастания древесно-кустарниковой деятельностью загрязненных земель [1], видимо, в условиях Юлдашевского известнякового карьера не актуален. В литературе отмечается [2], что карбонат кальция, поступающий в среду в виде мелкодисперсной пыли в ходе открытых горных работ, повышает, помимо изменения физико-механических почв, их щелочность (в том числе за счет нейтрализации органических кислот). Но не всегда эти изменения имеют негативные последствия. Известно [3], что известкование является мерой по химической мелиорации почв, в ходе чего достигается лучшее использование растениями минеральных веществ, уменьшается кислотность почвы, улучшаются их физико-химические свойства, активизируется деятельность микроорганизмов и т. д. Видимо, эти процессы наблюдаются на пробной площади № 1 – на территории Учалинского района доминируют черноземы выщелоченные со слабокислым pH. Также возможно, что количество известковой пыли, поступающей из Юлдашевского известнякового карьера, не достигло уровня, за которым начинается эффект ингибирования роста сосны обыкновенной.

Кроме того, на известняковом карьере естественная освещенность растений более равномерно распределена в трехмерном пространстве. Весь подрост на пробной площади относится к первому классу возраста, в год измерений он имел высоту $1,7 \pm 0,12$ м (коэффициент вариации 40,8 %). Для 5 выбранных для статистического анализа интервалов высот вариационного ряда установлено, что преобладают растения высотой 1,08–1,61 м (33,3 %), в интервалах 0,55–1,08, 1,61–2,14 и 2,14–2,67 м имеются по 20 % экземпляров, выявлены всего 2 растения (6,7 %) высотой более 2,67 м. Кроме относительно слабой вариабельности высоты расте-

ний, достижению пространственной однородности естественного освещения может способствовать относительно небольшая густота растений (в пересчете на 1 га обнаружены 1052 шт.) и относительная равномерность размещения подроста в местообитании.

В отличие от контрольной выборки, на пробной площади № 2 влияние известковой пыли должно ощущаться меньше. Известно [2], что наибольшее снижение концентрации поступающего с известковой пылью кальция наблюдается на расстоянии 100 м от источника загрязнения. Видимо, здесь часть растений может испытывать преимущественно эффект другого экологического фактора – неравномерного бокового затенения от подроста и деревьев сосны и березы репродуктивного возраста. Оно за счет угнетения роста, видимо, не позволяет полностью реализовать генетически заложенный потенциал для проявления групповой (популяционной) изменчивости [4]. Подтверждение этого предположения получено нами при анализе индивидуальной изменчивости годового прироста во времени у отдельных растений в среднем за три года. Величина признака у

подроста на карьере составила в среднем $27,4 \pm 1,8$ см, изменяясь от 12,3 до 56,3 см (коэффициент вариации 35,2 %). При этом в сравниваемой контрольной выборке оказалось меньше не только абсолютное значение годового прироста в высоту, но и его вариабельность (соответствующие значения составили $19,6 \pm 0,8$, 12,3–28,7, 22,1 %). На пробной площади в известковом карьере численность растений разных интервалов индивидуальной изменчивости была сопоставимой (средний коэффициент вариации 22,6 %, изменения по растениям от 4,3 до 47,3 %%, рисунок 1).

В каждом из первых четырех интервалов было по 6–8 растений. Видимо, здесь реализована основная часть генетически заложенного потенциала проявления изменчивости. В контрольной выборке другая ситуация – там коэффициенты вариации годового прироста отдельных растений распределены по интервалам более неравномерно (в среднем 32,9 %, изменения по отдельным растениям в пределах 9,8–53,8 %%, в первых четырех интервалах диапазона варьирования число растений изменяется от 2 до 12).

Таблица Статистическая оценка изменчивости подроста сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях

Год	Выборка	В среднем годичный прирост в высоту, см	Пределы изменений, см	Коэффициент вариации С, %
2013	№ 1	$31,9 \pm 1,8$	11–55	30,9
	№ 2	$23,2 \pm 1,2$	10–39	27,9
2012	№ 1	$32,1 \pm 1,9$	11–55	31,1
	№ 2	$22,7 \pm 0,9$	13–31	22,9
2011	№ 1	$27,2 \pm 1,7$	8–50	34,1
	№ 2	$12,9 \pm 0,7$	7–26	30,8

Рисунок 1

Распределение численности экземпляров подроста по индивидуальной изменчивости годового прироста в высоту: по осям ординат показано число растений, по осям абсцисс – коэффициенты вариации в %; слева приведена информация по подросту в известняковом карьере, справа – по растениям контрольной выборки

Выводы. В условиях изученного известнякового карьера мелколкодисперсная пыль не

оказывает отрицательного влияния на годичный прирост в высоту подроста сосны обыкновенной.

