Содержание

Растениеводство

Зенкина К.В., Асеева Т.А. Модель адаптированного сорта ярового тритикале для условий Дальнего Востока 3

Петров Л.К. Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области 6

Жуйкова О.А., Градобоева Т.П., Баталова Г.А. Эффективность инфекционных фонов при оценке овса на устойчивость к грибным болезням 10

Илюшко М.В., Ромашова М.В. Формирование тетраплоидов риса в андрогенезе *in vitro* 14

Сердеров В.К., Караев М.К., Сердерова Д.В. Перспективные сорта картофеля для промышленной переработки в Дагестане 18

Защита растений

Колесников Л.Е., Кременевская И.И., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Киселёв М.В., Колесникова Ю.Р., Разумова И.Е. Биологическое обоснование использования белкового стимулятора роста для повышения урожайности пшеницы и оценка качества зерна методами микрофокусной рентгенографии и оптического анализа 21

Шорохов М.Н., Петрова Н.Г., Долженко В.И. Совершенствование ассортимента инсектофунгицидов 28

Агрохимия.Почвоведение

Алферов А.А., Чернова Л.С. Влияние азотных удобрений и биопрепаратов на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы 32

Завьялова Н.Е., Иванова О.В. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в вегетационный период озимой ржи 36

Животноводство

Левина Г.Н., Тихонов К.Е., Зелепукина М.В., Назаренко А.И. Поведение телок двух генотипов симментальской породы в период завершения полового созревания и случном возрасте 40

Науменкова В.А., Атрощенко М.М., Гулов А.Н., Широкова О.В., Фролова Н.А. Сравнительная оценка определения целостности мембран спермиев жеребцов различными методами 45

Гаганов А.П., Зверкова З.Н., Харламов К.В. Рапсовый жмых в кормлении бройлеров 49

Крупин Е.О. Оценка теплового стресса у крупного рогатого скота с использованием анализа метеорологических величин 53

Ветеринария

Шахов А.Г., Шабунин С.В., Сашнина Л.Ю., Жейнес М.Ю., Карманова Н.В., Боев В.Ю. Состояние клеточного иммунитета у поросят в ранний постнатальный период 57

Фомина Л.Л., Ошуркова Ю.Л., Жунина О.А., Кулакова Т.С., Вайцель А.Э. Изучение белковых компонентов слизи кожи рыб, обладающих тромбогенной активностью 61

Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П., Витол И.С., Кечкин И.А., Нагайникова Ю.Р., Коломиец С.Н. Пшенично-льняная мука: условия получения и биохимические особенности 65

Механизация

Синеговская В.Т., Присяжная И.М., Синеговский М.О., Присяжная С.П. Использование экологически чистых технологий при получении зерна сои 71

3.2020

Contents

Plant growing

Zenkina K.V., Aseeva T.A. Model of the spring triticale cultivar adapted to the Far East conditions *3*

Petrov L.K. Assessment of yield, ecological stability and plasticity of winter wheat varieties in the Nizhny Novgorod region *6*

Zhuikova O.A., Gradoboeva T.P., Batalova G.A. Effectiveness of infectious backgrounds in evaluating oat for resistance to fungal diseases *10*

Ilyushko M.V., Romashova M.V. Rice tetraploid formation in androgenesis *in vitro* *14*

Serderov V.K., Karaev M.K., Serderova D.V. Perspective potato varieties for industrial processing in Dagestan *18*

Plant protection

Kolesnikov L.E., Kremenevskaya I.I., Priyatkin N.S., Arkhipov M.V., Kiselev M.V., Kolesnikova Yu.R., Razumova I.E. The biological basis for the protein growth stimulant application for increasing the wheat yield and the assessment of grain quality by the microfocus x–ray and optical imaging techniques *21*

Shorokhov M.N., Petrova N.G., Dolzhenko V.I. Improving the range of insectofungicides *28*

Agrochemistry. Pedology

Alferov A.A., Chernova L.S. Ifluence of nitrogen fertilizers and biopreparations on productivity and quality of spring wheat grain *32*

Zavyalova N.E., Ivanova O.V. Change of agrochemical properties of sod-podzolic soil in the vegetation period of winter rye *36*

Animal husbandry

Levina G.N., Tikhonov K.E., Zelepukina M.V., Nazarenko A.I. Behavior of simmental heifers of two genotypes at age of puberty and mating *40*

Naumenkova V.A., Atroshchenko M.M., Gulov A.N., Shirokova O.V., Frolova N.A. Comparison of assessment of the membrane integrity stallion sperm using of different methods *45*

Gaganov A.P., Zverkova Z.N., Kharlamov K.V. Rape cake in feeding of broilers *49*

Krupin E.O. Evaluation of heat stress at cattle using analysis of meteorological values *53*

Veterinary science

Shakhov A.G., Shabunin S.V., Sashnina L.Yu., Zheynes M.Yu., Karmanova N.V., Boev V.Yu. The state of cellular immunity in piglets during early postnatal period *57*

Fomina L.L., Oshurkova Yu.L., Junina O.A., Kulakova T.S., Weitzel A.E. Study of protein components of fish skin mucus with thrombogenic activity *61*

Storage and processing of agricultural produce

Pankratov G.N., Meleshkina E.P., Vitol I.S., Kechkin I.A., Nagainikova Yu.R., Kolomiets S.N. Wheat-linen flour: conditions for producing and biochemical features *65*

Mechanization

Sinegovskaya V.T., Prisyazhnaya I.M., Sinegovskiy M.O., Prisyazhnaya S.P. The use of environmentally friendly technologies in the production of soybean grain *71*

Растениеводство

УДК 633.1:631.84 ДВ DOI:10.31857/S2500262720030011

МОДЕЛЬ АДАПТИРОВАННОГО СОРТА ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ ДЛЯ УСЛОВИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

К.В. Зенкина, Т.А. Асеева, член-корреспондент РАН

Хабаровский федеральный исследовательский центр ДВО РАН
Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
680521, Хабаровский район, п. Восточный
E-mail: aseeva59@mail.ru

Разработана оптимальная модель адаптированного сорта ярового тритикале для почвенно-климатических условий Дальнего Востока. Проведено сравнительное изучение основных структурных элементов урожайности, важнейших хозяйственно ценных признаков и качества зерна у коллекционных сортообразцов этой культуры и стандартных сортов ярового тритикале Укро и яровой мягкой пшеницы Хабаровчанка. На основе климатических особенностей региона разработана модель перспективного сорта ярового тритикале зернофуражного направления. Показано, что его генотип должен обладать высокой урожайностью, крупностью зерна, устойчивостью к полеганию и грибным заболеваниям, экологической адаптивностью к спектру агрометеорологических условий вегетационного периода. Вовлечение выделенных источников и доноров в селекционный процесс позволит эффективно создавать новый гибридный и селекционный материал ярового тритикале с потенциально высокой продуктивностью для агроэкологических условий окружающей среды.

MODEL OF THE SPRING TRITICALE CULTIVAR ADAPTED TO THE FAR EAST CONDITIONS

Zenkina K.V., Aseeva T.A.

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Agricultural Research Institute,
680521, Khabarovskiy rayon, p. Vostochny
E-mail: aseeva59@mail.ru

The purpose of this study was to develop an optimal model of the adapted spring triticale cultivar for soil and climatic conditions of the Far East. A comparative study of main structural elements of productivity, the most important economically valuable traits and grain quality of collection and standard cultivars of spring triticale "Ukro", and spring soft wheat cultivar "Khabarovchanka" was conducted. Based on the climatic characteristics of the region, a model of a promising spring triticale cultivar for grain-feeding purposes has been developed. The genotype of spring triticale should have high productivity, grain size, resistance to lodging and fungal diseases, and the environmental adaptability to the range of agrometeorological conditions of the growing season. The involvement of selected sources and donors in breeding process will allow the effective creation of a new hybrid and breeding material of spring triticale with potentially high productivity for the agroecological conditions of the region.

Ключевые слова: *яровое тритикале, урожайность, структурные элементы, продуктивность, устойчивость к полеганию, селекция, модель сорта, Дальневосточный регион*

Key words: *spring triticale, grain yield, structural elements, productivity, resistance to lodging, breeding, cultivar model, Far East region*

В решении задач современного адаптивного земледелия одно из центральных мест занимает создание и широкое использование в полевых севооборотах новых сортов и гибридов зерновых культур [1]. Известно, что тритикале – новый ботанический вид злакового растения, синтезированный путем гибридизации пшеницы с рожью в конце XIX в. [2]. Его зерно характеризуется повышенным содержанием белка, лизина и крахмала, что обеспечивает высокую питательную ценность [3]. В будущем эту культуру будут возделывать повсеместно как однуиз ведущих зернофуражных [4]. Использование тритикале в хлебопечении позволит повысить пищевую ценность хлебобулочных изделий и решить проблему дефицита ржаной муки, расширив, таким образом, сырьевую базу хлебопекарной отрасли [5]. Тритикале обладает широкой генетической основой адаптивности, приспособлено к биологизации земледелия, что очень важно для решения проблем адаптивной интенсификации земледелия [6].

Изучение мирового генофонда тритикале в разных географических точках России и углубленные селекционные изыскания ученых свидетельствуют о перспективах создания новых сортов этой культуры [7]. Селекционные программы должны быть ориентированы на максимальное использование благоприятных факторов внешней среды и придание сортам устойчивости к тем экологическим стрессорам, которые в наибольшей степени ограничивают величину и качество урожая в почвенно-климатической зоне [8]. Модель сорта для конкретных условий среды – это научный прогноз, обоснование сочетания признаков и свойств, которыми должен обладать сортотип для формирования заданного урожайного потенциала с комплексом других хозяйственно ценных признаков и свойств [9]. Разработка ее в конкретном почвенно-климатическом регионе позволяет селекционеру более эффективно и экономично создавать сорта, максимально возможно приближающиеся к идеальным [10]. Также моделирование сортотипов для конкретных сельскохозяйственных районов дает возможность целенаправленно использовать исходный материал в селекционной работе [11].

В последнее десятилетие на Дальнем Востоке наблюдается быстрый рост посевных площадей под экономически важную зернобобовую культуру – сою. Однако уменьшение посевов зерновых колосовых культур приводит к несоблюдению севооборотов, а в

Оптимальная модель перспективного сорта ярового тритикале для условий Дальнего Востока

Признак	Стандартный сорт		Модельный сорт ярового тритикале	Источник признака (сорта)
	Хабаровчанка	Укро		
Продолжительность вегетационного периода, дни	100	97	95-100	AC Certa, Золотой Гребешок, Мыкола, Коровай харківський, ЗГ 186
Урожайность, ц/га	25,2	26,1	30,0-40,0	AC Certa, Лана, Дагво, Золотой Гребешок, Ульяна, Узор, Лотос, Мыкола, Виктория, Sandio
Высота растений, см	107	112	105-110	Лана, AC Copia, Moloc 4, Жайворонок харківський, Узор, Легінь харківський, Коровай харківський, ЯТХ 42, Ярило, ЗГ 186, Память Мережко, Кармен, Обериг харьковский, ЯТХ 26-07, Tleridal
Длина колоса, см	10,0	9,4	10,0-11,0	Обериг харьковский, Brio, Tleridal, Sandio, Taurus, Амиго
Число колосков в колосе, шт.	15	22	23-27	AC Copia, Brio, Tleridal
Плотность колоса, шт./ 10 см	15	24	23-29	Лана, Примэвара 5, AC Copia, Жайворонок харківський, Арсенал, Gabo, Wanad, Магнит
Количество зерен в колосе, шт.	38	41	45-55	AC Certa, Кармен, Кобзар, Trik, Crato, Taurus, Wanad, Kargo, Guadajira, Амиго, Лайлак богари, Ardi 1 / Topo 1419 // Erizo 9/4, Рубин, Привет, Русло, Россика, Заозерье
Масса зерна с колоса, г	1,30	1,65	2,00-2,50	Crato, Kargo, Guadajira, Квадро, Лайлак богари, Jenk-60, Ardi 1 / Topo 1419 // Erizo 9/4, Привет, Русло
Масса 1000 зерен, г	32,6	36,8	40,0-45,0	Амиго, Квадро, Breakwell, ЛТ-F6-540-4, IT 7 (71/72) – Armadillo, Скорый 2
Содержание белка в зерне, %	15,5	15,1	15,0-16,0	Скорый, Moloc 4, Brio
Содержание лизина в зерне, мг/%	299,0	367,6	500,0-600,0	Дагво, Кармен, ЯТХ 26-07, Brio, Sandio
Устойчивость к полеганию, балл	6	7	9	Норманн, Ровня, Кобзар, Лосиновске, Tleridal, Alamos (Tcl. 84), Амиго, Ardi 1 / Topo 1419 // Erizo 9 / 4, Ardi 1 / Topo 1419 // Erizo 9 / 3
Устойчивость к фузариозу, балл	2	2	1	Память Мережко, Виктория

дальнейшем – к экологической нагрузке почвы и, как следствие, к низкой урожайности и существенному недостатку зерна в регионе. При этом расширение посевных площадей тритикале сдерживает небольшой ассортимент современных сортов, приспособленных к условиям окружающей среды. Необходима селекционная работа с этой культурой, начальной ступенью которой служит моделирование нового сорта.

Целью настоящих исследований была разработка оптимальной модели адаптированного сорта ярового тритикале для почвенно-климатических условий Дальнего Востока.

Методика. Опыты проведены в 2015-2019 гг. на селекционных полях и в лаборатории селекции зерновых колосовых культур Дальневосточного НИИ сельского хозяйства (Хабаровский край, Хабаровский район, с. Восточное, 135° восточной долготы, 48° северной широты). Изучали 84 коллекционных образца ярового тритикале, районированный в зоне сорт яровой мягкой пшеницы Хабаровчанка местной селекции и сорт ярового тритикале Укро, включенный в реестр селекционных достижений и рекомендованный для возделывания в Дальневосточном регионе. Почва – лугово-бурая оподзоленно-глеевая тяжелосуглинистая, сформированная на элементах рельефа, имеющих слабый уклон, характеризуется кислой реакцией почвенной среды (pHсол. 4,1-4,4) и низкой насыщенностью основаниями. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,5-4.9%. Обеспеченность пахотного слоя подвижными фосфатами низкая, обменным калием – высокая и очень высокая. Предшественник в опыте – черный пар. Агротехника возделывания – общепринятая для условий региона. Посев зерновых культур проводили сеялкой ССФК-7М. Учетная площадь делянок составляла 4 м^2; повторность – 3-кратная. Норма высева – 5,5 млн всхожих зерен/га. Учет урожая вели методом поделяночного обмолота комбайном «Хеге-125». Все учеты и наблюдения осуществлены согласно методикам полевого дела [12], государственного сортоиспытания [13] и международному классификатору СЭВ рода *Triticum* L. [14].

В последнее время характерная черта метеорологических условий – недобор тепла в июне с резкой амплитудой колебания дневных и ночных температур приземного слоя воздуха и дождливая ливневая погода. Агрометеорологические условия в годы исследований значительно различались как по температурному режиму, так и по количеству осадков и их распределению по фазам роста и развития изучаемых культур, что дало возможность оценить их влияние на формирование урожая и качество зерна с высокой степенью достоверности. Среднемноголетняя норма суммы температур приземного слоя воздуха и количество осадков за апрель-август составляет 2301,4^{0}С и 360-1048 мм соответственно. За период вегетации накопилось 1669,2-1930,7 ^{0}С тепла и выпало 250,2-444,8 мм осадков.

Результаты и обсуждение. Каждая зона возделывания должна иметь определенный сортовой состав зерновых колосовых культур, адаптированный к местным климатическим условиям. Создание генетической модели сорта – один из важнейших этапов технологии селекционного процесса. Ориентировочные характеристики генотипов других зерновых культур в условиях региона были определены еще в 1970–1980 гг., однако они существенно отличались от параметров современных моделей сортов ярового тритикале.

На основе экологического испытания сортов ярового тритикале и накопленного за годы исследования экспериментального материала, а также с учетом максимального значения основных признаков продуктивности предложена оптимальная модель перспективного сорта этой культуры (табл.). Модельный сорт ярового тритикале должен сочетать оптимальные параметры по основным хозяйственно важным признакам и свойствам и стабильно реализовывать максимальный потенциал продуктивности. Генотип должен обладать высокой адаптивностью и проявлять толерантность к биотическим и абиотическим стрессорам Среднего Приамурья.

Использование данных экологического изучения коллекционных образцов ярового тритикале в условиях Среднего Приамурья позволило определить границы изменчивости потенциальной урожайности, обеспечиваемой ресурсами климата при общепринятой технологии возделывания. Поскольку в регионе наблюдается существенный недостаток урожая семян яровой пшеницы, модель нового сорта ярового тритикале должна превосходить по параметрам продуктивности современные районированные сорта зерновых колосовых культур зернофуражного направления.

В результате выявленных корреляционных взаимосвязей структуры урожая определено, что увеличение урожайности у новых сортов тритикале возможно за счет повышения продуктивности колоса, в том числе оптимального количества и массы зерен в колосе (r=0,379 и r=0,525 соответственно), которые сильно коррелируют между собой (r=0,761). При создании перспективного сорта селекционная работа должна быть направлена на увеличение количества зерен в колосе до 45-55 шт. и массы зерна в колосе до 2,00-2,50 г, так как именно эти параметры обеспечивали наибольшую продуктивность у коллекционных образцов тритикале. Следовательно, создание нового гибридного и селекционного материала ярового тритикале в агроэкологических условиях Дальнего Востока возможно на основе источников и доноров хозяйственно ценных признаков в разработанной модели.

Устойчивость к полеганию и фитопатогенам – важнейшая составная часть модели сорта тритикале. В производственных посевах сорта зерновых культур в данной экологической зоне, как правило, не выдерживают муссонных дождей и инфекционной нагрузки в период налива и созревания зерна, поэтому необходимы новые генотипы с прочным неполегающим стеблем и комплексом защитных механизмов растений. Из этого следует, что новый селекционный материал ярового тритикале должен обладать высокой устойчивостью к полеганию и толерантностью к грибным заболеваниям. Генотипы ярового тритикале, соответствующие новой модели, должны характеризоваться не только высоким генетическим потенциалом продуктивности, но и высокой адаптивностью, стабильностью и экологической устойчивостью к спектру агроклиматических условий региона.

Таким образом, разработана оптимальная модель перспективного сорта ярового тритикале с учетом общей совокупности биологических признаков культуры и уровня адаптации к условиям Среднего Приамурья. Установленные параметры оптимальной модели сорта тритикале дают возможность создавать новый селекционный материал этой культуры, приспособленный для возделывания в регионе и позволяющий получать стабильно высокий урожай зерна. Оптимальная модель сорта ярового тритикале позволит повысить эффективность отбора хозяйственно важных генотипов для целенаправленного проведения дальнейшей селекционной работы.

Литература.

1. *Зуев Д.В., Тысленко А.М. Исходный материал и практические результаты экологической селекции яровой тритикале // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 2. – С.58-68.*
2. *Шамурзаев Р.И. Тритикале – культура больших возможностей // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели: мат.межд.науч.-практ.конф. – Нальчик, 2017. – С.338-340.*
3. *Куркиев К.У., Алимурадов Н.А., Гаджимагомедова М.Х. Характеристика сортообразцов гексаплоидного тритикале по крупности зерна // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2. –№ 9. – С.190-194*
4. *Кудрявцева Е.Ю., Охотникова Т.В., Колесников Л.Е. Исходный материал для селекции ярового тритикале в условиях северо-западного региона Российской Федерации // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: мат.межд.науч.-практ.конф. – Спб., 2016. – С.35-37.*
5. *Бояркин Е.В., Тетеревская А.Д., Юрченко С.В. Оценка селекционного материала ярового тритикале // Вестник ИРГСХА. – 2017. – №78. – С.7-13.*
6. *Кшникаткина А.Н., Галиуллин А.А. Агроэкологическое изучение сортов озимой тритикале в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. – 2017. – № 1. – С.27-32.*
7. *Медведев А.М., Осипов В.В., Осипова А.В., Лисеенко Е.Н., Пома Н.Г., Дьяченко Е.В., Тупатилова О.В. Результаты и перспективы селекции озимой тритикале для хлебопекарных целей в Центральном Нечерноземье // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2. – С.99-106.*
8. *Пономарев С.Н., Гильмуллина Л.Ф., Маннапова Г.С., Фомин С.И. Адаптивно значимые признаки у сортов озимой тритикале // Успехи современной науки. – 2017. –Т. 1.– № 10.– С.124-129.*
9. *Ковтун В.И. Модели сортов озимой пшеницы разной интенсивности для засушливых условий юга России // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург, 2010. – № 4. – С. 31-33.*
10. *Гаджимурадова А.М., Жумалин А.Х., Zhang Z., Соловьев О.Ю., Киян В.С., Швидченко В.К. Разработка предварительных параметров оптимальной модели сорта яровой мягкой пшеницы для климатических условий Северного Казахстана // Вестник науки Казахского агротехнического университета. – 2019. – № 1. – С. 117-129.*
11. *Мухитов Л.А., Самуилов Ф.Д. Модели сортов яровой мягкой пшеницы, адаптированных к условиям Лесостепной зоны Оренбургского Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 8. – № 3. – С. 106-112.*
12. *Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.*
13. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – Вып. 2. – 267 с.*
14. *Международный классификатор СЭВ рода Triticum L. – Л.:ВИР, 1984. – 84 с.*

Поступила в редакцию 03.02.20
После доработки 25.02.20
Принята к публикации 29.02.20

УДК 633.11.324: 631.559 (571.17) DOI:10.31857/S2500262720030023

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.К. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук

Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, 607686, Нижегородская область, Кстовский район, с.п. Селекционной станции
E-mail:petrovlk@mail.ru

Представлена оценка сортов озимой пшеницы по урожайности, экологической стабильности и пластичности на светло-серых лесных почвах Нижегородской области. Установлено, что в среднем по изучаемым сортам урожайность за 2012-2016 гг. составила 53,0 ц/га (V=23,3%), ее варьирование по годам – 16,3-89,2 ц/га; разность между годами достигала 51,7 ц/га, между сортами – 12,4 ц/га. Показано, что на продуктивность культуры в основном влияют погодные условия года, доля которых составляет 73%, тогда как доля сорта – 9%. Наибольшей стабильностью и пластичностью выделился сорт мягкой озимой пшеницы Немчиновская 57 селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка», о чем свидетельствуют низкий коэффициент вариации (33%), наибольшая гомеостатичность (1,59) и стрессоустойчивость (-47,7). Этот сорт отмечен и как наиболее адаптивный при возделывании в условиях Нижегородской области.

ASSESSMENT OF YIELD, ECOLOGICAL STABILITY AND PLASTICITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Petrov L.K.

Nizhny Novgorod research Institute of agriculture – branch of federal Agricultural Research Centre the North-East, 607686, Nizhegorodskaya oblast, Kstovskiy rayon, s.p.Selektsionnoy stantsii
E-mail:petrovlk@mail.ru

Presents an assessment of winter wheat varieties by yield, environmental stability and plasticity. According to the results of the evaluation of the yield of winter wheat varieties on light gray forest soils of the Nizhny Novgorod region, it was found that the average yield of the studied varieties for 2012-2016 was 53.0 C/ha (V=23.3%). The variation of the yield of the studied crop over the years was in the range from 16.3 to 89.2 C/ha. the yield Difference between the years was 51.7 C/ha, and between varieties 12.4 C/ha. It is established that the determining factor in the formation of productivity is the weather conditions of the year – 73%, and the share of the variety is 9%. According to the results of the research, the Nemchinovskaya 57 variety of the selection Fitz «Nemchinovka», which has the greatest stability and plasticity in the Nizhny Novgorod region, as evidenced by the following indicators: low coefficient of variation (33%), the greatest homeostaticity (1.59) and stress resistance (-47.7). Variety of soft winter wheat Nemchinovskaya 57 showed itself as the most adaptive to the conditions of cultivation in the Nizhny Novgorod region.

Ключевые слова: *озимая пшеница, сорт, зерно, урожайность, экологичность, стабильность, пластичность*

Key words: *winter wheat, varieties, grain, yield, environmental, stability, plasticity*

Решение проблемы продовольственной безопасности страны связано с увеличением производства сельскохозяйственной продукции, основа которой – производство зерна. Пшеница – одна из наиболее ценных и самых распространенных зерновых культур. В связи с этим в последнее время большое внимание во всем мире уделяется ее возделыванию.

Внедрение в производство сортов озимой пшеницы с высоким адаптивным потенциалом позволяет стабилизировать производство зерна в разные годы, как по увлажнению, так и по тепловому режиму. При этом сорта должны быть экологически пластичными и обладать индивидуальной реакцией на изменение почвенных, метеорологических и климатических условий [1-3].

Известно, что Россия – одна из основных производящих и экспортирующих зерно стран мира и ее доля в последние годы увеличивается. Согласно Государственной программе России на 2013-2020 гг., валовой сбор зерна необходимо довести до 120-125 млн. тонн в год, а урожайность – до 2,6 т/га [4, 5]. Для выхода на прогнозируемый уровень урожайности требуется комплексный подход, включающий разработку эффективных систем: севооборотов, обработки почвы, удобрений, защиты растений; подбор видов и сортов культур, сочетающих высокую потенциальную продуктивность и устойчивость к действию абиотических и биотических факторов окружающей среды [6-8]. При этом урожайность служит важным фактором при оценке параметров экологической пластичности и стабильности сорта, что дает объективное представление об уровне интенсивности технологии его возделывания [9, 10].

Новизна настоящей работы заключается в том, что в условиях Нижегородской области впервые изучены и выделены адаптивные сорта озимой пшеницы, обладающие наибольшей урожайностью, пластичностью, стабильностью и экологической устойчивостью.