венной и его динамику по годам. Это объясняется сравнительно небольшим содержанием карбоната кальция в среде, а также эффектом химической мелиорации при поступлении соединений в почвы. В открытых техногенных землях с относительно однородным в пространстве (по сравнению с условиями древес-

ных насаждений) световом режиме у подроста более высокий прирост подроста и большая стабильность значений данного показателя по годам. Эти закономерности показывают перспективность естественной лесной рекультивации техногенных земель.

Библиографический список

1. Янбаев, Ю.А. Адаптация древесных растений к техногенному загрязнению: популяционно-генетические аспекты (итоги 20-летних исследований) [Текст] / Ю.А. Янбаев, А.А. Музафарова, Р.М. Бахтиярова // Аграрная Россия. 2009. № 12. С. 147–148.
2. Антоненко, Н.А. Исследование влияния известняковой мелкодисперсной пыли, образующейся при открытых горных работах, на свойства почвы [Текст] / Н.А. Антоненко, Д.В. Дергунов, Л.Э. Шейнкман // Известия ТулГУ. № 2. 2017. С. 3–17.
3. Артюшин, А.М. Краткий справочник по удобрениям [Текст] / А.М. Артюшин, Л.М. Державин; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1984. 208 с.
4. Тагиров, В.В. О средовой и генетической составляющих различий прироста в высоту у сосны обыкновенной на заброшенных сельскохозяйственных землях [Текст] / В.В. Тагиров, Ю.А. Янбаев, А.А. Тагирова // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. № 3. С. 889–891.

Сведения об авторах

1. **Тагиров Вадим Венерович**, инженер кафедры геофизики, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32, e-mail: tagirov_v_v@mail.ru.
2. **Бахтина Светлана Юрьевна**, аспирант лаборатории лесоведения, ФГБУН «Уфимский институт биологии», г. Уфа, пр. Октября, 71, e-mail: svetlana.bakhtina@inbox.ru.
3. **Тагирова Альбина Алековна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32, e-mail: albom@inbox.ru.

Исследована изменчивость годовичного прироста в высоту подроста сосны обыкновенной в разных лесорастительных условиях – в зоне воздействия мелкодисперсной пыли Юлдашевского известнякового карьера ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» и в близлежащем контрольном местообитании (низкополотном сосново-березовом насаждении). На поверхности промышленных отвалов растения демонстрируют относительно лучший рост в пределах всего анализируемого периода времени – величины годовичного прироста (в среднем $27,2 \pm 1,7$ см, коэффициент вариации

35,2 %) в 2011, 2012 и 2013 гг. выше на 110,9, 40,5 и 37,5 % соответственно, чем в контрольных условиях ($19,6 \pm 0,8$ см, 22,1 %). Основной причиной установленных закономерностей может быть световой режим, более благоприятный в техногенном местообитании – отсутствие выраженного затенения подроста в трехмерном пространстве. Свою роль может внести эффект химической мелиорации за счет воздействия карбоната кальция на выщелоченные черноземные почвы Учалинского района со слабокислым pH.

Статья поступила в редакцию 25.11.2017 г.

V. Tagirov, S. Bakhtina, A. Tagirova

VARIABILITY OF YEAR INCREASE IN THE HEIGHT OF ORDINARY PINE TREE IN DIFFERENT FOREST-AGING CONDITIONS

Key words: Scots pine; teenagers; variability; a one-year increment in height, a limestone quarry.

Authors' personal details

1. **Tagirov Vadim**, engineer of the Geophysics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State University, Ufa, Z. Validi St., 32, e-mail: tagirov_v_v@mail.ru.

2. **Bakhtina Svetlana**, Post-graduate student of the Forestry Laboratory, Federal State Budgetary Scientific Institution «Ufa Institute of Biology», Ufa, prospect Oktyabrya St., 71, e-mail: svetlana.bakhtina@inbox.ru.

3. **Tagirova Albina**, Candidate of biological sciences, senior lecturer of the Ecology and Life Safety department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State University, Ufa, Z. Validi St., 32, e-mail: albom@inbox.ru.

Yearly growth of undergrowth ordinary pine tree has been studied in different site conditions – in fine dust exposure zone Yuldashevsk limestone quarry of «Uchaly Mining and Processing Plant» in the nearby locality of control (low-density pine and birch forests). On the surface of dumps industrial plants exhibit relatively better growth within the analyzed period of time – annual increment value (average $27,2 \pm 1,7$ cm, coefficient of variation 35,2 %) in 2011, 2012 and 2013 higher 110,9,

40,5 and 37,5 %%, respectively, than in the control conditions ($19,6 \pm 0,8$ cm, 22,1 %). The main cause can be established, it is light regime, the more favorable in the technogenic habitat – no re-growth shading expressed in three-dimensional space. The chemical melioration effect can also be the cause, due to the action of calcium carbonate on the leached chernozem soils of the Uchalinsky region with a weakly acid pH can play a role.

© Тагиров В.В., Бахтина С.Ю., Тагирова А.А.

УДК 630*232.19

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-143-148

Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ ПО ФОРМЕ ШИШЕК НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ СЕЯНЦЕВ

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская; интродукция; селекция; форма шишек; сеянцы.

Введение. Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), или кедр сибирский, произрастая на обширных территориях Урала и Сибири, а также встречающийся на Северо-востоке Европейской части России (Республика Коми), образует леса важного экосистемного значения. Интродукция этого древесного вида в таежную зону Севера Восточно-Европейской равнины с учетом его декоративности и орехоносного значения существенно увеличивает биоразнообразие экосистем и существенно расширяет список лесныхпользований [1].

Успех лесной интродукции обусловлен генетическим разнообразием вида. При введении в культуру экзотов искусственный отбор должен быть направлен на признаки, ради которых они собственно интродуцируются, и на свойства, обеспечивающие адаптацию к новым лесорастительным условиям. В естественной среде формовое разнообразие популяций древесных растений (в том числе кедровых сосен) во многом обусловлено распространением и потреблением семян птицами и грызунами. Такие взаимоотношения формируют устойчивые природные экосистемы [2, 3]. В связи с этим испы-

тание интродуцентов в новых экологических условиях следует обязательно ставить на селекционно-генетическую основу [4].

Важным показателем успешности интродукции является способность производить жизнеспособное потомство [1]. Выращивание посадочного материала за пределами ареала сопряжено с множеством трудностей, главным из которых является дефицит семян, продуцируемых интродукционными насаждениями. Таким образом, при разведении сосны кедровой сибирской вне ареала актуальны вопросы исследования ее внутривидового полиморфизма, связанного с показателями репродуктивной способности.

Цель и задачи исследования. Целью исследований является выявление влияния изменчивости сосны кедровой сибирской по форме шишек на всхожесть семян и рост сеянцев. В задачи исследований входили анализ изменчивости шишек сосны кедровой сибирской и роста сеянцев в семьях материнских деревьев.

Методика исследований. Исследования проведены в условиях интродукции на примере

Чагринской кедровой рощи, расположенной в Грязовецком районе Вологодской области на площади 3,7 га. Это одно из крупнейших и старейших насаждений сосны кедровой сибирской на Севере Восточно-Европейской равнины. Посадки выполнены по инициативе помещика Н.А. Петрова в 1900–1904 годах. При их создании использовали 5–10-летние деревца, привезенные в корзинах с комом земли. Растения высаживались на расстоянии 5×5 сажен, т. е. приблизительно 10×10 м. Также кроме кедра в роще были высажены несколько экземпляров пихты, лиственницы и дуба, а по периметру – липа. Первое семеношение отмечено в роще в двадцатилетнем возрасте, а в 1949 году с 220 деревьев кедра было заготовлено более 800 кг орехов. В роще к настоящему времени прослеживается 28 рядов старых посадок, включающих 133 кедра, средний диаметр ствола которых составляет 62,1 см, а высота – 19,5 м. Все деревья кедра в насаждении для их учета промаркированы масляной краской с указанием их порядкового номера. Такая нумерация позволяет осуществлять постоянные наблюдения за индивидуальной изменчивостью растений. Почва на участке дерново-подзолистая, а по механическому составу – тяжелосуглинистая [1].