Методика. Изучали сорта озимой пшеницы Московская 39, Памяти Федина, Галина, Немчиновская 17, Инна, Поэма, Московская 40, Московская 56, Немчиновская 57, Немчиновская 24, возделываемые на опытном поле Нижегородского НИИ сельского хозяйства в 2012-2016 гг. Почва опытного участка – светло-серая лесная, по гранулометрическому составу среднесуглинистая. Обеспеченность пахотного слоя подвижными формами фосфора – 221-291 мг/кг почвы, обменного калия – 89-206 мг/кг почвы, содержание гумуса – 1,36-1,67%, pH почвы 4,2-5,5. Предшественник – черный пар. Предпосевная обработка почвы включала внесе-

Табл. 1. Динамика суммы осадков и суммы эффективных температур за май-август 2012-2016 гг.

Месяц	Сумма осадков, отклонение от нормы, %					Сумма эффективных температур, отклонение от нормы, ^{0}C				
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Май	88	76	35	89	33	+37	+76	-63	-60	-69
Июнь	42	15	188	115	86	+42	+100	-162	-143	-140
Июль	110	138	47	157	107	+70	-52	-201	-194	-175
Август	173	113	2	68	141	+53	-145	-145	-152	-141

ние диаммофоски в количестве 4 ц/га физической массы разбросным способом под предпосевную культивацию на глубину посева семян (4-5 см) культиватором КПС-4,2. Посев проводили в основном в оптимальные сроки сеялкой СКС-6-10, глубина заделки семян составляла 4-6 см, норма высева – 6 млн всхожих семян/га. Общая площадь делянок – 12,4 м^2, учетная – 10 м^2 [11, 12].

Делянки в опыте располагали систематически со смещением. Семена перед посевом не протравливали. Уход за посевами включал весеннюю подкормку аммиачной селитрой в количестве 2 ц/га, химическую и ручную прополку. Перед уборкой проводили видовую и сортовую прочистку. Уборку проводили прямым комбайнированием комбайном «Samro 130».

Динамику суммы осадков и суммы эффективных температур (выше 10 ^{o}C) определяли по данным агрометеорологической станции Ройка [13].

Расчет параметров – индекса условий среды, экологической стабильности и пластичности оценивали по методу S.A. Eberhart,W.A. Russell в обработке В.З. Пакудина [14]. Стрессоустойчивость сортов определяли по Россилли, Хемблину (Rossielle, Hemblin, 1981) в изложении А.А. Гончаренко [15].

Показатель гомеостатичности (Нот) вычисляли по В.В. Хангильдину [16].

Математическая обработка экспериментальных данных проведена по Б.А. Доспехову в программе «MicrosoftExel».

Территория Нижегородского НИИ сельского хозяйства относится к центральной агроклиматической зоне Нижегородской области. Климат области в целом умеренно-континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым сравнительно коротким летом, что позволяет отнести регион к зоне рискованного земледелия. Значительные колебания агрометеорологических параметров по годам, в том числе и в период проведения исследований, привели к сильной вариабельности урожайности зерновых культур (табл. 1). Это позволило дать более объективную оценку и всесторонне оценить адаптивность изучаемых сортов исходя из сложившихся внешних условий среды (климатических), обусловленных прежде всего гидротермическим режимом [13].

Результаты и обсуждение. За годы исследований изучаемые сорта озимой пшеницы по-разному реализовали потенциал продуктивности. Их средняя урожайность составила 53,0 ц/га (V=23.3%), ее варьирование по годам – 16,3-89,2 ц/га. При этом разность урожайности между годами достигала 54,7 ц/га, между сортами – 12,4 ц/га. Причиной скачкообразного повышения урожайности культуры можно объяснить тем, что сорта относятся к интенсивному и полуинтенсивному типу и сильно реагировали на изменение условий окружающей среды.

Высокие значения показателей генетической гибкости у сорта Немчиновская 57 (65,3%) и коэффициента вариации (V=33,18%) указывают на большую степень соответствия между генотипом сорта и факторами внешней среды. Наибольшая средняя урожайность по опыту отмечена у сортов Немчиновская 57 (60,2 ц/га) и Немчиновская 17 (58,9 ц/га) при одновременно высокой ее изменчивости по годам. Такие колебания продуктивности позволяют утверждать, что метеорологические условия года имеют решающее значение при формировании урожайности озимой пшеницы (табл. 2).

Табл. 2. Минимальная, максимальная и средняя урожайность сортов озимой пшеницы, 2012-2016 гг.

Сорт	Урожайность, ц/га		
	$У_2$(min)	$У_1$(max)	Средняя (х)
Московская 39	28,0	74,2	48,6
Память Федина	17,6	70,5	47,8
Немчиновская 24	25,6	79,2	54,0
Немчиновская 17	29,8	85,3	58,9
Немчиновская 57	41,5	89,2	60,2
Московская 40	22,5	82,2	52,5
Галина	20,9	79,5	48,2
Поэма	16,3	80,7	54,7
Инна	16,5	86,5	51,4
Московская 56	23,9	79,8	54,1

За годы исследования самая высокая урожайность озимой пшеницы получена в 2016 г. у сортов Немчиновская 57 (89,2 ц/га), Инна (86, ц/га), Немчиновская 17 (85,3 ц/га), которая выше, чем у стандартного сорта Московская 39, соответственно на 15,0; 12,3;11,1 ц/га или 16,8; 14,2;13,0% (табл. 3). Урожайность сортов озимой пшеницы значительно зависела от факторов внешней среды, влияние которых было неравномерным. Например, условия года были определяющим фактором при формировании продуктивности. В среднем различия по урожайности сортов озимой пшеницы по годам характеризуются значениями размаха варьирования от 33 до 61%.

График урожайности сортов озимой пшеницы за 2012-2016 гг. и ее отклонение от средней величины за пять лет исследований представлен на рисунке. Уста-

Табл. 3. Урожайность (ц/га) сортов озимой пшеницы в годы исследований

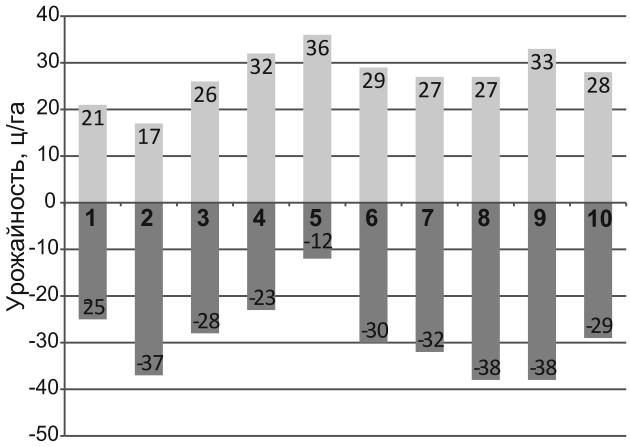
Сорт	Урожайность					
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Средняя
Московская 39	31,5	61,0	28,0	48,6	74,2	48,6
Память Федина	17,6	59,1	44,0	47,8	70,5	47,8
Немчиновская 24	25,6	63,4	48,6	53,3	79,2	54,0
Немчиновская 17	29,8	74,1	52,1	53,0	85,3	58,9
Немчиновская 57	41,5	67,2	42,7	6,05	8,92	6,02
Московская 40	22,5	63,9	41,5	52,5	82,2	52,5
Галина	20,9	69,1	16,3	4,62	79,5	48,2
Поэма	-	68,0	16,1	53,8	80,7	54,7
Инна	33,1	65,1	16,2	50,1	86,5	51,3
Московская 56	38,8	67,8	23,9	59,9	79,8	54,0

Табл. 4. Стрессоустойчивость, генетическая гибкость, коэффициент вариации, гомеостатичность сортов озимой пшеницы, 2012-2016 гг.

Сорт	Параметры адаптивности			
	$У_2$-$У_1$	$(У_1+У_2)/2$	V,%	Ном
Московская 39	-46,2	51,1	40,45	1,11
Память Федина	-52,9	44,1	41,94	0,82
Немчиновская 24	-53,6	52,4	37,11	1,01
Немчиновская 17	-55,5	57,5	35,02	1,43
Немчиновская 57	-47,7	65,3	33,18	1,59
Московская 40	-59,7	52,4	43,44	0,77
Галина	-58,6	50,3	61,43	0,68
Поэма	-64,4	48,5	56,59	0,72
Инна	-70,0	51,5	54,46	0,54
Московская 56	-55,9	51,9	42,37	0,94

новлено, что у большинства сортов эти отклонения были примерно одинаковыми. Выделился сорт Немчиновская 57 с отклонением от средней урожайности (36; -12 ц/га), что свидетельствует о его стабильности обеспечивать достаточно высокую урожайность в условиях умеренно-континентального климата Нижегородской области. Минимальные значения отклонения от средней величины этого показателя выявлены у сорта озимой пшеницы Московская 39 (21;-25), которая была стандартом. У сортов Галина, Поэма, Инна отмечены максимальные колебания этого показателя от средней урожайности (от -32 до -38 и от 27 до 33 ц/га), что говорит о неспособности этих сортов стабильно формировать урожайность при изменении условий возделывания изучаемой культуры.

Сорт как генетическая система специфически реагирует на внешние факторы среды. Особенность любого сорта – это совокупность свойств, определяющих его пригодность для конкретной местности, поэтому правильный выбор сорта имеет первостепенное значение для выращивания зерновых культур.



Стабильность сортов озимой пшеницы, 2012-2016 гг.: 1 – Московская 39, 2 – Память Федина, 3 – Немчиновская 24, 4 – Немчиновская 17, 5 – Немчиновская 57; 6 – Московская 40, 7 – Галина, 8 – Поэма, 9 – Инна, 10 – Московская 56.

В условиях умеренно-континентального климата важный показатель сортов – их устойчивость к стрессу, уровень которого определяют по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($У_2$-$У_1$). Этот параметр имеет отрицательный знак, и чем его величина меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта. В табл. 4 представлены показатели адаптивности сортов озимой пшеницы.

Самая высокая устойчивость к стрессу отмечена у сортов озимой пшеницы Московская 39 (-46,2) и Немчиновская 57 (-47,7). Большинство сортов имело среднюю устойчивость – от -52,9 у сорта Памяти Федина до -59,7 у сорта Московская 40. Наименьшая устойчивость была у сортов Поэма и Инна – соответственно -64,4 и -70,0.

Средняя урожайность сортов в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях ($У_1$+$У_2$/2) характеризует их генетическую гибкость. Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды. Были выделены следующие сорта озимой пшеницы с максимальным соотношением между этими двумя показателями – Немчиновская 57 (65,3) и Немчиновская 17 (57,5) (табл.4).

Одним из важных показателей, характеризующих устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды, служит гомеостаз как способность генотипа минимизировать последствия воздействия неблагоприятных внешних условий [16], обладающий универсальным свойством в системе взаимоотношений генотипа и внешней среды.

Критерием гомеостатичности сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности. Таким образом, связь гомеостатичности (Ном) с коэффициентом вариации (*V*) характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды. Коэффициент вариации рассчитывают по формуле: *CV*(*V*)=g/k, где g – среднеквадратичное; k – среднеарифметическое значение показателя.

В наших исследованиях наиболее стабильным на изменение условий выращивания оказался сорт озимой пшеницы Немчиновская 57. Об этом свидетельствуют наименьшее значение коэффициента вариации (33,18%) и высокая гомеостатичность (1,59). Большая

вариабельность и низкая гомеостатичность отмечены у сортов озимой пшеницы Инна, Поэма, Галина (V=54-61%; Hom=0,54-0,72), то есть они обладают нестабильностью и низкой адаптивностью к условиям лесостепной зоны Нижегородской области (табл.4).

Таким образом, в производстве для получения стабильных урожаев озимой пшеницы необходимо формировать структуру посевов этой культуры за счет сортов, характеризующихся высокой пластичностью, стрессоустойчивостью и экологической стабильностью. К ним можно отнести сорта Немчиновская 57 и Немчиновская 17. Адаптированные интенсивные и полуинтенсивные сорта озимой пшеницы необходимо размещать на полях с высоким агрофоном и преимущественно в районах с благоприятными условиями окружающей среды, что позволит им сформировать высокую продуктивность вследствие отзывчивости на позитивные изменения условий возделывания.

Литература

1. *Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). – М.: Издательство Агрорус, 2004. – 1109с.*
2. *Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы.) – М.: РУДН, 2001. – Т.1. – С. 616-628.*
3. *Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Оценка сортов яровой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – №4. – С.3-6.*
4. *Государственная программа развития и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 гг. Постановление правительства РФ №717 от 14.07.2012.*
5. *Федеральный закон «О зерне и продуктах его переработки» от 05.12.1998.*
6. *Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. – 2016. – №2 (44). – С.31-36.*
7. *Сапега В.А. Урожайность, реализация ее потенциала и адаптивность сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2017. –Т.31. – №10. – С.49-52.*
8. *Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи // Российская сельскохозяйственная наука – 2015. – №1-2. – С.3-9*
9. *Ионова Е.В., Газе В.Л., Некрасов Е.И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур (обзор) // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №3.(22). – С.19-21.*
10. *Волкова Л.В., Бебякин В.М., Лыскова И.В. Пластичность и стабильность сортов селекционных форм яровой пшеницы по критериям продуктивности и качества зерна // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. –2010. – №1. – С.3-5.*
11. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1985. – 263 с.*
12. *Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию сельскохозяйственных культур на примере зерновых / Г.А. Баталова, Т.К. Шешегова, В.А. Стариков. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. – 32 с.*
13. *Обзор агроклиматических условий за 2012-2016 гг. (Агрометеостанция «Ройка») – Н. Новгород, 2013-2017 гг.*
14. *Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов. Теория отбора в популяциях растений. – Новосибирск: Наука, 1976. – 189 с.*
15. *Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. – 2005. – № 6. – С. 49-53.*
16. *Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. – 1984. – № 1. – С.67-76.*

Поступила в редакцию 21.01.20
После доработки 10.02.20
Принята к публикации 12.02.20

УДК 633.13:632.938.1 DOI:10.31857/S2500262720030035

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНФЕКЦИОННЫХ ФОНОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОВСА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ

О.А. Жуйкова[1], Т.П. Градобоева[2], кандидат биологических наук,
Г.А. Баталова[1], академик РАН

[1]Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,
610007, Киров, ул. Ленина, 166а
E-mail: g.batalova@mail.ru
[2]Фаленская селекционная станция –
филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,
612500, Кировская область, п. Фаленки, ул. Тимирязева, 3
E-mail: tp.gradoboeva@mail.ru

Погодные факторы Северо-Востока европейской территории РФ обычно бывают благоприятными для развития возбудителей пыльной головни и корончатой ржавчины. Вегетационные периоды 2017-2019 гг. сильно различались по количеству осадков и тепловым ресурсам, что повлияло на развитие этих заболеваний в естественных условиях. Целью работы было показать эффективность использования в селекции искусственных инфекционных фонов в нестабильных погодных условиях региона. Оценка генотипов на инфекционном фоне позволила определить реакцию растений на патогены, исключая влияние абиотических факторов. В годы исследований степень поражения восприимчивых сортов пыльной головней достигала 100%, корончатой ржавчиной – 82%. Изучены различные по восприимчивости к болезням голозерные и пленчатые сорта овса. Анализ влияния погодных условий в критические периоды онтогенеза на развитие болезней этой культуры выявил среднюю отрицательную зависимость развития пыльной головни от температуры и осадков в период цветение – молочная спелость и высокую положительную – для развития корончатой ржавчины в период выход в трубку – цветение.

EFFECTIVENESS OF INFECTIOUS BACKGROUNDS IN EVALUATING OAT FOR RESISTANCE TO FUNGAL DISEASES

Zhuikova O.A.[1], Gradoboeva T.P.[2], Batalova G.A.[1]

[1]Federal Agricultural Scientific Center of North-East,
610007, Kirov, ul. Lenina, 166 A
E-mail: g.batalova@mail.ru
[2]Falenskaya breeding station – branch of Federal Agricultural Scientific Center of North-East,
612500, s. Falenki, ul. Timityazeva, 3
E-mail: tp.gradoboeva@mail.ru

Weather factors in the North-East of the European territory of the Russian Federation are usually favorable for the development of pathogens of dust smut and crown rust. The vegetation periods of 2017-2019 varied greatly in terms of precipitation and heat resources, which affected the development of dust smut and crown rust in natural conditions. The aim of the work was to show the effectiveness of using artificial infectious backgrounds in breeding in unstable weather conditions of the region. Assessment of genotypes on an infectious background allowed determining the reaction of plants to pathogens, excluding the influence of abiotic factors. In the years of research, the degree of disease damage to susceptible varieties reached 100%, crown rust-82%. Different types of naked and filmy oats were studied for their susceptibility to diseases. Analysis of the influence of weather conditions in critical periods of ontogenesis on the development of oat diseases revealed an average negative dependence of the development of dust smut on temperature and precipitation during the «flowering-milk ripeness» period and a high positive one for the development of crown rust during the «exit to the tube-flowering» period.

Ключевые слова: *овес, пыльная головня, корончатая ржавчина, инфекционный фон, погодные условия*

Key words: *oats, dusty smut, crown rust, infectious background, weather conditions*

В современных представлениях о развитии растениеводства решающая роль отводится конструированию высокопродуктивных агроэкосистем и поддержанию их экологической устойчивости. Актуальна проблема создания сортов сельскохозяйственных культур с групповой и комплексной устойчивостью к болезням [1]. В северо-восточном регионе РФ в селекции на иммунитет следует ориентироваться на создание сортов овса, устойчивых прежде всего к головневой (*Ustilago* spp.) и ржавчинной инфекциям (*Puccinia* spp.) [2], поскольку все чаще выявляют их локальные вспышки, которые приобретают эпифитотийный характер [3].

Пыльную головню овса отмечают ежегодно, при этом большинство возделываемых сортов в той или иной степени поражается патогеном, зерно становится непригодным как для продовольственных, так и для фуражных целей. Корончатая ржавчина обнаруживается во всех зонах возделывания овса, но симптомы ее проявления бывают не ежегодно. Попадая на листья растений в капельную влагу (дождь или роса), уредоспоры прорастают и на листе образуются пустулы с уредоспорами. В результате у пораженных растений нарушается ассимиляция, снижается ферментативная активность, усиливаются транспирация и преждевременное усыхание листового аппарата, уменьшается засухоустойчивость и изменяются репродуктивные органы [4].

Устойчивость сортов – важный фактор, лимитирующий продуктивность генотипа [5]. Ценность сорта определяет не только абсолютная ее величина, но и его способность формировать экономически значимую урожайность в изменяющихся условиях выращивания [6]. Уровень урожайности на Северо-Востоке европейской территории России ограничивают наряду

с почвенными и климатические условия, поэтому использование искусственных инфекционных фонов для создания адаптивных к экологическим факторам сортов включены в методологию селекции овса [7].

Цель настоящей работы – определить эффективность использования в селекции искусственных инфекционных фонов и оценить перспективные сорта овса конкурсного испытания на иммунитет к наиболее опасным грибным болезням региона.

Методика. Исследования проведены в 2017-2019 гг. на Фаленской селекционной станции – филиале Федерального аграрного научного центра (ФАНЦ) Северо-Востока в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8]. Материалом послужили 40 перспективных линий и сортов овса питомника конкурсного испытания селекции ФАНЦ Северо-Востока. Стандартами были сорт Кречет для пленчатых форм, сорт Вятский для голозерных.

Метеорологические условия описаны по данным Кировского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Влияние погодных условий на развитие грибных болезней оценивали по показателю гидротермического коэффициента (ГТК) по А.И.Селянинову [9].

Инфекционный фон пыльной головни создавали путем заражения семян хламидоспорами возбудителя местной популяции по методике ВИР [10]. Учеты сортов на восприимчивость к головне проводили при достижении молочной спелости зерна по количеству пораженных и не пораженных растений и/или метелок. Для создания полевого инфекционного фона корончатой ржавчины инокуляцию растений проводили в фазе кущения – выхода в трубку уредоспорами, собранными с районированных сортов в конкурсном сортоиспытании. В полевых условиях устойчивость к корончатой ржавчине оценивали двукратно в фазе цветения, окончательную характеристику давали по проявлению болезни в фазе молочной спелости зерна, в период максимального проявления болезни [11]. Использовали прямые иммунологические признаки: тип реакции (по шкале Мэрфи) и степень поражения (по шкале Петерсона).

Для обработки результатов исследований применен пакет селекционно-ориентированных и биометрико-генетических программ AGROS, версия 2.07 и пакет прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Для поиска источников устойчивости к грибным болезням необходимо иметь в виду, что при оценке на естественном фоне заражения реакция генотипа может быть необъективной [12]. Одним из определяющих факторов развития грибных болезней яровых зерновых культур служат погодные условия, такие как температура воздуха и количество осадков [2, 11, 13].

Агроклиматические характеристики региона, где проводили исследования, обычно сильно различаются по количеству осадков и тепловым ресурсам. В анализируемом периоде погодные факторы были в основном не благоприятными для развития пыльной головни, но привели к развитию ржавчинных грибов. Вегетационный период 2017 г. характеризовался обильными дождями в июле и недостаточной суммой эффективных температур (ГТК=1,5). Неустойчивая по температуре погода 2018 г. и частые дожди во второй декаде июня и в июле привели к переувлажнению почвы (ГТК=1,4). Холодная и неустойчивая по температурному режиму погода 2019 г. сопровождалась почвенной засухой в июне и интенсивными осадками в остальной период вегетации (ГТК=2,5).

Наиболее показательна характеристика состояния погодных условий в критические периоды онтогенеза [2], поэтому был проведен анализ их влияния на развитие болезней овса. Определена средняя отрицательная зависимость (r=-0,68) развития пыльной головни от температуры и осадков в период цветение – молочная спелость. На проявление заболевания существенно влияла сумма эффективных температур (r = 0,94). Развитию возбудителя корончатой ржавчины способствовала повышенная влажность воздуха (70-80%) и температура, близкая к 20 ^{0}С. Такие условия в Кировской области характерны для II-III декад июля (r = 0,98) в период выход в трубку – цветение.

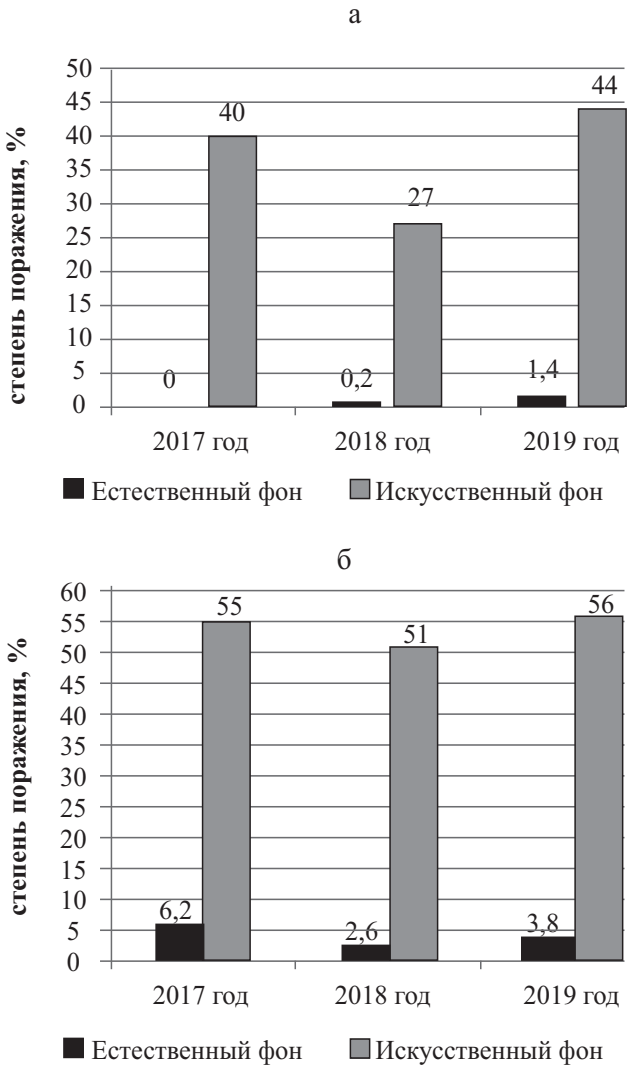
Изучение на инфекционном фоне – эффективный метод оценки селекционного материала на иммунитет, который позволяет определить реакцию растений не только к данной расе или популяции патогена, но и к их комплексу [14], снижая влияние факторов внешней среды. Инфекционный фон считается достаточно жестким, если степень поражения индикаторного (восприимчивого) сорта достигает 60% и выше [15]. Созданный в исследованиях искусственный инфекционный фон соответствовал данному критерию: в годы исследований степень поражения болезнями восприимчивых сортов достигала 70-100% (табл.). На естественном фоне развития степень поражения пыльной головней составляла 12%, корончатой ржавчиной – 32%.

Степень поражения болезнями растений овса, 2017-2019 гг.

Год	Фон	Пыльная головня		Корончатая ржавчина	
		максимальная степень поражения по сортам,%	минимальная степень поражения по сортам,%;	максимальная степень поражения по сортам,%	минимальная степень поражения по сортам,%;
2017	Искусственный	100	40	82	5
	Естественный	12	0	27	0
2018	Искусственный	71	0	75	1
	Естественный	7,7	0	32	0
2019	Искусственный	100	0	78	5
	Естественный	10	0	27	0

В среднем по сортам степень поражения пыльной головней на естественном фоне составляла 0-1,5%, корончатой ржавчиной – 3-6%, в условиях искусственно созданных инфекционных условий – соответственно 27-44 и 51-56% (рис.). За годы исследований депрессия признака между проявлением пыльной головни на естественном и искусственном фоне достигала 88-100%, у корончатой ржавчины – 57-95%.

Изучены различные по восприимчивости к болезням голозерные и пленчатые генотипы овса. Симптомы поражения растений пыльной головней имели пылящий тип соруса. На естественном фоне поражение отмечали во все годы исследований, при этом эпифитотий не наблюдали. Совокупность изучаемых сортов была неоднородной, имела значительную изменчивость по степени поражения. Коэффициент вариации составил 36-42% у голозерных генотипов и 85-98% у пленчатых.