Для проведения исследований у модельных деревьев в конце августа нами отобраны образцы опавших с деревьев шишек. В качестве моделей служили деревья, выбранные пропорционально их представленности по ступеням толщины стволов. Шишки высушивались при комнатной температуре и влажности в течение двух месяцев, после чего маркировались с указанием номера дерева и номера шишки. Каждый образец взвешивали на лабораторных весах с точностью до 0,01 г.

Всхожесть семян определялась с учетом ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустар-

ников. Метод определения всхожести» [5]. Срок для определения технической всхожести семян сосны кедровой сибирской в опытных целях был увеличен в два раза по сравнению с максимальным по ГОСТу и составил 80 дней. Сроки проведения учетов прорастания семян были установлены также в соответствии с ГОСТом.

Посев семян выполняли в лабораторных условиях в первой половине мая. В качестве субстрата был использован песок, предварительно просеянный и прокаленный. Семена высевали в дезинфицированные пластиковые касеты. Проращивание семян осуществлялось в вегетационном домике. Пересадка всходов проводилась одновременно с их учетом при определении всхожести. Всходы пересаживались в специально подготовленные гряды открытого грунта. Длина рядочков составляла 1 м, шаг посадки – 1 см, расстояние между строчками – 10 см. В конце периода выращивания у сеянцев измеряли длину стволика, диаметр шейки корня и длину хвои.

Результаты исследования. Объем урожая семян сосны кедровой сибирской предопределен не только обилием семеношения, но и содержанием семян в шишках, которое в свою очередь сопряжено с их размерами. Л.Ф. Правдин классифицировал шишки по длине на три категории: крупные (от 8 см и более), средние (7–6 см), мелкие (6 см и меньше) [6]. Размеры шишек являются признаком индивидуальной изменчивости. Наибольшую селекционную ценность имеют особи крупношишечной формы [7]. Формовое разнообразие по крупности шишек связано с биологическими особенностями – крупношишечные растения отличаются ускоренным развитием как генеративных, так и вегетативных органов [8]. Средние размеры шишек и их масса у различных деревьев в исследуемом насаждении варьируют (таблица 1).

Таблица 1 Биометрическая характеристика шишек модельных деревьев ($M \pm m$)

Номер дерева*	Масса, г	Диаметр в средней части, см	Максимальный диаметр, см	Длина, см
65	$23,53 \pm 2,13$	$3,75 \pm 0,07$	$4,05 \pm 0,09$	$5,73 \pm 0,33$
66	$25,48 \pm 1,72$	$4,34 \pm 0,06$	$4,49 \pm 0,07$	$4,73 \pm 0,17$
68	$28,49 \pm 3,40$	$4,09 \pm 0,12$	$4,45 \pm 0,13$	$5,30 \pm 0,26$
75	$26,73 \pm 4,08$	$4,17 \pm 0,25$	$4,62 \pm 0,20$	$6,42 \pm 0,67$
85	$23,97 \pm 1,54$	$4,04 \pm 0,04$	$4,34 \pm 0,07$	$5,55 \pm 0,22$
106	$37,27 \pm 2,68$	$4,63 \pm 0,11$	$4,88 \pm 0,11$	$6,08 \pm 0,24$
115	$30,09 \pm 1,44$	$4,13 \pm 0,04$	$4,36 \pm 0,07$	$5,80 \pm 0,13$
118	$32,86 \pm 4,71$	$4,07 \pm 0,19$	$4,48 \pm 0,11$	$7,18 \pm 0,43$
119	$23,91 \pm 1,66$	$3,84 \pm 0,11$	$4,20 \pm 0,06$	$6,35 \pm 0,16$
160	$35,07 \pm 2,24$	$4,44 \pm 0,10$	$4,71 \pm 0,10$	$6,37 \pm 0,25$
165	$22,90 \pm 1,45$	$3,71 \pm 0,07$	$4,08 \pm 0,09$	$6,09 \pm 0,18$
170	$29,08 \pm 1,69$	$4,36 \pm 0,07$	$4,57 \pm 0,11$	$6,50 \pm 0,15$

Примечание: * – Порядковый номер дерева в роще.

Средняя масса шишек между отдельными деревьями колеблется от $22,90 \pm 1,45$ г (дерево № 165) до $37,27 \pm 2,68$ г (№ 106). Ширина шишки в средней части меняется в пределах от $3,75 \pm 0,07$ см (№ 65) до $4,63 \pm 0,11$ см (№ 106). Диаметр в самой широкой ее части варьирует от $4,05 \pm 0,09$ до $4,88 \pm 0,11$ см (соответственно деревья 65 и 106). В ходе исследования не выявлено крупношишечных экземпляров. Наиболее крупные по своей длине шишки формируются у дерева № 118 ($7,18 \pm 0,43$ см). Большая часть деревьев продуцирует шишки среднего размера (7–6 см).