Средняя степень поражения пыльной головней – а и корончатой ржавчиной – б на искусственном и естественном фонах заражения.

Линии и сорта конкурсного испытания в основном характеризовались высокой устойчивостью, лишь голозерные 36h13, Вятский – слабой восприимчивостью. Иммунологическая оценка на искусственном фоне заражения показала в целом более высокую восприимчивость к болезни голозерных линий (39-100%). Сильная восприимчивость отмечена у линий 72h11, 4h12, 31h12, 45h12, 153h13 и сортов Багет, Бекас, Вятский. Резистентностью не обладал ни один голозерный генотип. Степень поражения пленчатых линий и сортов в среднем составляла 16-22% при максимальном проявлении признака 100% у И-4729. Сильную восприимчивость проявили И-4729, И-4867, И-4815. Практическая устойчивость (степень поражения до 5%) отмечена у линий И-4903, 178h13, 245h14, иммунитет – у линии И-4845.

Симптомы поражения растений корончатой ржавчиной отмечали во все годы исследований. На естественном фоне средняя степень их поражения составляла 3,8-6,2%, на инфекционном – 51-55%. Большинство генотипов овса имело восприимчивый и промежуточный тип реакции на внедрение паразита. Совокупность изученных пленчатых линий и сортов была неоднородной, со значительной изменчивостью по степени поражения – 30-39%. Коэффициент вариации для голозерных генотипов (13,5-14,5%) показал, что линии и сорта достаточно однородны. На фоне искусственного заражения они в основном характеризовались восприимчивостью и сильной восприимчивостью, меньше было генотипов со средней устойчивостью. Стандарт Кречет проявил среднюю устойчивость, степень поражения варьировала от 30 до 35%, Вятский – высокую восприимчивость со степенью поражения 50-100%. Иммунностью не обладал ни один сорт. Высокая устойчивость (степень поражения до 5%) отмечена лишь у И-4857.

С использованием корреляционного анализа выявлена средняя достоверная зависимость (r = 0,343) между поражением пыльной головней растений овса и корончатой ржавчиной. Аналогичная взаимосвязь прослеживается в работах других исследователей [16, 17]. Условия изучения сортов в зависимости от инфекционного фона (естественный или искусственный) отразились на урожайности культуры. При усилении инфекционной нагрузки возбудителем пыльной головни депрессия признака составила 20-77%, корончатой ржавчины – 12-57%.

Таким образом, проявление грибных болезней на естественном фоне было невысоким, поэтому классифицировать линии и сорта как устойчивые нецелесообразно. Использование приемов искусственного заражения растений обеспечивает высокое поражение восприимчивых генотипов (до 100%) и позволяет дать их качественную классификацию, выявить селекционно-ценные формы, несмотря на влияние внешних факторов.

Определены перспективные линии и сорта с высокой устойчивостью к пыльной головне (И-4845, И-4903, И-4845) и корончатой ржавчине (И-4857).

Иммунологические исследования показали, что среди изученного селекционного материала овса генотипы, комплексно иммунные к изученным биотическим стрессорам, отсутствуют.

Литература

1. *Вилкова Н.А., Нефедова Л.И., Фролов А.Н. Иммунитет семенных растений и его фитосанитарное значение в агроэкосистемах // Защита и карантин растений. – 2015. – № 8. – С. 3-9.*
2. *Шешегова Т.К. Зависимость развития грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – №4. – С 58-61.*
3. *Захаренко В.А. Определение фитосанитарного потенциала сортов зерновых культур: обоснование метода и его реализация // Защита и карантин растений. – 2017. – № 3. – С. 13-15.*
4. *Рубин Б.А., Арциховская Е.В. Биохимия и физиология иммунитета растений – М., 1960. – 320 с.*
5. *Admas S., Tesfaye K. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis in sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) genotypes in North Shewa, Ethiopia // Acta Universitatis Sapientiae. Agriculture and Environment. –2017. – N.9. – P. 82-94.*
6. *Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // Semina: Ciencias Agrarias, Londrina. – 2017. – V. 38. – №3.– P. 1241-1250.*

7. *Баталова Г.А., Шевченко С.Н., Лисицын Е.М., Тулякова М.В., Русакова И.И., Железникова В.А., Градобоева Т.П. Методология создания продуктивных, экологически устойчивых сортов овса пленчатого // Российская сельскохозяйственная наука, [S.l.], n. 6, p. 3-6, дек. 2017. ISSN 2500-2627. Доступно на: <http://www.roshn.1gb.ru/ras/article/view/33>. Дата доступа: 13 дек. 2019.*
8. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985. – 230 с.*
9. *Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии, 1928. – Вып. 20. – С. 165–177.*
10. *Кривченко В.И, Щелко Л.Г., Тимошенко З.В. Методы изучения устойчивости ячменя и овса к головневым болезням / Методы фитопатологических и энтомологических исследований в селекции растений. Под ред. Ю.Н. Фадеева, А.А. Кузьмичева. – М.: Колос, 1977. – С. 51-57.*
11. *Градобоева Т.П., Баталова Г.А. Оценка сортообразцов овса на устойчивость к корончатой ржавчине // Зерновые и крупяные культуры. – 2018. – № 1 (25). – С. 91-98.*
12. *Дмитриев А.П. Ржавчина овса. – СПб: ВИЗР, 2000. – 112 с.*
13. *Volkova G.V., Kudinova O.A., Vaganova O.F. Diversity of virulence phenotypes of Puccinia triticinain different agroclimatic zones of the North Caucasus // Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. – 2019. – №6. – С. 23-26. doi: 10.31857/S2500-26272019623-26*
14. *Шешегова Т.К. Технология оценки и отбора исходного материала с групповой устойчивостью (6-9 баллов) к наиболее распространенным и потенциально опасным болезням зерновых культур на Северо-Востоке НЗ РФ (корончатая ржавчина, пыльная головня, корневые гнили, полосатая и сетчатая пятнистость). Завершенная разработка. – Киров: СВРНЦ, 2010. – 18 с.*
15. *Захаренко В.А., Медведев А.М., Ерохина С.А., Коваленко Е.Д., Добровольская Г.В., Михайлов А.А. Методика по оценке устойчивости сортов полевых культур к болезням на инфекционных и провокационных фонах. – М., 2000. – 120 с.*
16. *Андриянова Ю.М., Гусакова Н.Н. Оптимизация продукционного процесса культуры овса при использовании пиридазинонов на антропогенно-депресионных территориях // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 7. – С. 5-9.*
17. *Андриянова Ю.М., Сергеева И.В., Гусакова Н.Н., Мохонько Ю.М. Устойчивость растений овса к фитопатогенным заболеваниям грибной этиологии в различных экологических условиях // Аграрный научный журнал. 2016. - № 5. - С. 3-9.*

Поступила в редакцию 24.01.20
После доработки 06.02.20
Принята к публикации 15.02.20

УДК.633.18:631.527.7:581.143.6(571.6) DOI:10.31857/S2500262720030047

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕТРАПЛОИДОВ РИСА В АНДРОГЕНЕЗЕ *in vitro*

М.В. Илюшко, кандидат биологических наук,
М.В. Ромашова, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки,
692539, Приморский край, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30
E-mail: ilyushkoiris@mail.ru

Получение тетраплоидного риса – перспективное направление в повышении урожайности культуры. В настоящее время отсутствуют коммерческие сорта риса из-за слабой озерненности метелки, которая обусловлена низкой фертильностью пыльцы. В научной литературе отмечено, что в андрогенезе in vitro в качестве дополнительного исходного материала получаются тетраплоидные растения. Целью исследования было изучение особенностей каллусов в культуре пыльников in vitro риса, на которых формируются тетраплоидные растения, и характеристика тетраплоидных регенерантов этой культуры. Исследования проведены на 15 гибридах F_2 риса Oryza sativa L. подвида japonica Kato трех гибридных комбинаций. Показано, что андрогенез in vitro – надежный способ получения полиплоидных регенерантов у большинства генотипов: 59 растений (1,9% от всех зеленых регенерантов) являются тетраплоидными. Доля каллусов с тетраплоидами составляет 17,6%. Каллусы, на которых формировались тетраплоидные растения, характеризуются снижением числа гаплоидов и увеличением бессемянных растений негаплоидного происхождения. Максимальное число тетраплоидов на каллусный агрегат составляет 12 шт. Тетраплоиды, полученные в андрогенезе in vitro, имеют небольшую озерненность метелки (в среднем 1,0-6,0 шт. на главной метелке), что типично для полиплоидного риса.

RICE TETRAPLOID FORMATION IN ANDROGENESIS *in vitro*

Ilyushko M.V., Romashova M.V.

Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology of the Far East named A.K. Chaika,
692539, Primorskiy kray, p. Timiryasevskiy, ul. Volozhenina, 30
E-mail:ilyushkoiris@mail.ru

Obtaining tetraploid rice is considered as a promising direction in increasing crop yields. There are currently no commercial rice varieties due to poor panicle grazing due to low pollen fertility. In the scientific literature it is stated that in androgenesis in vitro tetraploid plants are obtained as an additional starting material. The aim of the study was to study the characteristics of callus in anther culture of rice in vitro, on which tetraploid plants are formed, and the characteristics of rice tetraploid regenerants. Studies were performed on 15 rice hybrids F_2 Oryza sativa L. subspecies japonica Kato of three hybrid combinations. In vitro androgenesis is a reliable way to obtain polyploid regenerants in most genotypes: 59 plants (1.9% of all green regenerants) are tetraploid. The proportion of calli with tetraploids is 17.6%. Calli, on which tetraploid plants were formed, are characterized by a decrease in the number of haploids and an increase in seedless plants of non-haploid origin. The maximum number of tetraploids per callus aggregate is 12 pcs. Tetraploids obtained in androgenesis in vitro have a slight grazing of the panicle (on average 1.0-6.0 pcs. on the main panicle), which is typical for polyploid rice.

Ключевые слова: *Oryza sativa, андрогенез in vitro, каллус, тетраплоид*

Key words: *Oryza sativa, androgenesis in vitro, callus, tetraploid*

Полиплоидия сыграла важнейшую роль в эволюции растений и селекции культурных видов [1, 2]. Множество полиплоидов успешно используют в сельскохозяйственном производстве и цветоводстве, так как они обеспечивают более высокий урожай и декоративные качества в сравнении с диплоидными видами [2, 3]. Рис *Oryza sativa* L. – широко распространенная диплоидная культура (основное число хромосом 2n=24), которую выращивают на пяти континентах, крупой риса питается половина человечества [4]. Полиплоидный, в частности тетраплоидный рис, рассматривают как один из источников увеличения урожайности данного вида [5-7]. Тетраплоидный рис впервые был получен в 1933 г. и с 1953 г. в Китае включен в селекционный процесс [8]. Однако из-за низкой фертильности пыльцы, обусловленной отклонениями от нормального мейотического деления клеток [9], на метелках формируется небольшое число семян [8, 10]. Поэтому коммерческого применения тетраплоидный рис пока не нашел [7].

Современные исследования тетраплоидного риса немногочисленны. Изучена генетическая и морфологическая изменчивость *O. sativa* с использованием 99 SSR маркеров и агрономических признаков. Оказалось, что изменчивость тетраплоидного риса выше, чем диплоидного, и получен гетерозисный эффект от межподвидовой гибридизации полиплоидного риса [11]. Перевод гибридов риса *O. sativa* с диплоидного уровня на тетраплоидный путем обработки колхицином способствует формированию остистых форм растений, даже если исходная форма была безостой. Длина остей зависит от наличия их у исходного гибрида [6]. Культура пыльников *in vitro* также обеспечивала получение остистых тетраплоидных регенерантов риса из безостых растений сорта Каскад [10]. Открыта полиплоидная мейотическая стабильность (*Polyploidy meiosis stability – PmeS*), различающаяся у тетраплоидных линий, что ведет к дифференциации показателей фертильности пыльцы и завязываемости семян от 37 до 80% [8]. Получен нео-тетраплоидный рис, который при скрещивании с тетраплоидным дает высокую фертильность. Методом секвенирования выявили большую изменчивость ДНК и дифференциально экспрессирующиеся гены в стадии мейоза у трех нео-тетраплоидных линий по сравнению с родителями [12]. Увеличение числа бивалентов приводит к повышению семенной продуктивности, а фертильность 2n-пыльцы маскируется нейтральными генами. Определено, что мейоз-связанные гены и мейоз-специфические гены также отвечают за метаболизм сахаров и синтез крахмала и экспрессируются у гибридов полиплоидного и нео-тетраплоидного риса в течение различных стадий развития [7].

Андрогенез *in vitro* успешно применяют в селекции риса для получения гомозиготных линий удвоенных гаплоидов [13]. В качестве побочного материала образуются также гаплоиды, триплоиды, тетраплоиды, пентаплоиды, анеуплоиды [14, 15]. Доля тетраплоидных регенерантов в культуре пыльников составляет 0,9-16,0% в зависимости от протокола исследования [14, 16]. Известно, что 17,4% каллусов, полученных в культуре пыльников риса, в конце первого пассажа имеют тетраплоидные клетки, доля которых может увеличиваться при более длительном пассировании [17]. Однако, не все генетические и геномные нарушения, которые накапливаются в культуре *in vitro* на клеточном уровне, могут пройти через этап морфогенеза и не всегда можно получить регенеранты и их потомство [18]. Упоминаний об особенностях формирования полиплоидных растений или о дальнейшем селекционном применении тетраплоидов, полученных в андрогенезе *in vitro* риса, в литературе не обнаружено. Целью исследования было изучение особенностей каллусных линий в культуре пыльников *in vitro* риса, на которых формируются тетраплоидные растения, и характеристика тетраплоидных регенерантов риса.

Методика. Исследования проведены на гибридах F_2 риса *Oryza sativa* L. подвида *japonica* Kato следующих гибридных комбинаций: Романика×(Дарий 122×Краснодар 9167) – Р×Д×67; Дон 4237×(Зарваси 70× Хейлудзян) – Д×З×Х; Китаец×(ВНИИР 3223×Кензо) – К×23×К. Использовано по пять растений каждой гибридной комбинации. Исходные растения выращивали на вегетационной площадке в сосудах до периода сбора метелок. Методики холодовой обработки пыльников, культивирования пыльников, каллусов и регенерантов в условиях *in vitro* приведены ранее [19].

Под термином «каллусная линия» понимали все каллусные агрегаты, сформированные на одном пыльнике. Каллусные агрегаты (каллусы) размером 2-5 мм пересаживали из индукционной питательной среды на регенерационную с интервалом в семь дней с присвоением порядкового номера. Зеленые регенеранты R_0 с развитой корневой системой высаживали в горшечную культуру и продолжали выращивать в условиях культуральной комнаты. Все регенеранты разделяли на пять групп по морфологическим признакам: гаплоиды (стерильные растения с очень мелкими цветками); удвоенные гаплоиды (растения с семенами); тетраплоиды (растения с очень крупными немногочисленными семенами, выраженным килем и ребристостью на цветочной чешуе); растения без семян (формировали цветки нормального или большего размера, но не образовывали семена на двух и более метелках); растения, погибшие на ранних этапах роста и развития. При сравнении с данными по содержанию ядерной ДНК в регенерантах риса ошибка отнесения растений к соответствующей группе составляла 4,5% [14].

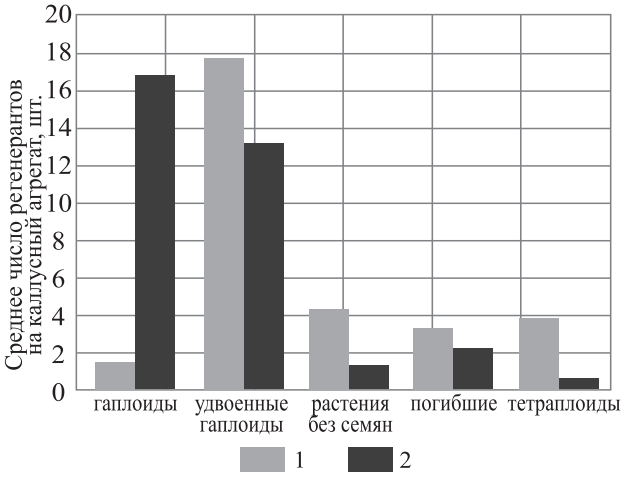
Статистические расчеты (средние значения признаков, ошибка средней, коэффицинт корреляции, t-критерий Сьюдента) проведены с использованием программы Statistica.

Результаты и обсуждение. В культуру *in vitro* было введено 2700 пыльников. Каллусообразование составило 6,04%. Образовалось 65 каллусных линий с зелеными регенерантами 12 гибридных растений; 21 каллусная линия сформировала по несколько каллусных агрегатов: 12 линий по 2 каллуса, 4 линии с тремя и четырьмя каллусными агрегатами и одна линия с пятью каллусными агрегатами. В эксперименте получено 3115 зеленых регенерантов с 91 каллусом, из них 59 шт. (1,9%) были тетраплоидами. Каллусные агрегаты одной каллусной линии имеют разную регенерационную способность: в отдельных случаях регенерации не происходит, на других каллусных агрегатах существует морфогенетический ответ [19]. Различия закономерны, так как каждая недозрелая микроспора пыльника может дать начало каллусу [17]. В связи с этим дальнейшие расчеты проводили в среднем на каллусный агрегат.

Тетраплоиды образовались на 16 каллусных агрегатах 9 гибридов (табл.), 5 из них не имели регенерантов без семян. Формирование тетраплоидов шло на каллусных агрегатах 1-го, 2-го и 4-го порядка. Также бессемянные регенеранты встречались на каллусных агрегатах любого порядка. С бессемянными растениями образовалось 25 каллусов, в 44% случаев регенерация заканчивалась тетраплоидией. Корреляции между численностью тетраплоидных и бессемянных растений на каллусе не выявлено. Доля каллусов с тетраплоидами составляла 17,6%, что совпадает с данными C. Chen and C. Chen [17], у которых 17,4% всех каллусов образовали тетраплоидные клетки.

Большинство каллусов с тетраплоидами не имело гаплоидов (9 шт.), 5 каллусных агрегатов образовали один или два гаплоида, и только на двух морфогенетический ответ проявился во множественной гаплоидии – 17 и 121 гаплоид/каллус. Три каллуса с тетраплоидами были без удвоенных гаплоидов, на других каллусных агрегатах сформировались 3-93 удвоенных гаплоидов. Каллусы, где представлены исключительно тетраплоиды, отсутствовали.

Провели сравнительную характеристику всех каллусных агрегатов и каллусов с тетраплоидами (рис.), из анализа исключили каллусный агрегат с 121 гаплоидом как нетипичный. На каллусах с тетраплоидами было на порядок меньше гаплоидов, чем в среднем на всех каллусных агрегатах (при p=0,05), а число бессемянных растений – больше в 2 раза (при p=0,02). Статистически значимых различий по удвоенным гаплоидам и погибшим растениям не выявлено, по тетраплоидам подтверждены (p=0,0001). При использовании в расчетах всех 16 каллусных агрегатов с тетраплоидами сохранялась тенденция уменьшения среднего числа га-



Сравнительная характеристика регенерационной способности каллусных агрегатов риса, полученных в андрогенезе in vitro:
1 – каллусные агрегаты с тетраплоидами (15 шт.),
2 – все каллусные агрегаты в эксперименте (91 шт.).

Характеристика семенной продуктивности тетраплоидных растений, полученных в андрогенезе *in vitro*

Гибрид	Каллусный агрегат	Число тетраплоидных растений, шт.	Максимальное число семян главной метелки, шт.	Среднее число семян главной метелки, шт.	Стандартная ошибка средней
Р×Д×67 (1)	62.2.1	3	6	4,0	1,0
	62.2.4	2	8	6,0	2,0
Р×Д×67 (2)	109.2.1	5	4	2,2	0,6
Д×З×Х (1)	193.2.1	2	1	1,0	0,0
Д×З×Х (2)	161.2.1	3	5	4,5	0,5
Д×З×Х (3)	128.2.1	1	5	5	–
Д×З×Х (4)	117.2.1	12	13	5,8	1,4
	118.2.1	1	1	1	–
Д×З×Х (5)	59.2.1	4	7	3,0	1,4
	60.2.2	1	4	4	–
	72.1.1	1	10	10	–
	88.2.2	9	11	5,3	1,0
	97.1.1	1	3	3	–
К×23×К (1)	80.2.2	4	8	5,3	1,3
	80.2.4	8	9	4,4	0,8
К×23×К (2)	112.2.2	2	2	1,5	0,5

плоидов/каллус: их было в 2 раза меньше, чем в среднем на всех каллусах, но без достоверных различий.

У бессемянных растений, полученных в андрогенезе *in vitro*, отмечена высокая вариабельность по содержанию ядерной ДНК, выявленной методом проточной цитометрии. У них обнаружено содержание ДНК, характерное для растений с двойным набором хромосом, триплоидов, тетраплоидов и пентаплоидов, вероятно, среди них встречались неуплоиды, что не позволило им дать семенное потомство [14]. Формирование тетраплоидов и бессемянных растений сопровождалось увеличением погибших растений: в среднем на всех каллусах – на 1,32 шт., на каллусах с тетраплоидами и регенерантами без семян (всего 31 каллусный агрегат) – в среднем на 3,87 шт. (различия статистически значимы при p=0,008). В андрогенезе *in vitro* растения, в генотипе которых содержится много леталей, полулеталей и субвиталей, погибают на ранних стадиях развития. Выживают только те особи, которым в результате мейоза не досталось «вредных» генов или их было очень мало [20]. В нашем случае погибло в среднем 1,32 растений/каллус. Увеличение этого показателя в 3 раза возможно связано не только с комплексом генов погибших растений, но и с хромосомными изменениями, которые при благоприятных перестройках реализовались в тетраплоидные регенеранты.

Причины формирования гаплоидных и дигаплоидных растений в андргенезе *in vitro* в значительной степени изучены. У риса регенерация идет через каллусогенез, на ранних стадиях деления клеток они спонтанно удваиваются [15], что приводит к формированию до 72-95% дигаплоидов от всех зеленых регенерантов [21,22]. Интенсивность этого процесса зависит от генотипа растения-донора [21,22] и условий культивирования исходных растений, каллусов и регенерантов *in vitro* [23]. Известно, что большая часть андрогенных каллусов риса *O. sativa* (74%) в конце первого пассажа миксоплоидна: различные сочетания одно-, двух-, четырех- и восьмиядерных клеток [17]. Доказано одноклеточное происхождение гаплоидов в андрогенезе *in vitro* у пшеницы [24]. Каллусы, несущие четырехядерные клетки, могут стать основоположниками тетраплоидов. Но не каждая клетка в условиях *in vitro* даст начало новому растению, только часть генетических изменений реализуется у растений-регенерантов [18]. Вероятно, по этой причине несколько меньшее число каллусных агрегатов в эксперименте (57%) имело сочетание регенерантов различной плоидности (гаплоиды и удвоенные гаплоиды, удвоенные гаплоиды и тетраплоиды, 3 типа регенерантов вместе).

Спонтанное удвоение хромосом клеток в культуре пыльников *in vitro* идет за счет слияния ядер и эндомитозов [15, 17, 23], в том числе и кратное увеличение плоидности более высоких порядков [17]. Формирование триплоидных клеток каллуса возможно за счет слияния низкоплоидных клеток или редукции имеющихся хромосом у тетраплоидов [17]. Преобладание каллусных агрегатов с бессемянными растениями и общего их числа над тетраплоидами прежде всего свидетельствует о слиянии гаплоидных и дигаплоидных клеток, что привело к стерильности регенерантов.

У растений 2n гаметы могут образовываться с очень высокой частотой – до 14-36%, что ведет к формированию полиплоидов в естественных условиях [25] и дигаплоидов в андрогенезе *in vitro* [23]. В более редких случаях в результате аномального цитокинеза образуются 3n и 4n пыльцевые материнские клетки [25]. Это также может объяснить происхождение три- и тетраплоидов в культуре пыльников *in vitro* [15]. Тем не менее спонтанное удвоение хромосом считаем лидирующим фактором изменения плоидности клеток в андрогенезе *in vitro*. Выявлена слабая отрицательная корреляция (r= - 0,3 при p=0,05) между числом преобладающих регенерантов на каллусе и их плоидностью. Это означает, что с увеличением числа хромосом в клетках, которые перед этим прошли слияние ядер или эндомитоз, уменьшается число регенерантов соответствующей плоидности. Поэтому тетраплоидов на каллусе формируется относительно немного (до 12 шт.), значительно больше удвоенных гаплоидов – до 125 шт., а максимальное число гаплоидов на каллусе составляет 346 растений [26]. Поддержание и размножение гаплоидных клеток в культуре *in vitro* идет быстрее и легче, чем клеток с иным набором хромосом, поскольку они обладают значительной устойчивостью и конкурентоспособностью к полиплоидным, двуядерным и анеуплоидным клеткам. Это обеспечивается, вероятно, быстрым делением клеток, более коротким митотическим циклом, быстрой элиминацией или дифференциацией поврежденных клеток [27].

На каллусном агрегате может сформироваться до 12 тетраплоидных растений (табл.) и до 26 бессемянных растений. Регенеранты, полученные в андрогенезе *in vitro*,

имеют низкую озерненность метелки: в среднем до 6,0 шт., максимум – 13 семян, что согласуется с литературными данными о низкой озерненности метелок тетраплоидного риса [5] и результатами наших опытов, полученных на других гибридах и сорте Каскад в андрогенезе *in vitro* [10]. Культура тканей *in vitro* в целом ведет к высокой стерильности полученных регенерантов [28]. Снижение семенной продуктивности при повышении уровня плоидности встречается на многих культурах, и опыт показывает, что последующим отбором возможно увеличить фертильность [3], в том числе у риса, на 70% [5, 6]. Выращивание регенерантов, следующих за поколением R_0, также позволяет значительно снизить стерильность пыльцы [29].

Таким образом, в андрогенезе *in vitro* полиплоиды формируются на регулярной основе. Этот метод можно рассматривать как один из эффективных для получения тетраплоидных растений для селекции риса. Пути формирования тетраплоидов на каллусах требуют дополнительного изучения.

Литература.

1. *Stebbins G.L. Variation and evolution in plants: progress during the past twenty years // Essays in evolution and genetics in honor of Theodosius Dobzhansky / M.K. Hecht, C.S. William (ed.). – Springer, US, 1970. – Ch. 6. – P. 173-208.*
2. *Жученко А.А. Адаптивная селекция растений (эколого-генетические основы) : монография в 2-х т. – М. : Изд-во РУДН, 2001. Т. II. – 708 с.*
3. *Хафетов Э.Б., Щербак В.С. Автополиплоидия – как эффективный механизм в селекции сельскохозяйственых растений // Международные научные исследования. – 2016. – Т. 8. – № 3. – С. 281-284.*
4. *Ляховкин А.Г. Рис. Мировое производство и генофонд. – СПб.: «Профи-информ», 2005. – 288 с.*
5. *Tu S., Luan L., Liu Y., Long W., Kong F., He T., Xu Q., Yan W., Yu M. Production and heterosis analysis of rice autotetraploid hybrids // Crop Science. – 2007. – Vol. 47. – P. 2356-2363.*
6. *Song Z.-J., Du C.-Q., Zhang X.-H., Chen D.-L., He Y.-C., Cai D-T. Studies on awns in polyploidy rice (Oryza sativa L.) and preliminary cross experiments of a special awnlew tetraploid rice // Genet. Resour. Crop. Evol. – 2014. – Vol. 61, № 4. – P. 797-807.*
7. *Chen L., Yuan Y., Wu J., Chen Z., Wang L., Shahid M.Q., Liu X. Carbohydrate metabolism and fertility related genes high expression levels promote heterosis in autotetraploid rice harboring double neutral genes // Rice. – 2019. – Vol. 12. – 34 p.*
8. *He Y., Ge J., Wei Q., A.-M., Gan L., Song Z.-J.,Cai D.-T. Jiang. Using a polyploidy meiosis stability (PMeS) line as a parent improves embryo development and the seed set rate of a tetraploid rice hybrid // Canadian Journal of Plant Sciences. – 2011. – Vol. 91. – P. 325-335.*
9. *Luan L., Wang X., Long W.B., Liu Y.H., Tu S.B., Xiao X.Y., Kong F.L. A comparative cytogenetic study of the rice (Oryza sativa L.) autotetraploid restorers and hybrids // Генетика. – 2009. – Т. 4. – № 9. – С. 1225-1233.*
10. *Илюшко М.В., Ромашова М.В., Гученко С.С. Тетраплоидный рис в культуре пыльников in vitro // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №3(47). – С. 18-25.*
11. *Wu J., Hu C., Shahid M., Guo H.-B., Zeng Y.-X., Liu X.-D. Analysis on genetic diversification and heterosis in autotetraploid rice // SpringerPlus. – 2013. – Vol. 2. – 12 p.*
12. *Bei X., Shahid M.Q., Wu J., Chen Z., Wang L., Liu X. Reswquecing and transcriptome analysis reveal rich DNA vatiations and differential expressions of fertility-related genes in neo-tetraploid rice // PloS ONE. – 2019. – Vol. 14, №4. – 23 p.*
13. *Mishra R., Rao G.J.N. In-vitro androgenesis in rice: adventages, constraints and future prospects. // Rice Scienc. – 2016. – 23(2). – P.57-68.*
14. *Илюшко М.В., Скапцов М.В., Ромашова М.В. Содержание ядерной ДНК в регенерантах риса, полученных в культуре пыльников in vitro // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – №3. – С. 531-538.*
15. *D`Amato F. Cytogenetics of plant cell and tissue cultures and their regenerates // Critical Reviews in Plants Sciences. – 1985. – Vol. 3, № 1. – P. 73-112.*
16. *Mishra R., Rao G.J.N., Rao R.N., Kaushal P. Development and characterization of elite doubled haploid lines from two Indica rice hybrids // Rice Science. – 2015. – 22(6). – P.290-299.*
17. *Chen C.C., Chen C.-M. Changes in chromosome number in microspore callus of rice during successive subculrures // Can. J. Genet. Cytol. – 1980. – Vol. 22. – P. 607-614.*
18. *Кузнецова О.И., Аш О.А., Харитонов Г.А., Гостимский С.А. Исследование растений-регенерантов гороха (Pisum sativum L.) с помощью молекулярных RAPD- и ISSR-маркеров // Генетика. – 2005. – Т. 41. – №1. – С. 71-77.*
19. *Илюшко М.В., Ромашова М.В. Регенерационная способность каллусных трансплантантов риса в культуре пыльников in vitro // Аграрный вестник Приморья. – 2018. – № 1 (9). – С. 5-8.*
20. *Гончарова Ю.К. Использование метода культуры пыльников в селекции риса. – Краснодар: ВНИИ риса, 2012. – 91 с.*
21. *Datta S.K. Androgenic haploids: factors controlling development and its ap-plication in crop improvement. // Current Science. – 2005. – 89(11). – P.1870-1878.*
22. *Сартбаева И.А., Усенбеков Б.Н., Рысбекова А.Б., Мухина Ж.М., Казкеев Д.Т., Жамбакин К.Ж., Жандырбаев Е.А., Беркимбай Х.А., Ахметова Д.Ш., Мелдебекова А.А. Получение дигаплоидных линий для селекции глютинозного риса // Биотехнология. – 2018. – Т. 34. – № 2. – С. 26-36.*
23. *Segui-Simarro J.M., Nuez F. Pathways to doubled haploidy: chromosome doubling during androgenesis // Cytogenetics and Plant Breeding. – 2008. – Vol. 120. – P. 358-369.*
24. *Сельдимирова О.А, Круглова Н.Н. Андроклинный эмбриогенез in vitro злаков // Успехи современной биологии. – 2014. – Т. 134. – №5. – С. 476-487.*
25. *Цаценко Л.В., Мосунов С.А. Гаметы с соматическим числом хромосом: механизмы их формирования и роль в эволюции автополиплоидных растений (обзор иностранной литературы) // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – № 1. – С. 16-25.*
26. *Илюшко М.В. Регенерационный максимум в адрогенных каллусных линиях риса Oryza sativa L. in vitro // Рисоводство. – 2019. – №2 (43). – С. 29-32.*
27. *Тырнов В.С., Давоян Н.И. Цитогенетика соматических тканей гаплоидов / Глава в книге Гаплоидия и селекция – М.: Наука, 1976. – С. 57-65.*
28. *Давоян Э.И. Мутагенез в культуре ткани риса и получение на его основе нового исходного материала // Генетика. – 1983. – Т. XIX. – №10. – С. 1714-1719.*
29. *Гостимский С.А., Багрова А.М., Ежова Т.А. Обнаружение и цитогенетический анализ изменчивости, возникающей при регенерации растений из культуры тканей посевного гороха // Доклады академии наук. – 1985. – Т. 283. – № 4. – С. 1007-1011.*

Поступила в редакцию 26.11.19
После доработки 05.12.19
Принята к публикации 15.01.20

УДК 635.21 DOI:10.31857/S2500262720030059

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ В ДАГЕСТАНЕ

В.К. Сердеров, кандидат сельскохозяйственных наук,
М.К. Караев, доктор сельскохозяйственных наук, **Д.В. Сердерова**

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, 367014, Махачкала, ул. Шабанова, 30
E-mail: serderov55@mail.r

Одним из перспективных направлений картофельного бизнеса и повышения рентабельности отрасли служит промышленная переработка. При этом потребитель получает полуфабрикаты или готовые к потреблению продукты. Целью настоящей работы, выполненной в 2017-2019 гг. на горном полигоне «Курахский», было изучение продуктивности и качественных показателей сортов и гибридов картофеля в условиях высокогорья Республики Дагестан и выделение сортов с высоким содержанием сухих веществ и крахмала как перспективных для промышленной переработки. Объектом изучения послужили 22 сорта картофеля отечественной и зарубежной селекции. По результатам полевых исследований с высокой продуктивностью выделились сорта Жуковский ранний, Импала, Ирбитский, Крепыш, Манифест, Невский, Спиридон и Удача с урожайностью 33,7-38,0 т/га. Сравнительная оценка с данными оригинаторов сортов и наших исследований показала, что при выращивании картофеля в горных природно-климатических условиях республики в клубнях содержание сухих веществ увеличивается в зависимости от сорта на 3-6%. В результате выделены сорта с высоким содержанием сухих веществ (более 25%): Алена, Вектор, Джоконда, Дезире, Матушка, Нарт, Примобелла, Предгорный и Росси. Таким образом, горная провинция республики характеризуется благоприятными почвенно-климатическими условиями для возделывания картофеля с широким спектром направлений использования – как продовольственного, так и для переработки. Выявлены пригодные сорта с учетом их качественных показателей для промышленной переработки.

PERSPECTIVE POTATO VARIETIES FOR INDUSTRIAL PRO-CESSING IN DAGESTAN

Serderov V.K., Karaev M.K., Serderova D.V.

Federal Agrarian Scientific Center of the Republic Dagestan,367014, Makhachkala, ul. Shabanova, 30
E-mail: serderov55@mail.ru

One of the promising areas of the potato business and a reserve for in-creasing the profitability of the industry is industrial processing. The consumer receives semi-finished or ready-to-eat products. The purpose of this work, car-ried out in 2017–2019 at the Kurakhsky mountain range, was to study the productivity and quality indicators of potato varieties and hybrids in the high mountains of the Republic of Dagestan, and to isolate varieties with a high dry matter and starch content as promising for industrial processing.The object of study was 22 varieties of potatoes of domestic and foreign selection. According to the results of field tudies with high productivity, the following varieties were distinguished: Zhukovsky early, Impala, Irbitsky, Krepysh, Manifesto, Nevsky, Spiridon and Udacha with a yield of 33.7-38.0 t/ha; A comparative assessment, with the data of the originators of the varieties and the data of our studies, showed when growing potatoes in the mountainous climatic conditions of the republic, in tubers, the solids content increases by 3-6% depending on the variety. As a result of research, varieties with a high solids content of more than 25% were identified: Alena, Vector, Gyokonda, Desiree, Matushka, Nart, Primobella, Predgorny and Rossi.The study showed that the mountainous province of the republic is characterized by favorable soil and climatic conditions for the cultivation of potatoes with, a wide range of uses, and both food and processing. As a result of research, the most suitable varieties were identified, taking into account their quality indicators, suitable for industrial processing.

Ключевые слова: *картофель, сорт, урожайность, переработка, сухие вещества, климатические условия*

Key words: *potato, sort, productivity, processing, solids, climatic conditions*

Развитие картофелеводства – важный компонент государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Картофель – практически единственная сельскохозяйственная культура массового потребления, объемы производства которой непрерывно растут. В стране год от года расширяются площади посадок и появляются новые участники рынка. Производители продукции напрямую приспосабливаются к работе с торговыми сетями и развивают продажу картофеля в розничной упаковке. Для дальнейшего развития отрасли и роста ее рентабельности одним из направлений картофельного бизнеса служит промышленная переработка [1, 2]. Переработка клубней позволит разделить рынок картофеля на множество других рынков, каждый из которых будет развиваться по определенным правилам. Однако перерабатывающее производство требует специальных сортов картофеля и одним из основных показателей для его переработки является содержание сухого вещества [3-6].

Содержание сухих веществ и их основного компонента – крахмала имеет большое значение для картофелеперерабатывающей промышленности. При производстве всех продуктов питания из картофеля высокое содержание сухих веществ обеспечивает повышенный выход готовой продукции. [1, 3, 7-10]. Чипсы и картофель «фри», приготовленные из клубней с высоким содержанием сухих веществ, поглощают сравнительно мало масла или жира. Высокое содержание сухих веществ снижает продолжительность обжаривания, расходование тепловой энергии на выпаривание находящейся в клубнях воды. Оптимальным для обжаренных продуктов считается содержание в клубнях сухих

Табл. 1. Продуктивность сортов картофеля

Сорт	Урожайность, т/га		В среднем за 2 года	
	2018 г.	2019 г.	т/га	% к контролю
Волжанин (контроль)	32,2	28,9	30,5	100
Алена	25,6	28,3	27,0	88
Амур	34,4	29,8	32,1	105
Вектор	34,5	29,4	32,0	105
Джоконда	34,5	23,8	29,2	96
Дезире	33,4	29,1	31,3	103
Жуковский ранний	33,9	33,6	33,8	111
Импала	37,4	32,5	35,0	115
Ирбитский	37,6	29,9	33,8	111
Крепыш	28,4	31,1	29,8	98
Манифест	36,2	29,7	33,0	108
Матушка	37,7	33,6	35,7	117
Нарт	24,5	25,1	24,8	81
Невский	37,9	29,5	33,7	111
Предгорный	31,9	31,1	31,5	104
Примобелла	31,7	37,1	34,4	113
Ред Скарлет	25,8	19,5	22,7	74
Розара	37,8	26,1	32,0	105
Росси	25,3	26,4	25,9	85
Сильвана	37,1	23,0	30,1	99
Спиридон	39,9	35,5	37,7	124
Удача	39,9	36,1	38,0	125
$НСР_{05}$	3,1	3,2		

Табл. 2. Содержание (%) сухих веществ в клубнях

Сорт	До посадки	После уборки			
		2018 г.	2019 г.	в среднем за 2 года	отклонение +, –
Волжанин (контроль)	20,2	24,2	24,2	24,2	+ 4,0
Алена	21,7	26,2	25,5	25,8	+ 3,9
Амур	19,7	25,0	25,0	25,0	+ 5,3
Вектор	24,2	27,5	27,9	27,8	+ 3,6
Джоконда	23,2	27,4	26,2	26,8	+ 3,4
Дезире	25,3	29,3	28,7	29,0	+ 3,7
Импала	18,1	24,0	24,2	24,1	+ 6,0
Ирбитский	20,6	24,5	24,9	24,7	+ 4,1
Жуковский ранний	16,7	21,0	20,9	20,9	+ 4,2
Крепыш	15,9	20,2	20,2	20,2	+ 4,1
Манифест	19,7	24,0	24,2	24,1	+ 4,4
Матушка	22,7	27,0	26,7	26,8	+ 4,1
Нарт	21,3	25,5	25,6	25,5	+ 4,2
Невский	19,8	24,0	24,2	24,1	+ 4,3
Предгор-ный	22,6	25,7	25,7	25,7	+ 3,1
Примо-белла	23,7	27,9	28,0	27,9	+ 4,2
Ред Скар-лет	19,9	24,2	23,4	23,8	+ 3,9
Розара	20,8	25,0	24,6	24,8	+ 4,0
Росси	23,2	27,5	27,6	27,6	+ 4,4
Сильвана	20,6	24,5	23,9	24,2	+ 3,6
Спиридон	20,6	24,5	24,2	24,3	+ 3,7
Удача	18,8	23,0	22,5	22,8	+ 4,0
$НСР_{05}$	2,1	2,6	2,8		

веществ от 20 до 24%, для сухого картофельного пюре – не менее 22 %. Величина этого показателя влияет также на консистенцию готовых продуктов. Поэтому при их производстве необходимы сорта картофеля с высоким содержанием сухих веществ (24 % и выше) [1, 3, 7].

Цель настоящей работы – изучить продуктивность и качественные показатели (характеристика) сортов и гибридов картофеля в условиях Горной провинции Республики Дагестан и выделить сорта, отвечающие требованиям промышленной переработки.

Методика. Изучали новые сорта и гибриды картофеля, полученные из Горского государственного аграрного университета и Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства (СКНИИГиПСХ). Использовали Методику исследований по культуре картофеля, Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению, Методику определения крахмала и сухого вещества весовым методом [11-14].

Полевые опыты были заложены на высоте 2000-2200 м над уровнем мирового океана, на землях горного опорного пункта «Курахский» Республики Дагестан. Почвенный покров представлен горными каштановыми среднесуглинистыми почвами с содержанием гумуса 2,91-3,01%; обеспеченность питательными веществами в средней степени: гидролизуемого азота – 2,2-3,5 мг, подвижного фосфора – 4-6 и обменного калия – 12,5-16,5 мг/100 г почвы.

Объектом изучения послужили сорта картофеля раннего срока созревания, из них российской селекции (Всероссийский НИИ картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха) – Жуковский ранний, Крепыш и Удача; голландской селекции – Джоконда, Импала, Примобелла, Ред Скарлет и Сильвана; среднераннего срока созревания: российской селекции – Алена (Сибирский НИИ сельского хозяйства), Амур (Уральский НИИ сельского хозяйства), Волжанин (Ульяновская опытная станция по картофелю), Матушка (Всероссийский НИИ картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха), Невский (Северо-Западный НИИ сельского хозяйства), Предгорный (СКНИИГиПСХ); белорусской селекции – Манифест, Вектор; голландской селекции – Дезире и германской селекции – Ирбитский и Розара; среднего срока созревания: рос-

сийской селекции – Нарт (Кабардино-Балкарский НИИ сельского хозяйства), Спиридон (Уральский НИИ сельского хозяйства), а также голландской селекции – Росси. Контролем служил районированный в республике сорт среднераннего созревания Волжанин [7, 14-16]. Схема посадки –70 х 30 см, повторность – 4-кратная. Технология выращивания картофеля – гребневая

Погодные условия вегетационных периодов 2017-2019 гг. были благоприятными для возделывания картофеля. Средняя температура воздуха во время посадки (май) составила 11-12 ^{0}С, в летние месяцы – 14-16 ^{0}С. Территория, где проводили опыты, относится к засушливой зоне – 60-80 мм осадков за месяц. За время вегетации проведены 5-7 поливов по бороздам из расчета 50 л/м^2 (500 м^3/га).

Результаты и обсуждение. Большое значение в увеличении продуктивности картофеля имеет внедрение в производство перспективных высокоурожайных сортов, приспособленных к местным природно-климатическим условиям возделывания, от чего зависят эффективность отрасли и себестоимость продукции. В среднем за годы исследований по урожайности выделились сорта Удача, Спиридон, Матушка, Импала, Примобелла (табл. 1).

Для промышленной переработки картофеля необходимы зрелые клубни сортов разных сроков созревания (для обеспечения производства в течение года) и с содержанием сухих веществ от 22% и более. По данным наших исследований, средние показатели содержания сухих веществ после уборки значительно выше, чем до посадки: от 3,1% у сорта Предгорный до 6% у сорта Импала.

По данным табл. 2, исследуемые сорта можно разделить на три группы: с низким содержанием сухих веществ 20-23% (Жуковский ранний, Крепыш и Удача); со средним – 23-25% (Импала, Ирбитский, Манифест, Ред Скарлет, Розара, Невский, Сильвана, Спиридон и Амур); с высоким – свыше 25% (Алена, Вектор, Джоконда, Дезире, Матушка, Нарт, Примобелла, Предгорный и Росси).

Таким образом, по результатам хозяйственно-технологической оценки 22 сортов, прошедших в течение двух лет испытания в горных условиях региона, выделены 17 сортов, пригодных для промышленной переработки.

Литература

1. *Анисимов Б.В., Шабанов А.Э. и др. Экологический эффект воздействия средовых факторов на продуктивность наиболее широко распространенных сортов картофеля российской селекции. // В сб. научных трудов ВНИИКХ. – М., 2012. – С. 203-205.*
2. *Басиев С.С., Шабанов А.Э. и др. Картофель в предгорье. // Картофель и овощи. – 2015. – № 6. – С. 21-23.*
3. *Алилов М.М., Сердеров В.К. Влияние климатических условий на содержание сухих веществ в гибридах картофеля. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета – 2019. – №4 (59). – С.46-49.*
4. *Маханько В.Л., Козлова Л.Н., Незаконова О.Б. Сортовые особенности картофеля и их использование в кулинарии и перерабатывающей промышленности. // Земледелие и защита растений, – 2013. – № 3. – С.62-64.*
5. *Шабанов А.Э., Киселев А.И., Зебрин С.Н., Анисимов Б.В. Оценка продуктивности российских и зарубежных сортов картофеля в условиях Центрального региона России. Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля. // Материалы научно-практической конференции. –Чебоксары, 2016. – С. 63-65.*
6. *Шабанов А.Э., Киселев А.И., Федотова Л.С. Параметры потребительских качеств столовых сортов картофеля. Актуальные проблемы развития овощеводства и картофелеводства // Материалы научно-практической конференции. – Махачкала, 2017. – С. 137-142.*
7. *Анисимов Б.В. О потенциале новых сортов в области практической селекции картофеля. // Селекция, семеноводство и биотехнология картофеля. Научные труды. – М., 1989. – С. 23-39.*
8. *Анисимов Б.В., Еланский С.Н., Зейрук В.Н. Сорта картофеля, возделываемые в России: Справочное издание. – М.: Агроспас, 2013. – 144 с.*
9. *Коршунов А.В., Филиппова Г.И., Гаитова Н.А., Митюшкин А.В., Кутовенко Л.Н. Управление содержанием крахмала в картофеле // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 2 (81). – С. 47-50.*
10. *Сердеров В.К., Ханбабаев Т.Г., Сердерова Д.В. Изменение содержания сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля в зависимости от условий возделывания // Овощи России. – 2019 – № 2 (46). – С. 60-63.*
11. *Ганзин Г.А., Макунина Н.П. Методика определения крахмала и сухого вещества весовым методом. – М., 1977. – 76 с.*
12. *Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.:Агропромиздат, 1985. – 352 с.*
13. *Методика исследований по культуре картофеля НИИКХ. – М.: Агропромиздат, 1967. – 114 с.*
14. *Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. Издание 2-ое, перераб. и доп. - М.: ВНИИКХ, 2008. – 122 с.*
15. *Басиев С.С., Болиева З.А. и др. Экологическая оценка сортов картофеля в вертикальной зональности Северного Кавказа. // Аграрная наука. – 2008. –№9. – С.2-3.*
16. *Лихненко С.В., Доева Л.Ю., Зангиева Ф.Т. Новые сорта картофеля для Северо-Кавказского региона // Вестник Владикавказского научного центра. – 2016. – Т. 16. – № 4. – С. 56-63.*

Поступила в редакцию 10.03.20
После доработки 15.03.20
Принята к публикации 01.04.20

Защита растений

УДК 631.87:632.93 DOI:10.31857/S2500262720030060

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛКОВОГО СТИМУЛЯТОРА РОСТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗЕРНА МЕТОДАМИ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ И ОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Л.Е. Колесников[1], кандидат биологических наук,
И.И. Кременевская[2], Н.С. Прияткин[3], кандидаты технических наук,
М.В. Архипов[3,4], доктор биологических наук,
М.В. Киселёв[1], Ю.Р. Колесникова[5], кандидаты сельскохозяйственных наук,
И.Е. Разумова[1], аспирант

[1]Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, 2
E-mail: kleon9@yandex.ru
[2]Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский просп., 49
E-mail: matateka@mail.ru
[3]Агрофизический научно-исследовательский институт,
195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14
E-mail: prini@mail.ru
[4]Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения,
196608, Санкт-Петербург–Пушкин, шоссе Подбельского, 7
E-mail: szcentr@bk.ru
[5]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова,
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42–44
E-mail: jusab@yandex.ru

По технологии, разработанной сотрудниками университетов ИТМО и СПбГАУ создан новый препарат – стимулятор роста и развития растений. Биологическую эффективность препарата определяли по данным измерений 20 показателей продуктивности пшеницы и 16 показателям различных типов патогенеза, формируемого при развитии гельминтоспориозной корневой гнили, видов ржавчины, мучнистой росы и септориоза. Показано, что применение препарата способствует повышению потенциальной урожайности у 64% образцов (статистически достоверно при P<0,05 у 28% образцов). Препарат оказывал наиболее выраженное действие на важнейшие показатели структуры урожайности: длину колоса, число колосков в колосе, число зерен в колосе, массу зерен одного колоса. Внекорневое опрыскивание растений белковым стимулятором роста обусловливало увеличение общего азота в листьях пшеницы у 92% образцов в среднем на 84,6%. По результатам микрофокусной рентгенографии и оптического анализа, в варианте опыта с применением белкового стимулятора роста зерна пшеницы имели лучшие характеристики по сравнению с контролем. Интенсивность развития гельминтоспориозной корневой гнили снижалась в среднем на 60%, мучнистой росы – на 5% (по числу и площади пятен с налетом – на 36 и 52% соответственно), бурой ржавчины – на 2,9% (по числу пустул на лист и площади пустулы – на 76,8 и 79,7%), септориоза – на 15,9%. Установлено, что эффективность препарата в основном зависит от сорта пшеницы. Экспериментально показана перспективность использования нового эффективного стимулятора роста и развития растений для повышения продуктивности и защиты пшеницы от болезней. Вследствие неоднородности результатов различных вариантов эксперимента целесообразны дальнейшие исследования.