Кроме своих размеров, шишки кедр сибирского изменчивы по своей форме. Геометрическая форма может быть определена глазомерно или инструментально (по отношению ширины к длине). Если получаемый таким образом коэффициент менее 0,80 – шишки принято считать цилиндрическими, 0,81–0,90 – яйцевидными, а более 0,90 – округлыми [9]. Наиболее крупными являются цилиндрические шишки. В них содержится на 15–20 % больше семян, чем в конусовидных [10]. Индивидуальная изменчивость деревьев по форме шишек выражена и в исследуемом насаждении (таблица 2).

Практически у всех растений образуются цилиндрические шишки, имеющие соотношение диаметра в наиболее широком месте к длине менее 0,80. Средний коэффициент формы шишек составляет $0,74 \pm 0,03$. Среди учтенных деревьев одно (№ 68) продуцирует яйцевидные шишки и одно (№ 66) – округлые. При определении диаметра в средней части значение коэффициента формы шишек несколько меньше. Для осуществления селекции практический интерес представляет выявление связи изменчивости материнских растений со всхожестью семян и ростом их семенного потомства. К концу периода выращивания сеянцы кедр сибирского в семьях разных деревьев значительно отличаются по своему росту (таблица 3). Всхожесть семян, продуцируемых в условиях достаточно узкой интродукционной популяции (вследствие ограниченности представленных биотипов испытывающей дефицит перекрестного опыления), низкая. Тем не менее, между отдельными материнскими продуцентами выражены отличия по этому показателю. Наибольшей всхожестью отличаются семена, полученные из шишек модельного дерева № 119 (37 %).

В наибольшей степени отличия морфометрических параметров сеянцев выражены по их высоте. Значение этого признака в среднем по

семьям составляет $10,6 \pm 0,6$ см. Максимальной высоты достигают сеянцы в семье дерева № 118. Средняя высота стволиков у растений, происходящих от него, достигает $15,6 \pm 1,7$ см, что на 5,0 см (47 %) выше, чем в среднем по семьям. Наименьшая высота у сеянцев в семье дерева № 106. Высота таких растений в среднем составляет всего $7,2 \pm 0,4$ см, что на 3,4 см (32 %) ниже среднего уровня по семьям. Отличающиеся наименьшим диаметром сеянцы дерева № 115 также значительно ниже других. Средняя высота таких растений всего $8,8 \pm 0,4$ см, что статистически существенно ниже данного показателя по семьям. Наиболее крупным диаметром стволиков отличаются сеянцы в потомстве деревьев, образующих округлые (№ 66) и яйцевидные шишки (№ 68) – $4,9 \pm 0,2$ и $4,7 \pm 0,2$ мм соответственно. Рост растений обусловлен развитием ассимиляционного аппарата. Важным показателем в этом аспекте является длина хвои, которую необходимо учитывать в селекционной работе. Средняя величина этого параметра для семей составляет $7,4 \pm 0,2$ см. Хвоинки наибольшей длины образуются у сеянцев в семье дерева № 66, продуцирующего округлые шишки. Их длина $8,6 \pm 0,3$ см, что на 1,2 см (16 %) выше среднего по семьям. Достоверно выше длина хвои и у сеянцев семьи дерева № 68 ($8,5 \pm 0,5$ см), в кроне которого образуются яйцевидные шишки. Хвоинки у сеянцев от этого дерева на 1,1 мм (15 %) длиннее средней величины по семьям. Корреляционный анализ не позволил выявить зависимость высоты сеянцев и длины хвои от показателей, характеризующих форму шишек. Однако отмечена их корреляция со всхожестью семян и диаметром стволиков (таблица 4).