THE BIOLOGICAL BASIS FOR THE PROTEIN GROWTH STIMULANT APPLICATION FOR INCREASING THE WHEAT YIELD AND THE ASSESSMENT OF GRAIN QUALITY BY THE MICROFOCUS X–RAY AND OPTICAL IMAGING TECHNIQUES

Kolesnikov L.E.[1], Kremenevskaya I.I.[2], Priyatkin N.S.[3], Arkhipov M.V. [3,4], Kiselev M.V.[1], Kolesnikova Yu.R.[4], Razumova I.E.[1]

[1]Sankt-Petersburg State Agrarian University, 196601, Sankt-Peterburg – Pushkin. Peterburgskoye shosse, 2
E-mail: kleon9@yandex.ru
[2]ITMO University, 197101, Sankt-Peterburg, Kronverksiy pr., 49
E-mail: matateka@mail.ru
[3]Agrophysical Research Institute, 195220, Sankt-Peterburg, Grazhdanskiy prosp., 14
E-mail: prini@mail.ru
[4]North-Western Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance,
196608, Sankt-Peterburg–Pushkin, shosse Podbelskogo, 7
E-mail: szcentr@bk.ru
[5]Federal Research Center The N.I. Vavilov All–russian Institute of Plant Gene Resources,
19000, Sankt-Peterburg.,ul. Bolshaya Morskaya. 42–44
E-mail: jusab@yandex.ru

According to the technology engineered by the scientists of ITMO and SPBGAU Universities, the new plant growth stimulator was developed. The biological effectiveness of the preparation was estimated by the measuring of 20 wheat productivity indicators and 16 indicators of various pathogenesis types formed during the development of helminthosporous root rot, rust species, powdery mildew and wheat leaf blotch. The potential yield increase in 64% of samples (statistically significant at P<0.05 in 28% of samples) was caused by the stimulant treatment. The most expressed preparation effect the essential indicators of yield structure: the spike

length, the spikelets number per spike, the grains number per spike, the grains weight in one spike was revealed. Plants foliar spraying with a protein growth stimulant caused an increase in total nitrogen in wheat leaves in 92% of samples by an average of 84.6%. According to the results of microfocus radiography and optical analysis, wheat grains had the best characteristics (compared to the control) when the protein stimulator was applicated. When the protein growth stimulant using, the helminthosporous root rot development intensity decreased by an average of 60%, powdery mildew – by 5% (by the spots number and area – by 36% and 52%, respectively), brown rust – by 2.9% (by the pustules number per leaf (by 76.8%) and the pustule area (by 79.7%)), wheat leaf blotch – by 15.9% compared to the control. It was revealed, the stimulant effectiveness strongly depended on the wheat variety. Thus, the new effective plant growth stimulator using prospects to increase wheat productivity and protect against diseases have been shown experimentally. Due to the heterogeneity of different experiment versions results it is advisable to continue the research.

Ключевые слова: *белковый стимулятор роста, мягкая пшеница, элементы продуктивности, болезни пшеницы, качество зерна, микрофокусная рентгенография, оптический анализ семян*

Key words: *protein growth stimulant, soft wheat, the productivity elements, wheat diseases, grain quality, microsofus X-ray, optical analysis of seeds*

Повышение урожаев и улучшение качества зерна пшеницы – важнейшая задача сельскохозяйственного производства. При этом необходимо совершенствовать технологии возделывания культуры, а, следовательно, изыскивать инновационные экологически обоснованные способы [1-5]. Увеличить продуктивность пшеницы и ее сопротивляемость к неблагоприятным условиям окружающей среды возможно за счет повышения адаптивного потенциала растений [6], в частности, при использовании специальных препаратов – стимуляторов роста и индукторов устойчивости растений к болезням [7-12].

Сейчас особый интерес уделяется изучению стимуляторов роста растений на основе аминокислот-содержащих комплексов [13-15]. Аминокислоты необходимы для протекания большинства биологических процессов в растениях, могут влиять на их адаптивный потенциал [15], например, на устойчивость к вредным организмам [16]. При применении белковых стимуляторов роста растение не затрачивает энергию на синтез аминокислот, получая их уже в готовом, легкоусвояемом виде. В последнее время в качестве стимуляторов роста и развития растений предложено применять белковые гидролизаты, получаемые из побочных продуктов переработки скота, в том числе из спилка говяжьего [17–20].

В процессе возделывания пшеница может подвергаться воздействию различных факторов. В результате зерно имеет определенные дефекты, определить которые возможно современными неразрушающими инструментальными физическими методами [21].

Цель настоящего исследования – обоснование перспективности использования белкового стимулятора роста из побочного продукта переработки крупного рогатого скота для повышения урожайности и качества зерна, снижения вредоносности возбудителей болезней пшеницы.

Методика. Место проведения работы – мегафакультет биотехнологий и низкотемпературных систем университета ИТМО, кафедра защиты и карантина растений, а также испытательная лаборатория экологического контроля объектов окружающей среды Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, сектор биофизики растений Агрофизического научно-исследовательского института. В экспериментах применяли белковый стимулятор роста [22], сырьем для производства которого служил спилок гольевой говяжий. Основное действующее вещество в препарате, оказывающее стимулирующее действие, – аминокислота глицин (1,20 микромоль/мг) в составе других аминокислот. Исследования выполнены в условиях опытного поля Пушкинских лабораторий федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Полевой опыт по определению влияния белкового стимулятора роста на продуктивность и интенсивность развития болезней пшеницы осуществлен на 25 образцах мягкой пшеницы ярового типа развития в 2017–2018 гг. Образцы предоставлены отделом генетических ресурсов пшеницы ВИР. Профилактическое опрыскивание пшеницы стимулятором роста проводили в 3-кратной повторности в фазы кущения, выхода в трубку, начала колошения. Концентрация водного раствора стимулятора составляла 195 мг/л.

Продуктивность пшеницы изучали в фазы колошения – цветения и созревания по 20 показателям, характеризующих морфологические признаки растений и структуру урожая [12]. Потенциальную (биологическую) урожайность единичного растения пшеницы рассчитывали в соответствии с данными о продуктивной кустистости и массе зерен колоса одного растения (г/растение). Поражение пшеницы болезнями характеризовали 16 показателями различных типов патогенеза, формируемых при развитии корневой гнили, бурой и желтой ржавчины, мучнистой росы и септориоза [11]. Использовали общепринятые визуальные шкалы учета развития болезней и дополнительно – комплекс фитопатологических показателей – число и площадь пятен с налетом (мучнистая роса); число пустул на лист, площадь пустулы (бурая ржавчина); число пустул (суммарное на лист), число полос с пустулами, длину полос с пустулами, площадь пустулы и их число в полосе (желтая ржавчина). В частности, число пустул видов ржавчины определяли методом их подсчета на листьях пшеницы с использованием микроскопа МБС-10. Размер пятен с налетом (мучнистая роса) и пустул (бурая ржавчина, желтая ржавчина), формируемых при патогенезе на листьях пшеницы, определяли на основании предположения об их эллиптической форме с помощью окулярного и объективного микрометров. Использование комплекса показателей патогенеза позволило расширить спектр методов статистического анализа данных, применимых к исследованию, и повысить точность опыта при определении биологической эффективности белкового стимулятора роста.

Для рентгенографического анализа зерна использовали передвижную рентгенодиагностическую установку ПРДУ–02 (фирма «Элте-Мед», Санкт–Петербург) и программное обеспечение для анализа изображений «Аргус-BIO» (фирма «АргусСофт», Санкт–Петербург). Методика получения и анализа цифровых рентгеновских изображений семян описана ранее [23]. Оптический анализ поверхности зерен выполняли с использованием серийного планшетного сканера EPSON Perfection V200 Photo (Япония/Китай) и программного обеспечения для анализа изображений «Аргус–BIO».

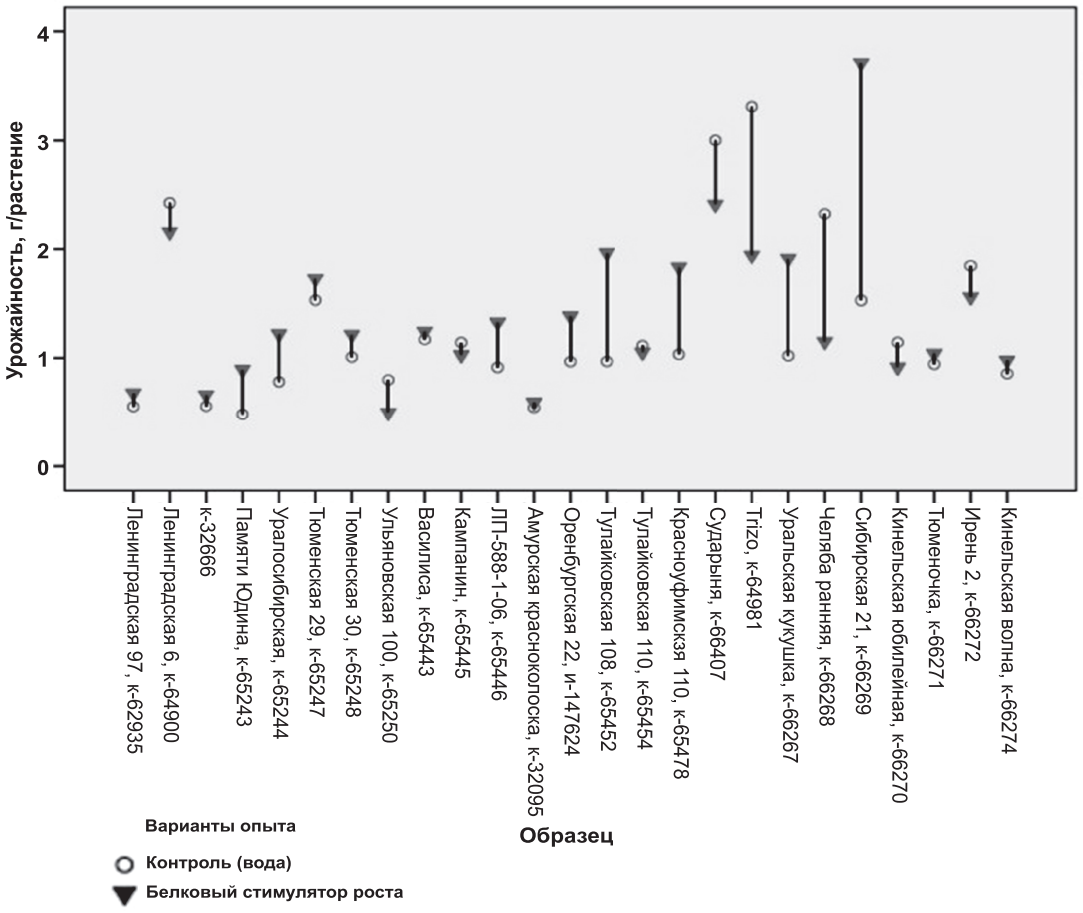


Рис. 1. Изменение потенциальной урожайности мягкой пшеницы при применении белкового стимулятора роста, 2016–2018 гг.

Методика получения и анализа цифровых сканированных изображений семян описана ранее [24].

Содержание во флаговых листьях мягкой пшеницы общего азота определяли в фазе начала цветения фотоэлектрометрическим методом (ГОСТ 10846–91). Статистический анализ результатов проведен в программах SPSS 21.0, Statistica 6.0, Excel 2016. При расчетах применяли методы параметрической статистики (на основе средних M и их стандартных ошибок ±SEM, 95% доверительных интервалов и t–критерия Стьюдента).

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследования провели сравнение показателей продуктивности пшеницы в вариантах при обработке белковым стимулятором роста и без обработки (контрольная группа). Согласно данным рис. 1, применение стимулятора роста повысило потенциальную урожайность у 64% образцов пшеницы (статистически достоверно, по критерию Стьюдента при P<0,05 у 28% образцов). В большей степени по сравнению с контрольными препарат влиял на биологическую урожайность 7 опытных сортов пшеницы: Уральская кукушка, к–66267 (на 87,9%, t=2,6); Сибирская 21, к–66269 (на 143,1%, t=4,5); Памяти Юдина, к–65243 (на 86,8%, t=2,8); Уралосибирская, к–65244 (на 56,4%, t=3,1); Оренбургская 22, к–147624 (на 43,2%, t=2,0); Тулайковская 108, к–65452 (на 103,0%, t=3,1); Красноуфимская 110, к–65478 (на 77,9%, t=2,9), где t – критерий Стьюдента.

В варианте с использованием стимулятора роста увеличились основные показатели продуктивности пшеницы: продуктивная кустистость – на 25,6% у 40% образцов (статистически достоверно у 8% образцов); общая кустистость – на 70,0% (у 52% образцов, статистически достоверно у 32%); длина колоса – на 14,7% (у 64% образцов, статистически достоверно у 40%); число колосков в колосе – на 12,8% (у 72% образцов, статистически достоверно у 36%); масса 1000 зерен – на 9,6% (у 76% образцов, статистически достоверно у 28%); масса колоса – на 262% (у 64% образцов, статистически достоверно у 8%); число зерен в колосе – на 27,1% (у 68% образцов, статистически достоверно у 40%); масса зерен одного колоса – на 29,0% (у 80% образцов, статистически достоверно у 44%).

Применение препарата ускорило развитие растений по фазам онтогенеза на 7,9% у 56% образцов (статистически достоверно у 4% образцов); увеличило высоту растений на 13,7% у 76% образцов; площадь флагового листа – на 17,4% у 60% образцов; площадь предфлагового листа – на 20,8% (у 32% образцов, статистически достоверно у 4%); число корней – на 21,5% (у 72% образцов, статистически достоверно у 16%); длину корней – на 0,53% у 52% образцов; число узловых корней – на 29,1% (у 60% образцов, статистически достоверно у 20%); длину узловых корней – на 18,0% у 68 % образцов; массу корней – на 46,9% (у 64% образцов, статистически достоверно у 12%); вегетативную массу – на 1,0% (у 92% образцов, статистически достоверно у 8%).

На рис. 2 приведены данные по изменению содер-

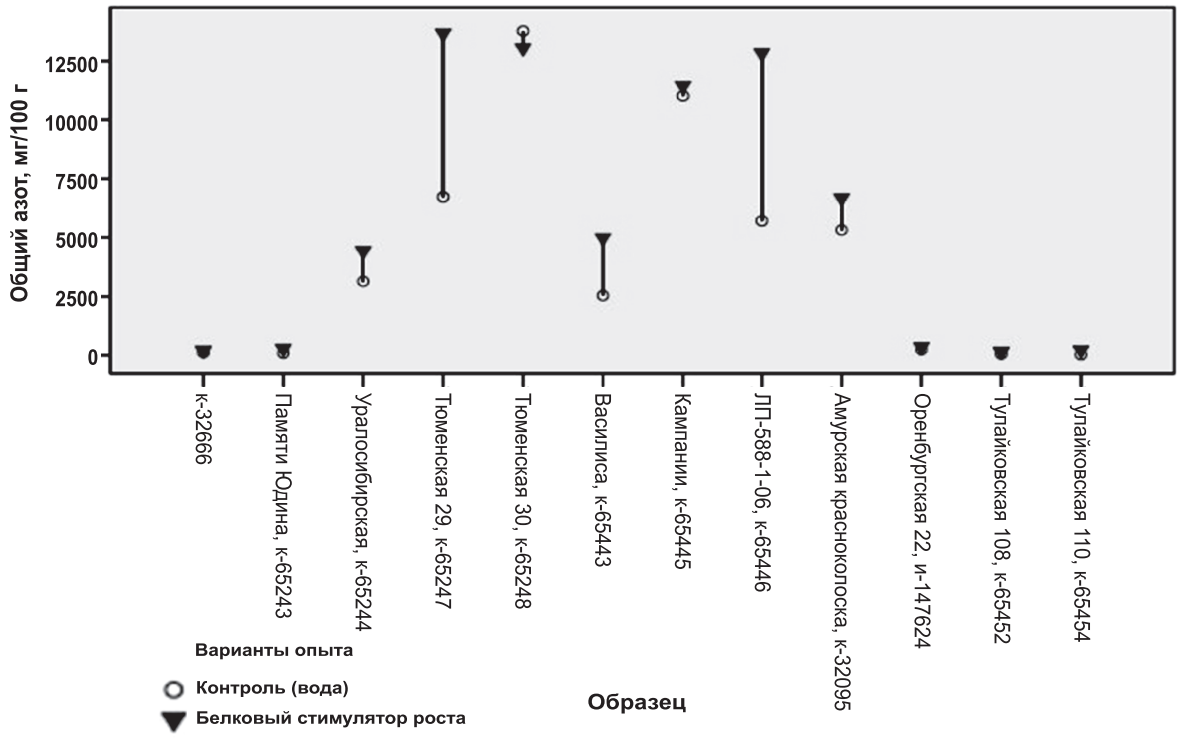


Рис. 2. Изменение содержания общего азота во флаговых листьях в фазе начала цветения пшеницы при применении белкового стимулятора роста, 2018 г.

жания общего азота во флаговых листьях 12 сортов пшеницы в фазе начала цветения при применении белкового стимулятора роста по сравнению с контролем. Следует отметить, что содержание общего азота во флаговых листьях пшеницы в период цветения существенно влияет на урожай этой культуры [25]. В ряде опытов прослеживалась тесная положительная связь между белковистостью зерна и содержанием азота во флаговых листьях, особенно при определении азота в фазы цветения – начала формирования зерна. Выявлена тесная отрицательная корреляция между концентрацией аминокислот в соке листьев пшеницы и концентрацией глиадинов и глютенинов, а также тесная положительная корреляция между концентрацией аминокислот в соке листьев и содержанием в зерне водорастворимых белков, глобулинов, неэкстрагируемых белков, а также активностью кислых и щелочных протеаз [26]. Внекорневое опрыскивание растений белковым стимулятором роста обусловило увеличение общего азота в листьях пшеницы у 92% образцов в среднем на 84,6%.

Методом микрофокусной (мягколучевой) рентгенографии определено влияние белкового стимулятора на оптические характеристики зерен, характеризующие их структуру и форму по сравнению с контрольной группой.

Метод не разрушает структуру семени, что позволяет рассматривать детали его внутреннего устройства и дефекты: аномалии развития, механические повреждения, поврежденность насекомыми и грибами. Характерно, что за счет низких показателей напряжения на рентгеновской трубке, применяемого при съемках, исключается вредное воздействие рентгеновского излучения на семена.

По результатам микрофокусной рентгенографии, в варианте с белковым стимулятором роста зерна пшеницы имели лучшие оптические характеристики по сравнению с контролем: существенно большую площадь проекции рентгенограмм (мм^2) – на 5,1% (у 80% образцов, статистически достоверно у 30%), длину (мм) – на 3,5% (у 50% образцов, статистически достоверно у 10%) и ширину (мм) – на 2,8% (у 80% образцов, статистически достоверно у 10%), увеличенный периметр (мм) – на 3,5% (у 70% образцов, статистически достоверно у 16%) и средний размер (мм) – на 2,5% (у 70% образцов, статистически достоверно у 10%). Они характеризовались большей округлостью (фактор круга, отн. ед.) – на 3,0% (80% образцов, статистически достоверно у 20%), большим отклонением яркости (ед. яркости) – на 4,8% (у 80% образцов, статистически достоверно у 30%), а также меньшими значениями: фактора эллипса (отн. ед.) – на 0,2% (у 80% образцов, статистически достоверно у 20% образцов); удлиненности (отн. ед.) – на 2,5% (70% образцов, статистически достоверно у 20% образцов), изрезанности контура изображения (отн. ед.) – на 69,3% (у 70% образцов, статистически достоверно у 30% образцов). Методом оптического анализа отмечен рост значений периметра зерен (мм) – на 1,9% (у 70% образцов), тона (отн. ед.) – на 1,9% (у 60% образцов, статистически достоверно у 10%), насыщенности (отн. ед.) – на 2,5% (у 70% образцов, статистически достоверно у 20%).

Таким образом, обработка растений пшеницы белковым стимулятором роста привела к выраженному увеличению размера зерен, их округлости и полноценности по сравнению с контрольной группой, определяемой этими показателями, в том числе большей площади, наличию неревномерных теней (отклонение яркости) на проекции рентгенограммы. Цифровые сканированные изображения зерен пшеницы, обработанных белковым стимулятором, выделялись большим

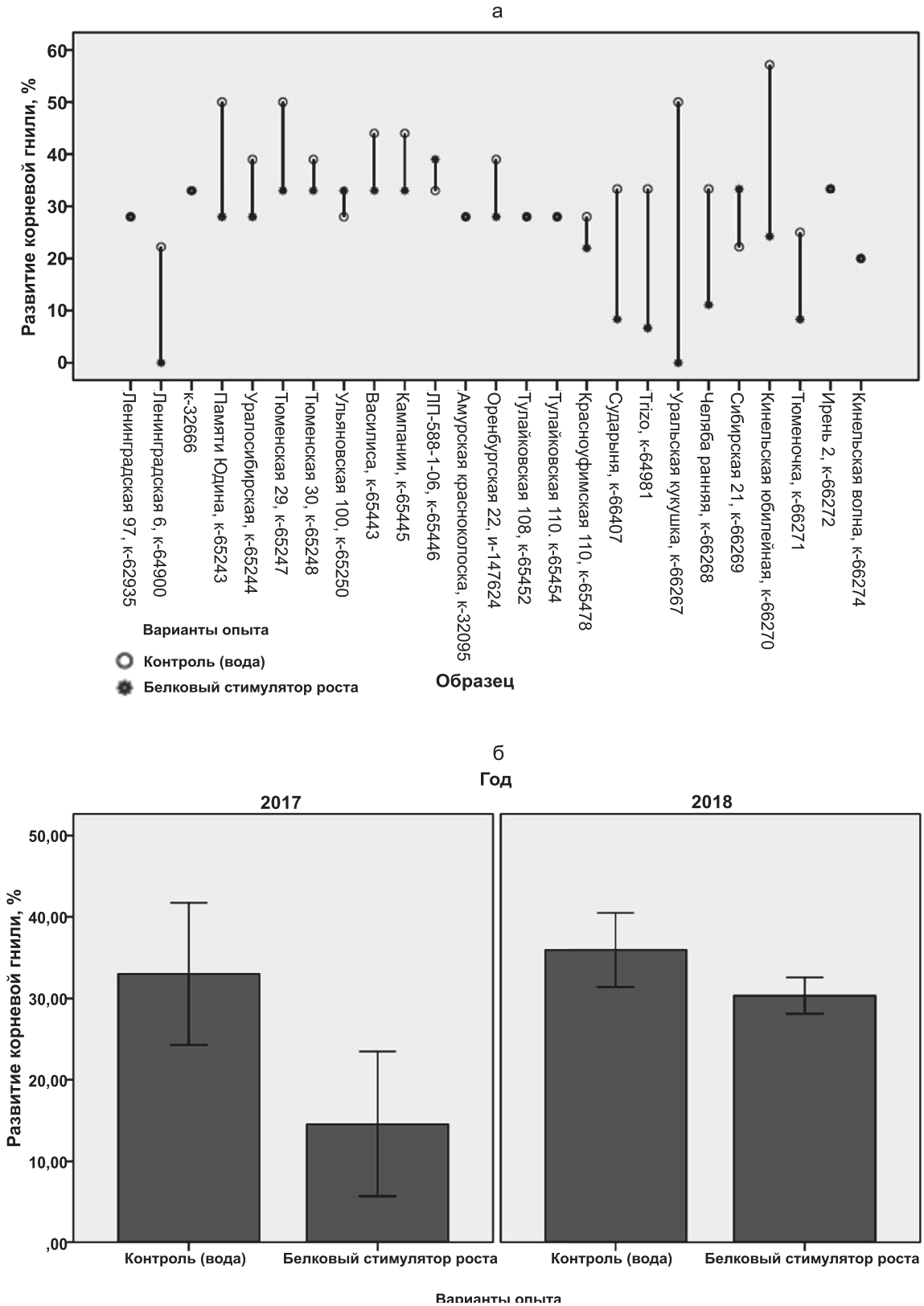


Рис. 3. Изменение интенсивности развития гельминтоспориозной корневой гнили при применении белкового стимулятора роста, 2017–2018 гг. (а – по каждому сорту, б – усредненные значения по вариантам).

разнообразием спектров яркости. Природа этих различий нуждается в дополнительном исследовании.

На втором этапе исследования провели сравнение показателей патогенеза пшеницы, формируемых при развитии возбудителей болезней в вариантах при обработке белковым стимулятором роста и без обработки (контрольная группа). На рис. 3 отражено изменение интенсивности развития гельминтоспориозной корневой гнили при применении белкового стимулятора роста. Методом микроскопического анализа идентифицирован гриб *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker, известный до недавнего времени как *Helminthosporium sativum* Pammel C.J. King et Bakke. Он способен инфицировать все надземные и подземные органы растения – хозяина и вызывает темно-бурую пятнистость листьев, гельминтоспориозную корневую гниль и черный зародыш семян.

При применении белкового стимулятора роста интенсивность развития гельминтоспориозной корневой гнили снизилась в среднем у 19,4% образцов пшеницы на 60% по сравнению с контролем (рис. 3), в большей степени на четырех сортах пшеницы: Сударыня, к–66407 (на 25%); Trizo, к–64981 (на 26,5%); Кинельская юбилейная, к–66270 (на 32%); Уральская кукушка, к–66267 (на 50%).

В варианте с применением белкового стимулятора роста на флаговых и предфлаговых листьях пшеницы развитие мучнистой росы, вызываемой узкоспециализированным грибом *Blumeria graminis f. sp. tritici* (Bgt), снизилось на 5% (у 40% образцов) при оценке показателя по общепринятой визуальной шкале и особенно существенно (на 11%) на сорте Тюменочка, к–66271. Однако подсчет числа пятен с налетом возбудителя выявил снижение показателя у 67% образцов в среднем на 36%, а анализ площади пятен с налетом возбудителя – у 61,1% образцов (статистически достоверно у 20%) на 52%. В большей степени площадь пятен с налетом этого возбудителя уменьшилась на сортах Тулайковская 110, к–65454 (на 45%); Кинельская волна, к–66274 (на 85,6%); Сударыня, к–66407 (на 84,8%); Кампанин, к–65445 (на 90,8%).

Развитие бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia recondita f. sp. tritici* Rob. ex Desm.), определенной по визуальной шкале, при внекорневом опрыскивании растений белковым стимулятором роста снизилось у 40% образцов незначительно – на 2,9%, а при точном подсчете числа пустул/лист у 40% образцов – на 76,8% (достоверно у 8% образцов). В основном препарат влиял на площадь пустулы, которая уменьшилась у 48% образцов на 79,7% (статистически достоверно у 24% образцов).

Септориоз также относится к особо вредоносным и распространенным заболеваниям пшеницы, потери урожая от которого могут достигать 30%. При анализе предфлаговых листьев пшеницы были идентифицированы два основных вида: *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano и *Septoria tritici* Roberge ex Desm. Применение белкового стимулятора роста способствовало снижению интенсивности развития септориоза на предфлаговых листьях пшеницы в среднем на 15,9% (у 72% образцов, статистически достоверно у 24%).