Всхожесть семян в значительной степени сопряжена с отношением диаметра шишки к ее длине. Более тесная зависимость отмечена при использовании диаметра, определенного в средней части шишки ($r = -0,64$). В шишках, характеризующихся сравнительно большей величиной данного отношения, образуются семена с меньшей всхожестью. Связь всхожести семян с отношением диаметра шишки, измеренного в максимально широкой части, к ее длине менее тесная ($r = -0,60$). Коэффициент, установленный отношением длины шишки к ее диаметру в средней части, в наибольшей степени коррелирует со всхожестью семян ($r = 0,66$). При сопоставлении показателя соотношения длины шишки к ее диаметру в наиболее широкой части эта связь выражена слабее ($r = 0,61$). Исследованиями не выявлено достоверной зависимости всхожести семян от крупности ши-

шек ($r = 0,53$; $t_{05} = 2,0 < 2,2$). Тем не менее, ранее нами было установлено наличие достоверной связи между этими показателями [11]. Длина шишек также достоверно сопряжена и с коэффициентами формы шишек. Так, отношение диаметра шишки (в средней части) к ее длине взаимно флуктуирует с длиной шишек на высоком уровне ($r = -0,84$). Диаметр стволиков четырехлетних сеянцев также связан с измен-

чивостью шишек по их форме. Наибольших размеров по диаметру достигают сеянцы в потомстве деревьев с увеличенным отношением диаметра шишки к ее длине. В наибольшей степени выражена теснота связи этого показателя качества сеянцев с формой шишки при определении ее диаметра в широком месте ($r = 0,62$), а в наименьшей – при измерении его средней части ($r = 0,62$).

Таблица 2 Изменчивость формы шишек модельных деревьев (соотношения их длины и диаметра)

Номер дерева	Отношение диаметра шишки к ее длине при измерении диаметра		Отношение длины шишки к ее диаметру при измерении диаметра	
	в средней части	в наиболее широком месте	в средней части	в наиболее широком месте
65	0,65	0,71	1,53	1,41
66	0,91	0,94	1,10	1,06
68	0,77	0,84	1,30	1,19
75	0,65	0,72	1,54	1,39
85	0,73	0,78	1,37	1,28
106	0,76	0,80	1,31	1,25
115	0,71	0,75	1,40	1,33
118	0,57	0,62	1,76	1,60
119	0,60	0,66	1,65	1,51
160	0,70	0,74	1,43	1,35
165	0,61	0,67	1,64	1,49
170	0,67	0,70	1,49	1,42
Среднее	$0,69 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,03$	$1,46 \pm 0,05$	$1,35 \pm 0,04$

Таблица 3 Всхожесть семян и биометрические параметры четырехлетних сеянцев кедра сибирского в семьях модельных деревьев

Номер дерева	Всхожесть семян	Морфометрические параметры сеянцев		
		диаметр стволика, мм	высота сеянцев, см	длина хвои, см
65	28	$3,5 \pm 0,3$	$9,7 \pm 0,9$	$6,9 \pm 0,3$
66	12	$4,9 \pm 0,2^*$	$11,3 \pm 1,0$	$8,6 \pm 0,3^*$
68	26	$4,7 \pm 0,2^*$	$9,9 \pm 0,4$	$8,5 \pm 0,5^*$
75	28	$3,8 \pm 0,2$	$10,4 \pm 0,7$	$7,5 \pm 0,2$
85	9	$3,7 \pm 0,1$	$8,2 \pm 0,5^*$	$6,3 \pm 0,4^*$
106	22	$3,9 \pm 0,2$	$7,2 \pm 0,4^*$	$6,5 \pm 0,5$
115	11	$3,5 \pm 0,1^*$	$8,8 \pm 0,4^*$	$7,3 \pm 0,3$
118	27	$4,2 \pm 0,3$	$15,6 \pm 1,7^*$	$7,1 \pm 0,3$
119	37	$3,9 \pm 0,1$	$12,8 \pm 0,3^*$	$7,4 \pm 0,2$
160	25	$4,0 \pm 0,1$	$11,7 \pm 0,9$	$8,1 \pm 0,4$
165	28	$3,8 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,3$	$7,4 \pm 0,2$
170	21	$3,7 \pm 0,1$	$11,4 \pm 0,7$	$6,6 \pm 0,3$
Среднее по семьям		$4,0 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,6$	$7,4 \pm 0,2$

Примечание: * – различие со средним по семьям существенно на 5 % уровне значимости.