Таким образом, экспериментально показана перспективность использования нового белкового стимулятора роста и развития растений для повышения продуктивности и защиты пшеницы от болезней. Его эффективность в сильной степени зависела от сорта пшеницы. Вследствие неоднородности результатов различных вариантов эксперимента целесообразно дальнейшее продолжение исследований.

Литература

1. *Лимко Н.М., Коломиец С.Н. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 в зависимости от уровня минерального питания в условиях ЦРНЗ // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 7. – С. 12–14.*
2. *Технологии XXI века в агропромышленном комплексе России. – М: Россельхозакадемия. – 2011. – 328 с.*
3. *Корчагин В.А., Шевченко С.Н., Зудилин С.Н., Горянин О.И. Инновационные технологии возделывания полевых культур в АПК Самарской области: учебное пособие. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. – 192 с.*
4. *Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Тютерев С.Л., Нефедова Л.И. Новая парадигма развития защиты растений и ее концептуальное научно–практическое решение // Вестник защиты растений. – 2016. – Т. 89. – № 3. – С. 126–127.*
5. *Архипов М.В., Данилова Т.А., Павлюшин В.А., Синицына С.М., Пасынкова Е.Н., Тюкалов Ю.А. Пути и возможности фитосанитарной оптимизации агроэкосистем Северо–Западного региона России // Вестник защиты растений. – 2017. – № 2 (92). – С. 5–14.*
6. *Сидоров А.В., Федосенко Д.Ф., Голубев С.С. Селекция яровой мягкой пшеницы на адаптивность // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 3. – С.3–8.*
7. *Шевелуха В.С. Регуляторы роста растений. – М.: Агропромиздат, 2010. – 175 с.*
8. *Кефели В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. – М.: Наука, 2014. – 253 с.*
9. *Тютерев С.Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам // Вестник защиты растений. 2015. – Т.1. – №83. – С. 3 – 13.*
10. *Шаповал О.А., Можарова И.П., Барчукова А.Я., Коршунов А.А., Мухина М.Т., Лазарева А.С., Грабовская Т.Ю., Крутяков Ю.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур: Монография. – М.:ВНИИА, 2015.– 350 с.*
11. *Колесников Л.Е., Новикова И.И., Сурин В.Г., Попова Э.В., Приняткин Н.С., Колесникова Ю.Р. Оценка эффективности совместного применения хитозана и микробов–антагонистов в защите яровой мягкой пшеницы от болезней с использованием спектрометрического анализа // Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – Т. 54 – № 5. – С. 1–8.*
12. *Колесников Л.Е., Попова Э.В., Новикова И.И., Приняткин Н.С., Архипов М.В., Колесникова Ю.Р., Потрахов Н.Н., Van Duijn B., Гусаренко А.С. Совместное использование штаммов микроорганизмов и хитозановых комплексов для повышения урожайности пшеницы (Triticum aestivum L.)// Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 5. – С. 1024–1040.*
13. *Sudisha J., Arun Kumar, Kestur N. Amruthesh, Siddapura R. Niranjana, Hunthrike Shekar Shetty Elicitation of resistance and defense related enzymes by raw cow milk and amino acids in pearl millet against downy mildew disease caused by Sclerospora graminicola // Crop Protection. – 2011. – V. 30(7). – P. 794–801. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.02.010.*
14. *Yi–Zhou Che, Yu–Rong Li, Hua–Song Zou, Li–Fang Zou, Bing Zhang, Gong–You Chen. A novel antimicrobial protein for plant protection consisting of a X–anthomonas oryzae harpin and active domains of cecropin A and melittin // Microbial Biotechnology. – 2011. – V.4. – P. 777–793. doi:10.1111/j.1751–7915.2011.00281.x*
15. *Salwa A.R. Hammad, Osama A.M. Ali Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat*

plants by application of amino acids and yeast extract // Annals of Agricultural Sciences. – 2014. – V. 59(1). – P. 133–145. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2014.06.018.

16. *Wang S., Bao L., Song D., Wang J., Cao X., Ke S. Amino acid–oriented poly–substituted heterocyclic tetramic acid derivatives as potential antifungal agents // European Journal of Medicinal Chemistry. – 2019. – V.179. –P. 567–575. https:// doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.078.*
17. *Куцакова В.Е., Кременевская М.И., Добрягин Р.В., Калинина О.А., Павлова А.И. Использование белковых стимуляторов из побочных продуктов мясопереработки для нужд естественных кормовых угодий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 107–112.*
18. *Байдакова М.В., Ситникова В.Е., Успенская М.В., Кременевская М.И., Соснина О.А., Лебедева Т.В. Методы синтеза и исследование свойств акриловых композитов на основе белкового наполнителя «Биостим» // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2017. – № 4. – С. 13–19.*
19. *Кременевская М.И., Колесников Л.Е., Разумова И.Е. Влияние белкового стимулятора из спилка крупного рогатого скота на элементы продуктивности пшеницы и интенсивность развития болезней // Известия Санкт–Петербургского государственного аграрного университета – 2018. – № 4(53). – С. 80–87.*
20. *Baidakova M., Sitnikova V., Uspenskaya M., Olekhnovich R., Kremenevskaya M.Baidakova M. Polymer acrylic hydrogels with protein filler: Synthesis and characterization // Agronomy Research – 2019. – Vol. 1. – N. 17. – P. 913–922.*
21. *Архипов М.В., Великанов Л.П., Желудков А.Г., Гусакова Л.Г., Алферова Д.В., Потрахов Н.Н., Прияткин Н.С. Возможности биофизических методов в агрофизике и растениеводстве // Биотехносфера. – 2013. – № 6 (30). – С. 40–43.*
22. *Патент № 2533037 РФ: МПК C 05 F 1/00, A 01 N 33/00. Способ получения белкового стимулятора роста и развития растений / В. Е. Куцакова , С. В. Фролов , М. И. Кременевская , В. И. Марченко – № 201334879/13; заявл. 24.08.2013; опубл. 20.11.2014. Бюл. № 32. – 6 с.*
23. *Архипов М.В., Прияткин Н.С., Гусакова Л.П., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю., Бессонов В.Б., Ободовский А.В., Староверов Н.Е. Рентгеновские компьютерные методы исследований структурной целостности семян и их значение в современном семеноведении // Журнал технической физики. – 2019. – Т.89. – №4. – С. 627–638. DOI: 10.21883/JTF.2019.04.47324.170*
24. *Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Архипов М.В., Щукина П.А., Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур // Картофель и овощи. – 2018. – №6. – С.35–37. РИНЦ, ВАК DOI: 10.25630/PAV.2018.6.18234*
25. *Пасынкова Е.Н., Завалин А.А., Пасынков А.В. Содержание сахаров и общего азота в яровой пшенице по фазам вегетации как диагностические показатели функционального состояния растений // Достижения науки и техники АПК. – № 1. – 2013. – С.8–11.*
26. *Новиков Н.Н. Новый метод диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна пшеницы // Известия ТСХА. ¬– 2017. – Вып. 5. – С.29–40.*

Поступила в редакцию 21.01.20
После доработки 10.02.20
Принята к публикации 15.02.20

УДК 632.951 / .952 DOI:10.31857/S2500262720030072

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ИНСЕКТОФУНГИЦИДОВ

М.Н. Шорохов[1,2], кандидат биологических наук, **Н.Г. Петрова[1], В.И. Долженко[1],** академик РАН

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3
[2]Инновационный центр защиты растений, 196607, Санкт-Петербург-Пушкин, ул. Пушкинская, 20 А
E-mail: deim1989@yandex.ru

Представлены основные направления совершенствования химического метода защиты растений, в том числе развитие и совершенствование перспективной группы препаратов – инсектофунгициды. Целью нашей работы был качественный и количественный анализ ассортимента инсектофунгицидов с 2009 по 2018 г., представленный в Каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Дана характеристика таких препаратов. Приведены сведения о действующих веществах, входящих в состав инсектофунгицидов, и их краткая характеристика, спектр действия, особенности. Показана перспективность развития комбинированных препаратов как направления совершенствования ассортимента средств защиты растений, в том числе с инсектицидными и фунгицидными свойствами. Освещены тенденции изменения ассортимента инсектофунгицидов. За счет применения этих комбинированных препаратов существует возможность снижения их нормы, токсической нагрузки и стабилизации продолжительности действия на важнейших сельскохозяйственных культурах против наиболее опасных вредителей и болезней. С помощью данной группы препаратов показана вероятность сохранения урожая сельскохозяйственных культур, который будет соответствовать санитарно-гигиеническим нормативам при минимальном воздействии на объекты агроценоза.

IMPROVING THE RANGE OF INSECTOFUNGICIDES

Shorokhov M.N.[1,2] , Petrova N.G.[1], Dolzhenko V.I.[1]

[1]All-Russian Research Institute of Plant Protection, 196608, Sankt- Peterburg-Pushkin, shosse Podbelskogo, 3
[2]Innovative Center for Plant Protection, 196607, Sankt- Peterburg-Pushkin, ul. Pushkinskaya, 20 A
E-mail: deim1989@yandex.ru

The main directions of improvement of the chemical method of plant protection, including the development and improvement of such a promising group of drugs as insectofungicides, are presented. The purpose of our work was a qualitative and quantitative analysis of the range of insectofungicides for the period from 2009 to 2018, presented in the Catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation (hereinafter the catalog). The characteristic of such preparations presented in the Catalogue was given. Information about the active substances that are part of insectofungicides and their brief characteristics, spectrum of action, distinctive features are given. The prospects for the development of combined drugs as a direction of improving the range of plant protection products, including insecticidal and fungicidal properties, are shown. The article also highlighted the trends in the range of insectofungicides. Due to the use of such combined drugs, it is possible to reduce the rate of application, toxic load and stabilize the duration of the protection on the most important crops when they are used against the most dangerous pests and diseases. Thus, with the help of this group of drugs, the probability of preserving the crop yield, which will meet sanitary and hygienic standards with minimal impact on the objects of agrocenosis, is shown.

Ключевые слова: *инсектофунгициды, ассортимент, препараты*

Key words: *insecticofungicides, assortment, preparations*

В современной защите растений существенная роль отводится химическому методу. Основные направления эволюции этого метода – развитие ассортимента средств защиты растений, а именно: количественное и качественное увеличение как химических классов, так и отдельных препаратов; снижение нормы их применения, токсичности и, как следствие, экологической нагрузки на окружающую среду; модернизация препаративных форм, которая позволяет упростить транспортировку, хранение и использование средств защиты; появление препаратов для защиты малообеспеченных культур; разработка новых способов и технологий применения препаратов.

Стратегия развития ассортимента препаратов для защиты сельскохозяйственных культур направлена на повышение их эффективности, а также экологической безопасности для агроценоза, что обеспечивает получение качественной продукции. При этом одним из приемов могут быть обработка посевного и посадочного материала комбинированными препаратами с инсектицидными и фунгицидными свойствами, которая дает возможность защищать растения против вредителей и болезней с максимальным эффектом при минимально низком отрицательном влиянии на окружающую среду [1-4]. Такой прием позволяет несколько стабилизировать продолжительность действия за счет комбинации действующих веществ с фунгицидной и инсектицидной активностью. В настоящее время в состав инсектофунгицидов с фунгицидным действием входят действующие вещества из химических групп: фенилмочевины (пенцикурон), ацилаланины из класса фенламидов (мефеноксам или металаксил-М); фенилпирролы (флудиоксонил); дигидро-диоксозины (флуоксастробин) и метоксиакрилаты (азоксистробин) из класса стробилуринов; триазолы (пропиконазол, тебуконазол, дифеноконазол, тритиконазол, ципроконазол); триазолинтионы (протиоконазол); имидазолы (имазалил, прохлораз); бензамиды (флуопиколид); бензимидазолы (тиабендазол) и пиразол-карбоксамиды (пенфлуфен, седаксан) [5-8], а также действующие вещества с инсектицидной активностью: имидаклоприд, тиаметоксам, клотианидин, ацетамиприд.

Методика. Анализ современного ассортимента инсектофунгицидов проведен на основе экспериментальных исследований ученых Центра биологической

регламентации использования пестицидов (Всероссийский НИИ защиты растений и Инновационный центр защиты растений) в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве (2009 г.); а также Методическими указаниями по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (2009 г.); Методическими указаниями по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности (2018 г.); Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации за 2009-2018 гг. (далее Каталог).

Характеристика действующих веществ препаратов приведена по книгам В.В. Захарычева [5], С.Л. Тютерева [6], The Pesticide Manual [7], Ассортимент химических средств защиты растений нового поколения (инсектициды, акарициды, моллюскоциды, родентициды (2009).

Результаты и обсуждение. За последние 10 лет выявлена тенденция к общему увеличению инсектофунгицидов – более чем в 20 раз по сравнению с 2009 г. Наряду с двухкомпонентными появились трех- и четырехкомпонентные препараты, при этом количество препаративных форм менялось слабо. Количество химических классов инсектицидных компонентов не увеличивалось в связи с тем, что все вещества, входящие в состав инсектофунгицидов, принадлежали к одной химической группе неоникотиноидов. По фунгицидным компонентам прослеживалась четкая тенденция к увеличению не только количественного, но и качественного состава. К 2018 г. в Каталоге уже были представлены инсектофунгициды на основе 17 действующих веществ, принадлежащих к 10 химическим группам (табл. 1).

В 2009 г. был зарегистрирован единственный инсектофунгицид Престиж, КС – концентрат суспензии (140 г/л имидаклоприда + 150 г/л пенцикурона) на картофеле в борьбе с проволочниками, колорадским жуком и тлями, ризоктониозом и паршой обыкновенной. Имидаклоприд – системный инсектицид контактного и кишечного действия. Взаимодействуя с никотинацетилхолиновыми рецепторами постсинаптических мембран нервных клеток насекомых, он нарушает передачу нервных импульсов. При проникновении в растение передвигается акропетально, хорошо защищает корневую систему, контролирует насекомых с сосущим и грызущим ротовым аппаратом, в том числе обитающих в почве. Пенцикурон – контактный фунгицид с защитным действием. Важная его особенность – действует преимущественно в отношении *Rhizoctonia solani*, даже несмотря на имеющиеся расы этого гриба, не чувствительные к нему [5, 7].

В 2010 г. в Каталоге появился препарат Круйзер Рапс, КС (280 г/л тиаметоксама + 32,3 г/л мефеноксама + 8 г/л флудиоксонила), рекомендованный для защиты рапса от крестоцветных блошек, «чёрной ножки», корневых гнилей, плесневения семян, альтернариоза и фомоза. Тиаметоксам как компонент этого препарата действует по аналогии с имидаклопридом и активен в том числе в отношении некоторых видов чешуекрылых. Мефеноксам – оптический изомер металаксила, обладает системными свойствами со способностью передвигаться по растению не только акропетально, но и базипетально. Флудиоксонил, входящий в состав препарата, обладает широким спектром фунгицидной активности, за исключением оомицетов. Формирует стойкие соединения в почве, которые могут быть неподвижными [5-7].

В 2013 г. в Каталог включили четырехкомпонентный инсектофунгицид Сценик Комби, КС (250 г/л клотианидина + 37,5 г/л флуоксастробина + 37,5 г/л протиоконазола + 5 г/л тебуконазола), который был рекомендован в борьбе с хлебной жужелицей, пшеничной мухой, головневыми заболеваниями, корневыми гнилями, плесневением семян и некоторыми пятнистостями на ячмене и пшенице. Клотианидин, входящий в состав этого препарата, обладает системными свойствами и служит для контроля сосущих и грызущих вредителей. Флуоксастробин – системный фунгицид с защитными и лечебными свойствами, акропетально передвигается по растению и медленно деградирует в аэробных условиях в почве. Протиоконазол как системный фунгицид с защитным, лечебным и искореняющим действием, продолжительной активностью используют против широкого спектра патогенов зерновых культур. Протиоконазол и его метаболиты обладают низким потенциалом к накоплению и выщелачиванию. Тебуконазол, входящий в состав этого инсектофунгицида, является системным фунгицидом против широкого спектра патогенов на многих сельскохозяйственных культурах. Обладает защитным, лечебным и искореняющим действием. До 5-6 недель может сохраняться в почве, маломобилен и практически не проникает в глубокие почвенные горизонты [5-7].

В 2014 г. ассортимент инсектофунгицидов был пополнен двумя аналогами Престижа, КС: препаратами Респект, КС и Батор, КС. Против аналогичного спектра вредных объектов на картофеле в этом году включен в Каталог трехкомпонентный препарат Селест Топ, КС (262,5 г/л тиаметоксама + 25 г/л дифеноконазола + 25 г/л флудиоксонила). Дифеноконазол, входящий в его состав – системный фунгицид широкого спектра действия. Обладает защитным и лечебным действием. При попадании в растение акропетально передвигается по нему. В почве практически не подвижен, сильно адсорбируется почвенными частицами и обладает низким потенциалом к выщелачиванию и переносу в нижние почвенные горизонты [5-7].

Табл. 1. Количественный и качественный состав инсектофунгицидов в Каталоге, 2009-2018 гг.

Показатель	Год									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Общее количество	1	2	2	2	4	7	10	14	18	21
Количество д.в. инсектицид/фунгицид	1/1	2/3	2/3	2/3	3/6	3/7	3/7	3/10	3/14	4/17
Количество препаративных форм	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Анализ по составу д.в.:										
2- компонентные	1	1	1	1	2	4	6	8	10	10
3- компонентные	-	1	1	1	1	2	3	5	7	9
4- компонентные	-	-	-	-	1	1	1	1	1	2
Химический класс инсектицид/фунгицид	1/1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/7	1/9	1/10

В 2015 г. в Каталоге зарегистрировано уже 5 препаратов – аналогов Престижу, КС против аналогичного спектра вредных организмов на картофеле. В этом же году его пополнили препараты Ректор, КС и Имидашанс ПРО, КС. Кроме того, ассортимент инсектофунгицидов против комплекса вредителей и болезней пшеницы дополнен препаратом Дивиденд Суприм, КС (92,3 г/л тиаметоксама + 36,92 г/л дифеноконазола + 3,68 г/л мефеноксама), который эффективен против головневых заболеваний, корневых гнилей, септориоза, мучнистой росы, хлебной жужелицы, блошек, цикадок и злаковых мух

С 2016 г. возрастало количество инсектофунгицидов в Каталоге. Против болезней и вредителей зерновых культур (пшеница и ячмень яровые и озимые) в 2016 и 2017 гг. было зарегистрировано 6 инсектофунгицидов, в числе которых препарат Туарег, СМЭ – суспензионная масляная эмульсия (28 г/л имидаклоприда + 34 г/л имазалила + 20 г/л тебуконазола) на основе инновационной нанопрепаративной формы и Кинг Комби, КС (100 г/л ацетамиприда + 34 г/л флудиоксонила + 8,3 г/л ципроконазола). Имазалил как составной компонент препарата Туарег, СМЭ – системный фунгицид широкого спектра действия. Не эффективен против оомицетов, но влияет на аскомицеты. Обладает защитным и лечебным действием. Ацетамиприд, входящий в состав препарата Кинг Комби, обладает действием, аналогичным другим веществам из группы неоникотиноидов. Контролирует численность тлей, трипсов и чешуекрылых широкого спектра сельскохозяйственных культур. Медленно деградирует в растениях. Ципроконазол характеризуется системным, защитным, лечебным и искореняющим действием, сходен по передвижению по растению с другими типичными триазолами. При обработке семян эффективен в низких концентрациях против всех видов головни, в том числе внутрисеменной инфекции пыльной головни; имеет более широкий спектр действия, чем другие триазолы. В почве деградирует умеренно быстро, не обладает потенциалом к аккумуляции и выщелачиванию [5-7]. В Каталог также вошел еще один аналог Престижа, КС под названием Клубнещит, КС. Для защиты картофеля от широкого спектра вредных организмов также зарегистрирован препарат Эместо Квантум, КС (207 г/л клотианидина + 66,5 г/л пенфлуфена). В отличие от препарата Престиж, КС он действует и против парши серебристой. Пенфлуфен, согласно данным производителя, оказывает на всходы картофеля сильное ростстимулирующее и физиологическое воздействие. Исследования показали, что препарат защищает и маточный клубень, и новые побеги, а, следовательно, растение от всех форм ризоктониоза (клубней, столонов, ростков). Период защитного действия составляет вегетационный период [9].

В 2017 г. против болезней и вредителей рапса был зарегистрирован инсектофунгицид Модесто Плюс, КС (300 г/л клотианидина + 120 г/л флуопиколида + 90 г/л азоксистробина) против корневых гнилей, плесневения семян, альтернариоза и крестоцветных блошек. Флуопиколид, принадлежащий к новому классу фунгицидов (производные бензоилмочевины или бензамиды), – контактно-системный фунгицид, не обладающий выраженным лечебным действием, поэтому этот препарат следует применять профилактически. В основном он активен против оомицетов [5, 10]. В почве возможен распад молекулы флуопиколида с образованием метаболитов, токсичность которых ниже, чем родительское соединение. Азоксистробин – фунгицид с защитным, лечебным, искореняющим и системным свойствами против широкого спектра патогенов на многих сельскохозяйственных культурах. Важное условие поддержания эффективности его действующего вещества – ограничение числа обработок, а также применение с другими фунгицидами или в смеси с действующими веществами из других химических групп, например, с триазолами. Хорошая защита при низких нормах применения этого вещества обеспечивается его высокой эффективностью и отсутствием перекрестной устойчивости грибов к нему [5-7]. В этом году Каталог пополнил еще один аналог Престижа, КС под названием Покровитель, КС со сходным спектром активности. Имикар, КС (280 г/л имидаклоприда + 80 г/л тиабендазола) также зарегистрирован на картофеле против проволочников, тлей, колорадского жука и парши. Тиабендазол – системный фунгицид с защитным и лечебным действием, формирующий защитную пленку на обработанной поверхности клубней. Его применяют главным образом против патогенов, проявляющихся в период хранения [6, 7].

В 2018 г. препарат Селест Топ, КС рекомендован для защиты рапса против аналогичного спектра вредных объектов, что и у препарата Модесто Плюс, КС, а также против рапсового пилильщика, стеблевого и капустного скрытнохоботника. Сфера применения этого препарата была расширена на рисе против рисового комарика, злаковых тлей, корневых гнилей, пирикуляриоза и плесневения семян. Ассортимент инсектофунгицидов на картофеле постоянно совершенствуется и в настоящее время разрешено к использованию 11 препаратов.

К 2018 г. общее количество инсектофунгицидов увеличилось до 21. Ассортимент уже дополнили такие препараты, как Квестор, КС (300 г/л тиаметоксама + 50 г/л тритиконазола); Селест Макс, КС (125 г/л тиаметоксама + 25 г/л флудиоксонила + 15 г/л тебуконазола) против хлебных жуков, мух, блошек, цикадок и проволочников, головневых заболеваний, корневых гнилей, некоторых пятнистостей, снежной плесени и плесневения семян пшеницы и ячменя; Селест Топ, КС (262,5 г/л тиаметоксама + 25 г/л дифеноконазола + 25 г/л флудиоксонила), сфера применения которого расширилась в 2016 г. против хлебной жужелицы, блошек, хлебных мух, головневых заболеваний, корневых гнилей, снежной плесени и семенной инфекции пшеницы и ячменя; Вайбранс Интеграл, КС (175 г/л тиаметоксама + 25 г/л седаксана + 25 г/л флудиоксонила + 10 г/л тебуконазола; Круйзер Рапс, КС (280 г/л тиаметоксама + 32,3 г/л мефеноксама + 8 г/л флудиоксанила) и другие.

Вайбранс Интеграл, КС – новый инсектофунгицид для обработки семян и контроля большого количества патогенов из класса аскомицетов и оомицетов. Его применяют против болезней многих сельскохозяйственных культур, преимущественно против почвенной и семенной инфекции [11, 12]. Препарат зарегистрирован против головневых заболеваний, корневых гнилей и плесневения семян пшеницы озимой и ячменя ярового, а также против хлебных жуков, проволочников, цикадок, мух и блошек.

Четырехкомпонентный инсектофунгицид Квартет, КС (150 г/л ацетамиприда + 100 г/л прохлораза + 39 г/л протиоконазола + 39 г/л азоксистробина) был зарегистрирован против хлебной жужелицы, злаковых мух и блошек пшеницы и ячменя. В 2018 г. против заболеваний этот препарат был только на стадии испытаний. Прохлораз – системный фунгицид, селективный в отношении аскомицетов и дейтеромицетов с защитным и искореняющим действием против широкого спектра болезней сельскохозяйственных культур и газонов. Протиоконазол – системный фунгицид с защитным,

Табл. 2. Количество инсектофунгицидов, разрешенных к применению на разных культурах, 2009-2018 гг.

Культура	Год									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Пшеница озимая	-	-	-	-	1	1	2	5	6	8
Пшеница яровая	-	-	-	-	1	1	2	5	6	8
Ячмень озимый	-	-	-	-	1	1	1	4	5	8
Ячмень яровой	-	-	-	-	1	1	1	4	5	8
Картофель	1	1	1	1	2	5	7	9	11	11
Рапс озимый	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3
Рапс яровой	-	1	1	1	1	1	1	1	2	3
Рис	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

лечебным и искореняющим действием против широкого спектра патогенов зерновых культур [5, 7].

В табл. 2 показано изменение ассортимента инсектофунгицидов с 2009 по 2018 г. по культурам. Первый такой препарат зарегистрирован в 2009 г. для защиты картофеля и к 2018 г. наибольшее их количество приходилось на эту культуру. С 2010 г. такие комбинированные препараты начали появляться и для защиты рапса, однако рост их количества был не столь значительным – лишь 3 наименования в 2018 г. В этом же году отмечен и первый инсектофунгицид для защиты риса. Препараты с инсектицидными и фунгицидными свойствами стали появляться и для обработки семян зерновых культур (преимущественно пшеницы и ячменя). В Каталоге 2018 г. представлено уже 8 препаратов для защиты этих культур от комплекса вредных организмов.

Анализ ассортимента комбинированных препаратов с 2009 по 2018 г. позволил выявить его увеличение за этот период более чем в 20 раз. Практически все препараты созданы на основе инсектицидов из группы неоникотиноидов и фунгицидов из 10 химических классов на основе препаративной формы в виде концентрата суспензии (КС). Инсектофунгициды зарегистрированы против ряда вредных организмов в основном на картофеле и зерновых культурах (пшеница и ячмень).

Таким образом, одним из перспективных направлений совершенствования ассортимента средств защиты растений служит комбинирование в одном препарате действующих веществ с инсектицидными и фунгицидными свойствами. В последнее время этот процесс активизировался. При этом удается снизить нормы применения препаратов, их токсическую нагрузку и одновременно повысить начальную эффективность и стабилизировать продолжительность действия при экологической безопасности для агроценоза [13-18]. Это обеспечивает получение высококачественной продукции как конечной цели всех мероприятий по защите растений.

Литература

1. *Долженко В.И. Совершенствование ассортимента инсектицидов и технологий их применения для защиты картофеля от вредителей // Агрохимия. – 2009. – № 4. – С. 43-54.*
2. *Кудашов А.А., Долженко О.В. Новый инсектофунгицид Престиж в борьбе с колорадским жуком на картофеле в Ленинградской области // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. – СПб.: СПбГАУ, 2008. – С. 74-77.*
3. *Khilevsky V.A., Shorokhov M.N., Dolzhenko V.I. Effective Preparations of Protection of Winter Wheat against Main Pests in Conditions of the Precaucasian Steppe Zone // Russian Agricultural Sciences. – 2016. – Vol. 42. – N. 5. – P. 332–338.*
4. *Shorokhov M.N., Dolzhenko V.I. Phytosanitary means of pest control in grain crops // Russian Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 44. – N. 5. – P. 32–35.*
5. *Захарыче В.В. Грибы и фунгициды. – СПб.: Лань, 2019. – 272 с.*
6. *Тютерев С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы. – СПб.: ИПК «Нива», 2010. – 172 с.*
7. *The Pesticide Manual / under edition C D S Tomlin // Thirteenth Edition. - UK, BCPC, 7 Omni Business Centre, Omega Park, Alton, Hampshire, GU34 2 QD, 2003. – 1344 p.*
8. *FRAC Code List ©*2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering) [Электронный ресурс]: режим доступа: [accessed 29 Aug 2019].*
9. *Пенфлуфен [Электронный ресурс]: режим доступа: http://www.pesticidy.ru/active_substance/penflufen [accessed 30 Aug 2019].*
10. *Флуопиколид [Электронный ресурс]: режим доступа: https://www.cropscience.bayer.ru/fluopikolid [accessed 30 Aug 2019].*
11. *Sedaxan [Электронный ресурс]: режим доступа: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation12/Sedaxane.pdf [accessed 02 Sept 2019].*
12. *Sedaxan [Электронный ресурс]: режим доступа: https://www.mda.state.mn.us/sites/default/files/inline-files/nair-sedaxane.pdf [accessed 02 Sept 2019].*
13. *Филипас А.С. Обработка клубней инсектофунгицидом Престиж - эффективный способ защиты картофеля // Картофель и овощи. – 2009. – № 1. – С. 31.*
14. *Хилевский В.А. Экологическая безопасность применения инсектицидов и инсектофунгицидов в борьбе с вредителями озимой пшеницы // Актуальные вопросы науки. – 2015. – № 21. – С. 21-24.*
15. *Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю., Кекало А.Ю., Немченко В.В. Инсектофунгициды на зерновых культурах // Современное состояние и перспективы развития АПК. Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2016. – С. 196-199.*
16. *Амелюшкина Т.А., Семешкина П.С., Ульяненко Л.Н. Престиж на семенном картофеле // Защита и карантин растений. – 2011. – № 2. – С. 21-22.*
17. *Долженко О.В., Кривченко О.А., Киндрат М.В. Кинг Комби для защиты картофеля // Защита и карантин растений. – 2017. – № 9. – С. 24-25.*
18. *Лаптиев А.Б., Кунгурцева О.В. Средства защиты посевов озимых зерновых культур на ранних этапах их развития // Защита и карантин растений. – 2016. – № 2. – С. 20-23.*

Поступила в редакцию 17.12.19
После доработки 10.01.20
Принята к публикации 30.01.20

Агрохимия. Почвоведение

УДК 633.11:631.8 DOI:10.31857/S2500262720030084

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ*

А.А. Алферов, доктор биологических наук,
Л.С. Чернова, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова,
127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а
E-mail: alferov72@yandex.ru

Представлены результаты исследований влияния биопрепаратов на основе ризосферных микроорганизмов на урожайность зерна яровой пшеницы на разных фонах минерального питания в условиях дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Установлено, что по сравнению с фоном ($P_{45}K_{45}$) инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратами обеспечивает прибавку урожайности зерна до 30%, а азотное удобрение в дозе N_{45} – в 2 раза, в дозе N_{90} – в 3,5 раза. Сбор сырого белка за счет улучшения азотного питания возрастал при внесении N_{45} в 2 раза, N_{90} – в 3,6 раза, при применении биопрепаратов – на 25-45%. Большая часть потребленного азота накапливалась в зерне, меньше – в соломе. В зерне яровой пшеницы при улучшении обеспеченности растений азотом в период вегетации содержалось 76-81% этого элемента от накопленного урожаем. Сделан вывод о том, что применение биопрепаратов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве положительно влияет на рост массы зерна яровой пшеницы, улучшает качество получаемой продукции, увеличивает окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая.

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZERS AND BIOPREPARATIONS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN

Alferov A.A., Chernova L.S.

All-Russian Research Institute of Agrochemistry named D.N. Pryanishnikov,
127434, Moskva, ul. Pryanishnikova, 31 a
E-mail: alferov72@yandex.ru

The results of research on the influence of biologics based on rhizosphere microorganisms on the yield of spring wheat grain on different backgrounds of mineral nutrition on sod-podzolic light-loamy soil are presented. It was found that inoculation of spring wheat seeds with biologics provides an increase in grain yield by 1.2-1.3 times, and nitrogen fertilizer at a dose of N45-2 times, at a dose of N90-3.5 times. The collection of raw protein due to the improvement of nitrogen nutrition increases with the introduction of N45 by 2 times, with N90 – by 3.6 times, with the use of biological products-by 25-45%. The vast majority of the nitrogen consumed accumulated in the grain, less in the straw. The grain of spring wheat, while improving the supply of nitrogen to plants during the growing season, contained 76-81% of this element from the accumulated harvest. It is concluded that the use of biologics on sod-podzolic light- loamy soil has a positive effect on the growth of spring wheat grain mass, improve the quality of products, increase the payback of mineral fertilizers by increasing the yield.

Ключевые слова: *яровая пшеница, микробные препараты, биопрепараты, азотные удобрения, сырой белок, масса зерна*

Key words: *spring wheat, microbial preparations, biopreparations, nitrogen fertilizers, raw protein, grain weight*

В современных условиях развития сельского хозяйства России при широком использовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия и снижении по сравнению с 1990 г. применения минеральных удобрений (с 83 до 57 кг/га) возрастает значение дополнительного источника элементов питания растений, особенно азотного [1-3]. Недостаток азота минеральных удобрений и необходимость увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур при стремлении снизить энергетические затраты на производство продукции растениеводства требуют комплексного применения минерального и биологического азота [4].

В связи с этим важны исследования по использованию биологического азота растениями, поскольку до 70-90% азота в пахотных почвах фиксируется из атмосферного воздуха симбиотическими, ассоциативными и свободноживущими микроорганизмами [5]. Кроме того, интродуцируемые микроорганизмы, применяемые для инокуляции семян сельскохозяйственных культур, стимулируют рост и развитие растений, повышают их устойчивость к биотическим и абиотическим факторам, в том числе ограничивают рост фитопатогенов [5-9].

Вместе с тем не получило широкого распространения использование в сельскохозяйственном производстве биологических препаратов на основе ризосферных микроорганизмов. Очевидна недооценка практической значимости ассоциативной азотфиксации, ее роли в регулировании плодородия почвы [10, 11]. Одним из факторов, препятствующих широкому использованию в сельском хозяйстве бактериальных препаратов, следует считать и нерегулярную воспроизводимость результатов инокуляции, что не позволяет надежно прогнозировать реакцию растений [12, 13].

Цель настоящего исследования – научное обоснование эффективного применения биопрепаратов на основе ризосферных микроорганизмов на яровых зерновых культурах, выявление закономерностей их влияния на использование растениями азота.

Методика. Действие биопрепаратов ризосферных бактерий и роль различных источников питания в формировании продуктивности яровой пшеницы исследо-

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 18-016-00200.

вали в микрополевом опыте по схеме, представленной в табл. 1. Высевали инокулированные биопрепаратами ризосферных бактерий семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Злата. Микрополевой опыт проводили в 2018-2019 гг. в сосудах без дна площадью 0,018 м^2 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленской области со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,91-1,96%, подвижных форм P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – соответственно 125,1-140,8 и 129,0-166,0 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,6-5,7; повторность опыта – 4-кратная. В целях лучшего восприятия результатов опыта соответствующие показатели даны в пересчете на г/м^2. Предшественником яровой пшеницы была гречиха.

Минеральные удобрения вносили при набивке сосудов почвой. В качестве азотного удобрения применяли аммиачную селитру $^{15}NH_4{}^{15}NO_3$ с обогащением 54,04 ат.% в дозе 81 мг/сосуд и 162 мг/сосуд, что соответствует 45 и 90 кг N/га. В качестве фона и контроля были суперфосфат двойной и хлористый калий в дозах $P_{45}K_{45}$. Семена яровой пшеницы в день посева обрабатывали микробиологическими препаратами: Ризоагрином (РА) на основе штамма 204, относящемуся к роду *Agrobacterium radiobacter*, способен фиксировать атмосферный азот и переводить его в легкоусвояемую форму азотсодержащих соединений; КЛ-10 на основе штамма ассоциативных ризобактерий, относящихся к роду *Pseudomonas sp.*, выделен из ризосферы растений ячменя и обладает высокой ростстимулирующей активностью; 17-1 на основе штамма ассоциативных ризобактерий, относящихся к роду *Pseudomonas sp.*, выделен из ризосферы растений ячменя и обладает высокой антифунгальной активностью по отношению к спектру фитопатогенных грибов, а также высокой ростстимулирующей активностью. Препараты, содержащие в 1 г 5-10 млрд клеток бактерий, представляют собой порошковидные торфяные субстраты влажностью 45–50 %. Штаммы хорошо приживаются в ризосфере злаковых культур [14]. В исследованиях использовали общепринятые методы анализов почвенных и растительных образцов. Расчет гидротермического коэффициента по Г.Т. Селянинову (ГТК) определяли как отношение суммы осадков (*O*) в мм за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °С к сумме температур ($\sum t$) за это же время, уменьшенной в 10 раз, то есть ГТК = $O/0{,}1\sum t$. Статистический анализ экспериментальных данных проведен дисперсионным методом по модели трехфакторного полевого опыта с использованием программ Excel и Statistica. Достоверность различий оценена по *F*-критерию Фишера.

Метеорологические условия в период вегетации существенно влияли на эффективность азотных удобрений и инокуляцию семян биопрепаратами [14, 15]. В годы исследований погодные условия различались, вегетационный период 2018 г. характеризовался в основном повышенной температурой воздуха и крайне неравномерным распределением атмосферных осадков. В мае-июне количество выпавших осадков достигало 65% от среднемноголетнего значения, в июле – 268%. ГТК за период вегетации яровой пшеницы составил 1,78. В мае-июне 2019 г. температура воздуха была на 2,5-4,6 °С выше климатической нормы при значительном выпадении осадков (+14% к среднемноголетнему значению), что позволило растениям сформировать значительную биомассу. Погодные условия июля-августа 2019 г. были близки климатической норме. ГТК за период вегетации яровой пшеницы составил 1,31.

Результаты и обсуждение. Масса зерна яровой пшеницы зависела от применяемых удобрений и биопрепаратов (табл. 1), а также варьировала по годам из-за меняющихся гидротермических условий в период вегетации. Недостаток влаги в 2018 г. в фенологические фазы всходы – выход в трубку привел к существенному снижению сбора зерна – 24-40% от среднего значения за годы исследований. На фоне РК-удобрений масса зерна в среднем составила 105,7 г/м^2. За счет улучшения азотного питания растений при внесении одноименного удобрения N_{45} [14, 16] она возросла более чем в 2 раза, при дозе N_{90} – в 3,5 раза. В среднем за два года на фоне РК инокуляция семян яровой пшеницы Ризоагрином обеспечила прибавку зерна 25%, штаммом КЛ-10 – 33%, штаммом 17-1 – 22%. Таким образом, от инокуляции семян биопрепаратами ризосферных бактерий прибавка зерна была меньше, чем от азотного удо-

Табл. 1. Эффективность применения удобрений и биопрепаратов ризосферных бактерий на яровой пшенице, в среднем за 2 года

Вариант	Масса зерна, г/м^2	$K_{хоз}$	Прибавка зерна к контролю		Содержание N, %		Азотный индекс, %
			г/м^2	%	зерно	солома	
Фон – $P_{45}K_{45}$ (Ф) – контроль	105,7	0,39	–	–	1,78	0,42	74
Ф + Ризоагрин (РА)	132,4	0,41	26,7	25	1,94	0,45	75
Ф + Штамм КЛ-10	140,1	0,40	34,4	33	1,94	0,45	74
Ф + Штамм 17-1	128,5	0,42	22,8	22	1,83	0,37	78
Ф + N_{45}	219,7	0,42	114,0	108	1,70	0,36	77
Ф + N_{45}+ РА	225,8	0,40	120,1	114	1,71	0,34	77
Ф + N_{45}+ Штамм КЛ-10	243,3	0,41	137,6	130	1,82	0,35	78
Ф + N_{45}+ Штамм 17-1	242,6	0,42	136,9	130	1,76	0,40	76
Ф + N_{90}	369,3	0,46	263,6	249	1,83	0,37	81
P, %	4,43	3,11	4,43		2,74	3,41	
$НСР_{05}$ А – удобрение	8,9	0,02	8,9		0,03	0,02	
$НСР_{05}$ В – биопрепарат	20,6	0,02	20,6		0,06	0,03	
$НСР_{05}$ частных различий	30,5	0,03	30,5		0,09	0,05	

Табл. 2. Содержание в зерне и сбор сырого белка

Вариант	Содержание сырого белка в зерне, %			Сбор сырого белка, г/м^2		
	2018 г.	2019 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	среднее
Фон – $P_{45}K_{45}$ (Ф)	12,0	9,0	10,1	9,6	11,8	10,7
Ф + Ризоагрин (РА)	13,1	9,9	11,1	12,5	16,8	14,7
Ф + Штамм КЛ-10	14,3	9,2	11,1	14,9	16,1	15,5
Ф + Штамм 17-1	13,3	8,8	10,4	12,3	14,5	13,4
Ф + N_{45}	12,3	8,5	9,7	16,9	25,6	21,3
Ф + N_{45}+ РА	12,1	8,6	9,7	18,2	25,7	22,0
Ф + N_{45}+ Штамм КЛ-10	12,9	9,1	10,3	20,5	29,9	25,2
Ф + N_{45}+ Штамм 17-1	11,7	9,3	10,0	17,0	31,6	24,3
Ф + N_{90}	13,1	9,2	10,5	30,6	46,7	38,6
$НСР_{05}$ частных различий	0,4	0,5	0,5	0,5	1,3	1,0

брения N_{45}, что связано с низким содержанием в почве доступных для растений соединений азота [14, 16, 17].

На величину коэффициента хозяйственной эффективности урожая существенно влияли погодные факторы периода вегетации. В 2019 г. в условиях достаточного увлажнения и благоприятного температурного режима (ГТК 1,31) отмечено наибольшее значение этого показателя – 0,42-0,48. Засушливые условия вегетации 2018 г. способствовали уменьшению массы зерна яровой пшеницы и привели к значительному снижению хозяйственного коэффициента, который в большинстве вариантов достигал 0,32-0,42. Это обусловлено уменьшением массы зерновки и количества зерен в колосе (масса 1000 зерен снизилась на 7-12%, количество зерен в колосе – в 1,3-2,2 раза).

На показатель $К_{хоз}$ в большей степени влияло увеличение дозы азотного удобрения до N_{90} на фоне $P_{45}K_{45}$. Его величина составила 0,46, что на 18% выше, чем на фоне РК, и обусловлено повышением доли зерна в общебиологическом урожае, что, по-видимому, связано с изменением донорно-акцепторных отношений между колосом и вегетативной массой [16]. Существенных различий в значении величины $К_{хоз}$ при применении РК и N_{45}РК не установлено. Отмечена положительная тенденция роста этого показателя при инокуляции семян яровой пшеницы биопрепаратами, особенно штаммом 17-1 (+8%).

Табл. 3. Вынос (г/м^2) элементов питания яровой пшеницей с урожаем зерна и соломы

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Фон – $P_{30}K_{45}$ (Ф)	1,88	1,68	2,08	0,67	0,73	0,62
Ф + Ризоагрин (РА)	2,57	2,20	2,95	0,85	0,99	0,71
Ф + Штамм КЛ-10	2,72	2,61	2,83	0,94	1,12	0,76
Ф + Штамм 17-1	2,35	2,16	2,55	0,67	0,74	0,61
Ф + N_{45}	3,73	2,96	4,49	1,09	1,13	1,04
Ф + N_{45}+ РА	3,86	3,19	4,52	1,18	1,12	1,23
Ф + N_{45}+ Штамм КЛ-10	4,43	3,59	5,24	1,24	1,14	1,34
Ф + N_{45}+ Штамм 17-1	4,27	2,98	5,54	1,31	1,33	1,30
Ф + N_{90}	6,76	5,37	8,19	1,61	1,43	1,79
$НСР_{05}$ частных различий	0,31	0,23	0,29	0,16	0,21	0,24

Использование минерального азотного удобрения отразилось на распределении азота по отдельным органам яровой пшеницы. Большая часть потребленного азота накапливалась в зерне, меньшая – в соломе. В зерне при улучшении обеспеченности растений азотом в период вегетации содержалось 76-81% количества данного элемента, накопленного в урожае. Это свидетельствует об эффективном использовании растениями азота на формирование хозяйственно ценной части урожая яровой пшеницы. При недостатке азота (вариант РК) растения были вынуждены реутилизировать потребляемый азот из вегетативных органов в генеративные – зерно, особенно в условиях недостаточного или избыточного увлажнения. Об этом свидетельствует доля азота зерна – 74% общего его накопления в надземной биомассе.

Эффективность использования растениями азота оценивают по накоплению его в растениях и прежде всего в зерне, что напрямую влияет на содержание в нем белка. Содержание азота в зерне, как и белка, подвержено большой изменчивости и зависит от условий выращивания (модификационная изменчивость) и наследственных (генотипических) особенностей [18]. В нашем опыте содержание азота в зерне при применении удобрений и микробных биопрепаратов составляло 1,70-1,94%. На фоне фосфорных и калийных удобрений его концентрация в зерне яровой пшеницы достигала 1,78%. При внесении азотного удобрения в дозе N_{45} содержание азота снижалось до 1,70%, что обусловлено ростовым разбавлением. Достаточное увлажнение в период кущения способствует в дальнейшем закладыванию бóльшего количества зерен в колосе, увеличивает ростовое разбавление азота в растении в результате повышения урожайности при таком же запасе азота в почве [19]. При внесении азотного удобрения в дозе N_{90} отмечена положительная тенденция роста концентрации азота в зерне на 0,05%. Инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратами за счет улучшения питания растений достоверно повышала содержание азота в зерне на 0,05-0,16%.

Концентрация азота в соломе яровой пшеницы в результате применения удобрений снижалась, что обусловлено ростовым разбавлением, при инокуляции биопрепаратами – существенно не менялась.

На белковость зерна значительно влияли гидротермические условия периода вегетации (табл. 2). В 2018 г. при недостаточном количестве осадков в мае-июне содержание белка в зерне составляло 12,0-14,3 %. В усло-

виях нормального увлажнения в 2019 г. оно было на 2,5-5,1% меньше. При применении азотного удобрения в дозе N_{45} количество белка снижалось, что обусловлено ростовым разбавлением, а при дозе N_{90} отмечена положительная тенденция его увеличения. Вместе с тем за счет роста массы зерна сбор белка при внесении N_{45} увеличился в 2 раза, при N_{90} – в 3,6 раза. Достоверный эффект от биопрепаратов проявился только в 2018 г. Масса зерна и сбор белка были выше при применении фосфорного и калийного удобрений и инокуляции семян биопрепаратами, чем при использовании только минеральных удобрений. Это свидетельствует об улучшении азотного питания растений за счет ассоциативной азотфиксации (РА) и ростстимулирующей активности изучаемых микробных препаратов.

Вынос азота зависел от биологических особенностей культуры и почвенных условий (табл. 3). Применение N_{45} способствовало увеличению выноса азота с урожаем в среднем в 2 раза, N_{90} на фоне РК – в 3,6 раза. Инокуляция семян биопрепаратами способствовала росту накопления азота в 1,2-1,4 раза на фоне РК и в 1,04-1,2 раза – на фоне NPK, но увеличение было меньше, чем от азотного удобрения. Использование азотного удобрения и биопрепаратов повышало вынос азота биомассой яровой пшеницы в 2,1-2,4 раза.

Вынос фосфора и калия в большей мере определялся концентрацией их в зерне и уровнем зерновой продуктивности. При внесении азотного удобрения в дозе N_{45} вынос фосфора возрастал в 1,8 раза, калия – в 2,2 раза. Применение N_{90} увеличивало потребление фосфора в 3,2 раза, калия – в 3,9 раза. Инокуляция семян яровой пшеницы биопрепаратами способствовала повышению зерновой продуктивности и выноса фосфора в 1,3-1,6 раза, калия – в 1,2-1,4 раза.

Таким образом, применение биопрепаратов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве положительно влияет на рост массы зерна яровой пшеницы, улучшает качество получаемой продукции, увеличивает окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая.

Литература

1. *Сычев В.Г., Соколов О.А., Завалин А.А., Шмырева Н.Я. Роль азота в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Том 2. Экологические аспекты роли азота в продукционном процессе. – М.: ВНИИА, 2012. – 272 с.*
2. *Кудеяров В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т.85. – №9. – С. 771-775.*
3. *Кудеяров В.Н., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Современное состояние почв агроценозов России, меры по их оздоровлению и рациональному использованию // Агрохимия. – 2017. – №6. – С. 3-11.*
4. *Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. – 2011 – № 3. – С. 3-9.*
5. *Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // Плодородие. – 2016.– № 5. – С. 28-32.*
6. *Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Моисеев К.Г., Свиридова О.В., Сурин В.Г. Влияние бактерий Bacillus subtilis на физиологическое состояние растений пшеницы и микробоценоз почвы при использовании различных доз азотных удобрений // Почвоведение. – 2015. – №1. – С. 87-94.*
7. *Rothballer M., Schmid M., Hartmann A. Diazotrophic Bacterial Endophytes in Gramineaeand Other Plants // Microbiology Monographs. – 2009. – V. 8. – P. 273-302.*
8. *Ruby E.J., Raghunath T.M. A Review: Bacterial endophytes and their bioprospecting // Journal of Pharmacy Research. – 2011. – V. 4. – №. 3. – P. 795-799.*
9. *Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J. Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms // Plant Cell Physiol. – 2010. – V. 51. – P. 1255-1264.*
10. *Шабаев В.П. Роль биологического азота в системе «почва-растение» при внесении ризосферных микроорганизмов: дис. … докт. биол. наук: 06.01.04. – Пущино, 2004. – 277 с.*
11. *Ilyas N., Bano A. Azospirillum strains isolated from roots and rhizosphere soil of wheat (Triticum aestivum L.) grown under different soil moisture conditions // Biology and Fertility of Soils. – 2010. – V. 46. – P. 393-406.*
12. *Умаров, М.М. Азотфиксация в ассоциациях организмов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 2. – С. 22-26.*
13. *Skonieski F.R., Viégas J., Martin T.N., Nörnberg J.L., Meinerz G.R., Tonin T.J., Bernhard P., Frata M.T. Effect of seed inoculation with Azospirillum brasilense and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2017. – V. 46. http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000900003.*
14. *Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.*
15. *Шапошников А.И., Белимов А.А., Кравченко Л.В., Виванко Д.М. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 16-22.*
16. *Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. – М.: ВНИИА, 2016. – 591 с.*
17. *Кожемяков А.П., Белоброва С.Н., Орлова А.Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия. Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 112-115.*
18. *Завалин А.А. Азотное питание и продуктивность сортов яровой пшеницы. – М.: Агроконсалт, 2003. – 152 с.*
19. *Пасынкова Е.Н. Агрохимические приемы регулирования урожайности и качества зерна пшеницы: дис. … д-ра биол. наук: 06.01.04.– Киров, 2013. – 340 с.*

Поступила в редакцию 14.03.20
После доработки 30.03.20
Принята к публикации 01.04.20

УДК: 631.445.24; 631.816: 631.461 DOI:10.31857/S2500262720030096

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД ОЗИМОЙ РЖИ

Н.Е. Завьялова, доктор биологических наук, **О.В. Иванова**

Пермский научно-исследовательский институт
Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН,
614532, Пермский край, с. Лобаново, ул. Культуры, 12
E-mail: nezavyalova@gmail.com

Изучено влияние длительного применения возрастающих доз NPK на накопление доступных для растений форм азота, фосфора и калия в паровом поле севооборота и изменение этих показателей в течение вегетационного периода озимой ржи. Установлено, что содержание подвижного фосфора (148-540 мг/кг) и обменного калия (138-403 мг/кг) в зависимости от варианта длительного опыта было высоким и очень высоким перед посевом озимой ржи и в течение всего периода роста и развития растений. Динамика нитратного азота в паровом поле характеризовалась варьированием этого показателя в начале и конце июня от низкого (3,4-4,3 мг/кг) до среднего (12,9-17,3 мг/кг) значения в зависимости от варианта и высокого – в августе (13,0-18,8 мг/кг) по шкале Кравкова. Отмечена тенденция снижения актуальной целлюлозолитической активности при повышении дозы полного минерального удобрения. Выявлено уменьшение минерального азота в почве в 3,5-4,0 раза от посева к уборке культуры. В условиях холодного и переувлажненного вегетационного периода 2019 г. сформировался не высокий урожай озимой ржи – 2,79-3,59 т/га (Fф< Fт), его величина практически не зависела от дозы удобрений.