Таблица 4 Зависимость всхожести семян и биометрических параметров 4-летних сеянцев кедра сибирского от изменчивости шишек по размерам и форме

Признак	Коэффициент корреляции	Достоверность коэффициента корреляции (t_{05})
Всхожесть семян $\times$ отношение диаметра шишки (в средней части) к ее длине	-0,64	2,6
Всхожесть семян $\times$ отношение диаметра шишки (в максимально широкой части) к ее длине	-0,60	2,4
Всхожесть семян $\times$ отношение длины шишки к ее диаметру (в средней части)	0,66	2,7
Всхожесть семян $\times$ отношение длины шишки к ее диаметру (в максимально широкой части)	0,61	2,5
Всхожесть семян $\times$ длина шишки	0,53*	2,0
Диаметр сеянцев $\times$ отношение диаметра шишки (в средней части) к ее длине	0,58	2,3
Диаметр сеянцев $\times$ отношение диаметра шишки (в максимально широкой части) к ее длине	0,62	2,5
Высота сеянцев $\times$ длина шишки	0,54*	2,0
Длина хвои $\times$ отношение диаметра шишки (в максимально широкой части) к ее длине	0,46*	1,7

Примечание: * – Коэффициент корреляции не достоверен ($t_{05} < 2,2$).

Выводы. Изменчивость сосны кедровой сибирской по форме шишек оказывает влияние на всхожесть семян и рост сеянцев. Всхожесть семян выше у растений, продуцирующих крупные шишки цилиндрической формы. Сеянцы в потомстве растений, образующих округлые и яйцевидные шишки, имеют более крупные хвоинки и больший диаметр стволиков. Для определения формы шишек наиболее информативно

использование коэффициентов, характеризующих соотношение длины и диаметра шишек, определяемого в их средней части. В условиях интродукции при дефиците семенного материала и его низком качестве в первую очередь следует использовать материнские продуценты сосны кедровой сибирской, образующие крупные шишки цилиндрической формы.

Библиографический список

1. Хамитов, Р.С. Интродукция сосны кедровой сибирской на селекционной основе в таежную зону Восточно-Европейской равнины [Текст] / Р.С. Хамитов, Н.А. Бабич, И.И. Дроздов. Вологда – Молочное: Вологодская ГМХА, 2016. 236 с.
2. Mezquida E.T., Benkman C.W. Habitat area and structure affect the impact of seed predators and the potential for coevolutionary arms races // *Ecology*. 2010. № 3 (91). P. 802–814.
3. Siepielski A.M., Benkman C.W. Conflicting selection from an antagonist and a mutualist enhances phenotypic variation in a plant. *J. Evolution*. 2010. № 4 (64). P. 1120–1128.
4. Дроздов, И.И. Лесная интродукция [Текст] / И.И. Дроздов, Ю.И. Дроздов. 3-е изд. М.: МГУЛ, 2005. 136 с.
5. ГОСТ 13056.6-97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1998. 28 с.
6. Правдин, Л.Ф. Селекция и семеноводство кедров сибирского [Текст] / Л.Ф. Правдин //

Плодоношение кедров сибирского в Восточной Сибири. М.: АН СССР, 1963. С. 5–21.

7. Матвеева, Р.Н. Генетика, селекция, семеноводство кедров сибирского [Текст] / Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова. Красноярск: СибГТУ, 2000. 243 с.

8. Титов, Е.В. Клоновые испытания кедровых сосен [Текст] / Е.В. Титов // *Лесное хозяйство*. 1995. № 6. С. 25–26.

9. Братилова, Н.П. Биология и формовое разнообразие сосны кедровой сибирской [Текст] / Н.П. Братилова, Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова // *Экопотенциал*. 2014. № 1. С. 120–127.

10. Бех, И.А. Кедр – жемчужина Сибири [Текст] / И.А. Бех, С.А. Кривец, Э.М. Бисирова. Томск: Печатная мануфактура, 2009. 50 с.

11. Бабич, Н.А. Селекция и семенная репродукция кедров сибирского [Текст] / Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова. Вологда – Молочное: ВГМХА, 2014. 154 с.

Сведения об авторах

1. **Хамитов Ренат Салимович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2, тел.: 8 (8172) 52-53-71, e-mail: r.s.khamitov@mail.ru.

2. **Хамитова Светлана Михайловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры геоэкологии и инженерной геологии, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», г. Вологда, ул. Ленина, 15, тел.: 8 (8172) 72-46-45, e-mail: s.m.khamitova@mail.ru.

Сосна кедровая сибирская – ценная орехоносная и декоративная порода, интродуцируемая в таежную зону Восточно-Европейской равнины. Выращивание посадочного материала за пределами ареала затруднено дефицитом семян, продуцируемых интродукционными насаждениями. Исследования проведены с целью выявления влияния изменчивости сосны кедровой сибирской по форме шишек на всхожесть семян и рост сеянцев. Объектом исследований является старейшее крупное насаждение

сосны кедровой сибирской – Чагринская роща. Из образцов шишек модельных деревьев были получены семена. Анализ всхожести этих семян, а также биометрических параметров выращенных из них четырехлетних сеянцев позволил выявить селекционную ценность отдельных показателей изменчивости шишек сосны кедровой сибирской по их форме. Геометрическая форма шишек определялась инструментально (по отношению ширины к длине). При коэффициенте формы менее 0,80 шишки счита-

ли цилиндрическими, 0,81–0,90 – яйцевидными, а более 0,90 – округлыми. Кроме того, для характеристики изменчивости формы шишек использовали показатель отношения длины шишек к их диаметру. Диаметр шишек определяли как в средней, так и в максимально широкой частях. Проведенные исследования позволяют заключить, что изменчивость сосны кедровой сибирской по форме шишек связана со всхожестью продуцируемых семян и последующим ростом сеянцев. Наилучшим качеством семян характеризуются материнские деревья, образующие крупные шишки цилиндрической формы. Сеянцы в потомстве растений с округ-

лыми и яйцевидными шишками отличаются большей длиной хвои и диаметром стволиков. Между тем корреляционный анализ не позволил выявить достоверной зависимости высоты сеянцев и длины хвои от изменчивости формы шишек. Для определения формы шишек целесообразно использование коэффициентов, характеризующих соотношение длины и диаметра шишек, определяемого в их средней части. В условиях интродукции для выращивания сеянцев необходимо отбирать материнские продуценты с крупными шишками цилиндрической формы.

Статья поступила в редакцию 27.11.2017 г.

R. Khamitov, S. Khamitova

INFLUENCE OF THE SIBERIAN CEDAR PINE VARIABILITY BY THE FORM OF CONES ON SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH

***Key words:* Siberian cedar pine; introduction; selection; cone forms; seedlings.**

Authors' personal details

1. ***Khamitov Renat***, Doctor of agricultural sciences, professor of the forestry department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vereshchagin State Dairy Farming Academy of Vologda, Vologda, Molochnoe village, Shmidt St., 2, phone: 8 (8172) 52-53-71, e-mail: r.s.khamitov@mail.ru.

2. ***Khamitova Svetlana***, Candidate of agricultural sciences, associate professor of the geocology and engineering geology department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vologda State University, Vologda, Lenin St., 15, phone: 8 (8172) 72-46-45, e-mail: s.m.khamitova@mail.ru.

Siberian cedar pine is a valuable walnut-bearing and decorative specie introduced into the taiga zone of the East European plain. The cultivation of a seeding material outside the area is hampered by the seeds shortage produced by the introduction plantations. Researches are carried out to identify the influence of the Siberian cedar pine variability by the cones' form on seeds germination and seedlings growth. The object of the research is the oldest large plantings of Siberian cedar pine – the Chagrin grove. The cones samples of model trees gave the seeds. The analysis of these seeds germination as well as biometric parameters of four-year-old seedlings grown from them, allowed determine the selective value of certain indicators of pine cones variability of cedar Siberian pine by their form. The geometric shape of the cones was determined by instrumental method (the ratio of width to length). Cones with a form ratio less than 0.80 were considered to be cylindrical, 0,81–0,90 – egg-shaped, and more than 0,90 – rounded. In addition, to characterize the cones

shape variability, the ratio of the cones length to their diameter was used. The diameter of cones was defined both in the middle part, and in the widest possible part. The conducted researches allow conclude that the cedar Siberian pine variability by the cones form is connected with the produced seeds germination and the subsequent seedlings growth. Parent trees forming large cones of cylindrical shape are characterized by the best quality of seeds. Seedlings in the plants progeny with round and egg-shaped cones vary with longer needles and the trunks diameters. Meanwhile, the correlation analysis did not allow detect the reliable dependence of the seedlings height and the needles length on the variability of the cone shape. To determine the shape of cones it is advisable to use the coefficients characterizing the ratio of the length and diameter of the cones determined in their middle part. In terms of introduction to the cultivation of seedlings, it is necessary to select mother's producers with large cones of cylindrical shape.

© Хамитов Р.С., Хамитова С.М.