CHANGE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOIL IN THE VEGETATION PERIOD OF WINTER RYE

Zavyalova N.E., Ivanova O.V.

Perm Research Institute of Agriculture
of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
614532, Permskiy kray, Lobanovo, ul. Kultury, 12
E-mail: nezavyalova@gmail.com

We studied the effect of prolonged use of increasing doses of NPK on the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium forms available to plants in the steam field of crop rotation and the change in these parameters during the growing season of winter rye. It was established that the content of mobile phosphorus (148–540 mg / kg) and exchange potassium (138–403 mg / kg), depending on the long-term experience options, was high and very high before sowing winter rye and throughout the entire period of plant growth and development. The dynamics of nitrate nitrogen in the vapor field was characterized by a variation in this indicator at the beginning and end of June from low (3.4-4.3 mg / kg) to medium (12.9-17.3 mg / kg) depending on the experimental options and high - in August (13.0-18.8 mg / kg) according to the Kravkov scale. A tendency toward a decrease in actual cellulolytic activity with an increase in the dose of complete mineral fertilizer was noted. A decrease in mineral nitrogen in the soil by 3.5 to 4,0 times from sowing to harvesting winter rye was revealed. In the conditions of the cold and waterlogged vegetation period of 2019, a low winter rye crop of 2.79-3.59 t / ha (Ff <Ft) was formed, its value was practically independent of the dose of fertilizers applied.

Ключевые слова: *дерново-подзолистая почва, паровое поле, элементы питания, нитрификация*

Key words: *sod-podzolic soil, steam field, nutrients, nitrification*

Озимая рожь – важнейшая продовольственная и кормовая культура, менее требовательная к почвенным и климатическим условиям, чем другие зерновые. Ее возделывают в Кировской области, Удмуртской республике, Пермском крае и других регионах, где преобладают низко плодородные почвы. Однако в последнее время площади посевов ржи сокращаются [1]. Высокая и стабильная продуктивность подзолистых почв, которые преобладают в Пермском крае и характеризуются низким естественным плодородием, в условиях короткого вегетационного периода и дефицита тепла возможна при систематическом научно обоснованном применении агрохимических средств [2-4]. Озимая рожь хорошо отзывается на минеральные удобрения. По данным ученых [5-7], 30-35% всего азота и четверть (22-27%) фосфора и калия, используемых на формирование урожая, рожь потребляет в период появления всходов до окончания осеннего кущения. В паровом поле складываются наиболее благоприятные условия для минерализации органических остатков предшествующей культуры и наиболее эффективно протекают процессы нитрификации [8-11]. При соблюдении технологии обработки пара под влиянием естественного увлажнения и периодических механических обработок в дерново-подзолистых почвах содержание минерального азота всегда выше, чем в других полях севооборота. Однако его не хватает для формирования полноценного урожая. Под культуры, высеваемые по пару, необходимо дополнительно вносить органические или минеральные удобрения [12].

Цель настоящей работы – дать характеристику обеспеченности дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта подвижными формами азота, фосфора и калия в период вегетации озимой ржи.

Методика. Исследования проведены в 2018-2019 гг. в полевых условиях на базе Пермского НИИ сельского хозяйства Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН в длительном стационарном опыте, заложенном на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в 1978 г. Наблюдения за почвой проводили в 8-польном севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар, озимая рожь, картофель, пшеница, клевер 1 г.п., клевер 2 г.п., ячмень, овес. Варианты опыта включали 6 уровней минерального питания: $(NPK)_0$; $(NPK)_{30}$; $(NPK)_{60}$; $(NPK)_{90}$; $(NPK)_{120}$; $(NPK)_{150}$. В качестве удобрений использовали аммиачную селитру или мочевину, простой суперфосфат и хлористый калий. На момент закладки опыта почва имела следующие усредненные агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,6; гидролитическая кислотность – 2,0, обменная –

Табл. 1. Агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы после пятой ротации севооборота (0-20 см)

Вариант	pH_{KCl}	S	Hг	Ca	Mg	P_2O_5	K_2O	Гумус %
		ммоль/100 г				мг/кг		
$(NPK)_0$	5,1	21,4	2,2	13,8	1,8	160	144	1,83
$(NPK)_{30}$	5,0	23,8	1,9	14,7	2,1	248	151	1,89
$(NPK)_{60}$	4,9	22,6	2,6	13,8	1,8	267	185	2,20
$(NPK)_{90}$	4,9	21,5	2,8	13,9	2,3	305	213	2,15
$(NPK)_{120}$	4,9	21,2	2,4	14,9	2,0	370	284	2,16
$(NPK)_{150}$	4,7	21,5	3,7	15,2	2,4	450	367	2,27
$НСР_{05}$	0,2	1,3	0,2	1,2	0,2	24	20	0,13

0,025, сумма поглощенных оснований – 21,0 ммоль/100 г почвы, содержание гумуса по Тюрину – 2,12%, подвижного фосфора в пахотном слое – 175, обменного калия – 203 мг/кг почвы (по Кирсанову). Известкование почвы проводили перед закладкой опыта в 1978 г. по 1,0 г.к. Опыт заложен в 2-кратной повторности, размещение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки составляла 120 м^2, учетная – 76,4 м^2. В 2018 г. исследования проводили в чистом пару. Агрохимические показатели определяли по общепринятым методикам, нитрифицирующую способность почвы – по методу Кравкова в модификации Болотиной и Абрамовой, степень разложения клетчатки – методом «аппликаций» [13]. Математическая обработка результатов выполнена по Б.А. Доспехову. В вегетационный период 2018-2019 гг. возделывали озимую рожь сорта Фаленская 4.

Перезимовка озимых культур и многолетних трав в Пермском крае в целом завершалась при удовлетворительных условиях. Сход устойчивого снежного покрова наблюдали в сроки, близкие к средним многолетним датам: 15-22 апреля. Средняя температура воздуха в мае составила 13 °С, что на 2,2 °С выше климатической нормы. Осадков за месяц выпало чуть больше обычного 64 мм – 112% от нормы. В первой половине мая преобладала теплая, в отдельные дни жаркая погода, во второй – холодная, с ночными заморозками. В конце месяца сложилось опасное агрометеорологическое явление – переувлажнение почвы. Лето 2019 г. отличалось аномальными погодными условиями – низким температурным фоном и большим количеством осадков. Такие погодные условия привели к переувлажнению почвы. Средняя месячная температура воздуха в июне составила 15 °С, что на 1,5 °С ниже средних многолетних значений. За месяц выпало 69 мм осадков, что меньше нормы (85%). Июль был с экстремальным количеством осадков и достаточно низким температурным фоном. Средняя месячная температура воздуха составила 16,9 °С, ниже климатической нормы на 1,7 °С, сумма осадков за месяц – 136 мм – почти две месячные нормы. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур проходило в условиях пониженного уровня тепла и достаточной, местами избыточной, влагообеспеченности. У озимых культур в середине июля отмечена фаза молочной спелости (норма). К 20-м числам наступила фаза восковой спелости, на 7-10 дней раньше, чем обычно. Август был холодным и дождливым. Средняя месячная температура воздуха составила 13,7 °С, на 1,6 °С ниже климатической нормы. Наиболее холодной была первая декада, ниже средних показателей на 4,4 ºС. Месяц отличался частыми сильными дождями с суммой осадков 233 мм, или 306% от среднего многолетнего значения.

Результаты и обсуждение. Агрохимические свойства верхнего (0-20 см) слоя дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы после пятой ротации севооборота (после уборки овса) представлены в табл. 1. В течение 40 лет ведения стационарного опыта систематически применяли возрастающие дозы полного минерального удобрения (NPK) под зерновые культуры и картофель. В 2018 г. в паровом поле согласно схеме опыта были внесены минеральные удобрения под озимую рожь. В пахотном слое (0-20 см) почвы в варианте $(NPK)_{150}$ реакция среды pH_{KCl} изменилась с 5,6, при закладке опыта до 4,7. Отмечена тенденция к подкислению почвы в контрольном варианте – снижение pH_{KCl} на 0,5 единиц. Гидролитическая кислотность увеличилась с 2,0 в исходной почве до 2,2 в контроле и 3,7 ммоль/100 г при внесении максимальной дозы NPK.

Содержание гумуса в контроле за 40 лет ведения опыта уменьшилось на 13,7 % от исходного и составило 1,83%, что связано прежде всего с интенсивной минерализацией трансформируемых активных компонентов гумуса при малом количестве свежего органического вещества, поступающего в почву при возделывании сельскохозяйственных культур без внесения минеральных и органических удобрений. Содержание подвижного фосфора в паровом поле по Кирсанову в контрольном варианте уменьшилось незначительно по сравнению с исходным уровнем, калия – на 59 мг/кг ($НСР_{05}$=0,20). Минеральные удобрения в дозах NPK от 60 до 150 кг д.в./га способствовали сохранению исходного содержания гумуса в почве (2,15-2,20%, $НСР_{05}$=0,13). Почва в вариантах с удобрениями характеризовалась высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора и калия в пахотном горизонте – соответственно 248-450 и 151-367 мг/кг. Содержание обменного кальция и магния было характерным для пахотных дерново-подзолистых почв Предуралья.

Обработка почвы парового поля путем создания благоприятных условий для жизнедеятельности полезных микроорганизмов, осуществляющих перевод элементов питания в доступную форму, имеет важное значение для формирования будущего урожая озимой культуры. Биологическая активность почвы тесно связана с почвенным плодородием, служит его надежным индикатором. К показателям биологической активности относят скорость разложения целлюлозы и нитрифицирующую способность почвы (табл. 2). Эти показатели характеризуют прежде всего условия жизнедеятельности микроорганизмов и наличие минерального азота в почве.

Установлено, что нитрифицирующие процессы усиливаются в парующем поле [14]. Содержание нитратов и потенциальную нитрифицирующую способность почвы определяли в динамике. Динамика нитратного азота в полевом стационарном опыте характеризовалась варьированием этого показателя в начале и конце июня от низкого (3,4-4,3 мг/кг) до среднего (12,9-17,3 мг/кг) в зависимости от варианта и высокого – в августе (13,0-18,8 мг/кг) по шкале Кравкова [15]. Возможно, это связано с активизацией процессов минерализации органического вещества и азота почвы после обработки паров (вспашка, культивация) в конце июня. Процесс накопления нитратов в чистом пару зависит также от повышения среднемесячной температуры воздуха, которая изменялась от 8,9 в мае до 20,5 ºС в июле. Закономерность в соотношении нитратного и аммонийного азота следующая: минеральный азот представлен боль-

Табл. 2. Динамика минерального азота и степень разложения клетчатки в пахотной дерново-подзолистой почве

Вариант	Динамика минерального азота, мг/кг						Актуальная целлюлозолитическая активность, %
	04.06.18		24.06.18		15.08.18		
	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	
$(NPK)_0$	10,9	5,0	18,3	3,4	18,0	17,0	62,3
$(NPK)_{30}$	9,8	4,3	17,0	3,6	21,1	13,0	62,5
$(NPK)_{60}$	9,9	9,3	18,3	7,8	20,5	18,8	56,7
$(NPK)_{90}$	13,4	18,6	22,2	6,8	21,2	17,1	47,7
$(NPK)_{120}$	12,1	8,8	18,1	15,5	20,9	16,8	40,3
$(NPK)_{150}$	14,7	12,9	16,6	17,3	18,1	17,8	41,6
$НСР_{05}$	2,4	1,7	2,9	3,3	3,7	3,6	9,3

шей частью аммонийной формой, доля которой изменялась в зависимости от периода вегетации и варианта опыта. В первой фазе отбора содержание $N\text{-}NH_4$ было в 2 раза выше, чем нитратного азота в варианте без удобрений и $(NPK)_{30}$. При более высоких дозах удобрения соотношение форм азота составило примерно 1:1. Во второй фазе отбора такое соотношение сохранилось в вариантах $(NPK)_{120}$ и $(NPK)_{150}$, в других значительно преобладала аммонийная форма азота. Перед посевом озимой ржи содержание аммонийного и нитратного азота было практически одинаковым. Результаты лабораторного опыта свидетельствуют о существенном потенциале накопления нитратов в паровом поле севооборота, что объясняется повышением микробной активности в благоприятных условиях по температуре и влажности (табл. 3). Инкубирование почвенных образцов проводили при 28 ^{0}C и влажности, равной 60% полной влагоемкости. Наиболее интенсивно процесс нитрификации протекал во второй фазе отбора образцов, накопление нитратов составило 28,8-38,1 мг/кг. Однако эта способность в реальных полевых условиях реализовалась слабо из-за дефицита источников азотсодержащих веществ, особенно в условиях пара, и из-за низкой влажности почвы и высокой температуры воздуха [16].

Потенциальная обеспеченность исследуемой почвы всех вариантов минеральным азотом в соответствии с их нитрификационной способностью по Кравкову [11] была высокой и составляла перед посевом озимой ржи 32,9-45,4 мг/кг $N\text{-}NO_3$. Определение нитрифицирующей способности почвы позволило получить более объективную картину образования нитратов, дать оценку потенциальной способности почвы к обеспечению растений легкоусвояемым азотом. Уровень обеспеченности озимой ржи доступными соединениями минерального азота по шкале, предложенной Гамзиковым Г.П. [12], – средний и предполагает дополнительное внесение азотных удобрений перед посевом этой культуры и весной для подкормки.

Табл. 3. Нитрификационная способность (мг/кг) дерново-подзолистой почвы в паровом поле

Вариант	$N\text{-}NO_3$					
	04.06.18		24.06.18		15.08.18	
	1	2	1	2	1	2
$(NPK)_0$	5,0	9,3	3,4	34,4	17,0	35,8
$(NPK)_{30}$	4,3	6,2	3,6	34,3	13,0	32,9
$(NPK)_{60}$	9,3	18,1	7,8	43,0	18,8	40,8
$(NPK)_{90}$	18,6	26,1	6,8	44,9	17,1	38,8
$(NPK)_{120}$	8,8	18,4	15,5	44,3	16,8	42,5
$(NPK)_{150}$	12,9	20,0	17,3	54,9	17,8	45,4
$НСР_{05}$	2,7	4,1	3,3	3,2	3,6	4,8

Примечание. 1 – до нитрификации, 2 – после нитрификации.

Скорость разложения клетчатки в почве зависит от наличия в ней легкодоступного азота. Этот показатель в совокупности позволяет судить об интенсивности почвенных процессов в целом. По классификации Д.Г. Звягинцева [17], интенсивность разложения клетчатки в паровом поле была высокой и изменялась от 40,26 % в варианте $(NPK)_{120}$ до 62,50% в варианте $(NPK)_{30}$, что связано со слабокислой реакцией почвенного раствора и высоким содержанием нитратного азота. Отмечена тенденция снижения актуальной целлюлозолитической активности при повышении дозы полного минерального удобрения, что можно объяснить подкислением почвенного раствора. Чем выше уровень pH_{KCl} почвы, тем интенсивнее идут процессы разложения льняного полотна, так как по мере уменьшения кислотности среды активность целлюлозоразрушающих бактерий возрастает.

Анализ динамики агрохимических свойств исследуемой почвы по фазам развития озимой ржи показал высокое и очень высокое содержание минерального азота, подвижного фосфора и калия перед посевом культуры. Содержание органического углерода было низкое, характерное для дерново-подзолистых почв Предуралья, реакция среды в зависимости от варианта изменялась от среднекислой до очень сильнокислой – pH_{KCL} 4,7-3,9 (табл. 4). Озимая рожь активно использовала нитратный азот как осенью в период кущения, так и весной в период отрастания. Растения потребляли азот почвы и удобрений. Азотные удобрения после внесения в почву вовлекаются в биологический круговорот, часть азота (20-40 %) закрепляется в почве и не используется в первый год, а может участвовать в питании последующих культур [18]. Минеральный азот также теряется из-за процессов вымывания нитратов в глубинные горизонты почвы, особенно в условиях промывного режима в дерново-подзолистых почвах. Выявлено уменьшение минерального азота в почве к фазе полной спелости в 3-5 раз относительно его содержания в почве перед посевом. Минеральный азот в фазы весеннего кущения и полной спелости представлен в большей степени аммиачной формой, процесс нитрификации протекал слабо из-за холодной и дождливой погоды вегетационного периода 2019 г. Примерно одинаковое количество нитратной и аммиачной формы азота определено в почве в фазе колошения. Содержание P_2O_5 и K_2O по фазам развития озимой ржи изменялось незначительно. Отмечена тесная корреляционная зависимость содержания минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в фазы весеннего кущения и колошения с дозами минеральных удобрений, r =0,92; 0,98 и 0,99 соответственно. В фазе полной спелости содержание минерального азота практически не менялось в зависимости от дозы NPK, подвижного фосфора и калия возрастало с ее увеличением.

Сорт озимой ржи Фаленская 4 имеет потенциал урожайности более 9,0 т/га [19], однако в условиях холодного и переувлажненного вегетационного периода 2019 г. сформировался невысокий урожай – 2,79-3,59 т/га (Fф< Fт), его величина практически не зависела от дозы удобрений. Внесение высоких доз минерального

Табл. 4. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в течение вегетационного периода озимой ржи

Вариант	pH	Nмин, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	Сорг,%
Перед посевом					
Без удобрений	4,7	35,0	172	138	1,06
$(NPK)_{60}$	4,6	39,3	268	192	1,28
$(NPK)_{90}$	4,1	38,3	342	300	1,37
$(NPK1)_{150}$	3,9	45,9	506	403	1,36
$НСР_{05}$	0,2	4,5	32	34	0,12
Кущение					
Без удобрений	5,0	26,2	148	136	1,10
$(NPK)_{60}$	4,6	28,9	210	176	1,17
$(NPK)_{90}$	4,4	30,0	305	216	1,17
$(NPK1)_{150}$	4,3	42,0	419	278	1,23
$НСР_{05}$	0,2	3,9	31	27	0,09
Колошение					
Без удобрений	4,7	14,1	177	170	1,11
$(NPK)_{60}$	4,4	18,0	293	283	1,21
$(NPK)_{90}$	4,0	30,6	410	307	1,19
$(NPK1)_{150}$	3,9	43,7	540	381	1,30
$НСР_{05}$	0,2	4,1	39	36	0,07
Полная спелость					
Без удобрений	4,5	8,5	185	180	1,10
$(NPK)_{60}$	4,6	12,9	276	241	1,24
$(NPK)_{90}$	4,3	11,1	321	249	1,24
$(NPK1)_{150}$	4,2	11,6	479	294	1,29
$НСР_{05}$	0,2	2,6	34	31	0,12

азота в первой половине вегетации стимулировало образование большой вегетативной массы, что привело к ее полеганию. Повышенное количество осадков в июле и августе инициировало прорастание семян на корню.

Анализ агрохимических свойств исследуемой почвы показал, что содержание подвижного фосфора (148-540 мг/кг) и обменного калия (138-403 мг/кг) в зависимости от варианта длительного опыта было высоким и очень высоким перед посевом озимой ржи и в течение всего вегетационного периода. Погодные условия вегетации не позволили раскрыть потенциал урожайности озимой ржи, которая определена на уровне 2,79-3,59 т/га (Fф< Fт), ее величина практически не зависела от дозы удобрений.

Потенциальная обеспеченность исследуемой почвы всех вариантов минеральным азотом в соответствии с их нитрификационной способностью по Кравкову была высокая и составляла перед посевом озимой ржи 32,9-45,4 мг/кг $N\text{-}NO_3$. Интенсивное протекание минерализационных процессов в почве парового поля подтверждено высокой степенью разложения льняного полотна, которая составила 40,3-62,5% в зависимости от варианта.

Литература

1. *Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Хорева В.И. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по показателю «Содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – №180 (1). – С.44-51.*
2. *Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 278 с.*
3. *Цыбулько Н.Н., Киселева Д.В. Баланс азота удобрений в системе почва-растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2. – С.145-154.*
4. *Белоус И.Н., Харкевич Л.П., Адамко В.Н. Влияние систем удобрений на урожай и качество зерна озимой ржи // Агрохимический вестник. – 2014. –№1. – С.38-40.*
5. *Минеев В.Г. Агрохимия. – М: Наука. 2006. – 719 с.*
6. *Шмырева Н.Я. Использование азота удобрений озимой рожью при различных способах внесения азотных удобрений в условиях эрозионных ландшафтов // Агрохимия. – 2007. – №10. – С. 44-49.*
7. *Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С. Интенсивные технологии возделывания озимой ржи. – М.: Агропромиздат, 1989. – 125 с.*
8. *Гамзиков Г.П. Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов в агроценозах (на примере азота) // Агрохимия. – 2014. – №8. – С.3-16.*
9. *Сайфуллина Л.Б., Курдюков Ю.Ф., Шубитидзе Г.В., Воронцова О.А. Формирование азотного режима в паровых полях степной зоны Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. – 2018. – №5. – С.50-56.*
10. *Скороходов В.Ю. Накопление и использование нитратного азота озимой рожью и яровой твердой пшеницей в весенне-летний период на черноземах Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №3. – С. 163-171.*
11. *Акимова О.И. Влияние уровня азотного питания на урожай зерна озимой ржи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №8 (106). – С. 13-18.*
12. *Гамзиков Г.П. Прогноз обеспеченности почв азотом и потребности полевых культур в азотных удобрениях // Инновации и производственная безопасность. – 2015. – №3(9). – С.11-20.*
13. *Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.*
14. *Проценко Е.П., Караулова Л.Н. Влияние природных и антропогенных факторов на режим азота и биологическую продуктивность сельскохозяйственных культур в склоновом рельефе ЦЧЗ // Агрохимия. – 2007. – №4. – С. 37-45.*
15. *Коврига В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос. 2000. – 416 с.*
16. *Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчик Т.Г. Методы почвенной микробиологии. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.*
17. *Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почвы и шкала для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.*
18. *Зоров А.А., Максютов Н.А. Эффективность возделывания озимой ржи и озимой пшеницы в условиях центральной зоны Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №6(62). – С.25-27.*
19. *Кедрова Л.И., Уткина Е.И., Шляхтина Е.А., Шешегова Т.К., Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Охапкина Н.А. Биологические основы производства зерна озимой ржи на Евро-Северо-Востоке РФ // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №6. – С.21-23.*

Поступила в редакцию 26.02.20
После доработки 20.03.20
Принята к публикации 30.03.20

Животноводство

УДК 636.2.082.46:571.56 DOI:10.31857/S2500262720030102

ПОВЕДЕНИЕ ТЕЛОК ДВУХ ГЕНОТИПОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ В ПЕРИОД ЗАВЕРШЕНИЯ ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ И СЛУЧНОМ ВОЗРАСТЕ

Г.Н. Левина, доктор сельскохозяйственных наук, **К.Е. Тихонов,** аспирант,
М.В. Зелепукина, кандидат сельскохозяйственных наук,
А.И. Назаренко, кандидат ветеринарных наук

Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
142132, Московская область, Дубровицы
E-mail: gnlevina@yandex.ru

Актуальность исследований заключается в поиске селекционных приемов улучшения голштинизированной симментальской породы быками монбельярдской. Целью работы было выявление у телок симментальской породы двух генотипов особенностей поведения, отражающихся на показателях роста и развития, особенностях экстерьера, воспроизводительной функции животных. При раздельном содержании телок по секциям установлено различие по социальному поведению в пользу дочерей монбельярдских быков. В случном возрасте оно проявлялось на 66% чаще, чем у сверстниц с высокой кровностью по голштинам, которые более активны и агрессивны, из-за чего на 17-33% чаще наблюдалось стереотипное поведение и реже – гендерные признаки как в возрасте 10-11, так и в 14-15 месяцев. В условиях одной секции, при использовании разных кормовых факторов, потомки монбельярдских быков быстрее на 8,5% привыкали к раздражителю при поедании комбикорма, а реагирующих на раздражитель было на 7,3% меньше. Телки генотипа ¼СИМ х ¼ГШ х ½МБ более устойчивы к раздражителю и способны интенсивно расти – достоверная разность на 39,6 кг была выявлена по живой массе в возрасте 10-11 и на 60 кг – в 14-15 месяцев. Дочери монбельярдских быков отличались лучшей поедаемостью кормов на 10% в возрасте 10-11 месяцев и на 5,8% – в 14-15 месяцев, чем сверстницы с ¾ кровности по голштинской породе. Потомки монбельярдских быков более скороспелы, так как плодотворное осеменение у них регистрировалось на 1,4 месяца раньше и оплодотворяемость от первого осеменения была на 4% больше, чем у телок генотипа ¼СИМ х ¾ГШ.

BEHAVIOR OF SIMMENTAL HEIFERS OF TWO GENOTYPES AT AGE OF PUBERTY AND MATING

Levina G.N., Tikhonov K.E., Zelepukina M.V., Nazarenko A.I.

Federal Science Center for Animal Hasbandry,
142132, Moskovskaya oblast, Dubrovitsi
E-mail: gnlevina@yandex.ru

The objectives of the survey were to identify the behavior patterns for the key positions including conformation, liveweight, and reproductive performance in the heifers of two genotypes. The survey was performed with the pedigree herd for two years (2017-2018) in Kursk Region. The average milk yield comprised 7.2 thousand kg milk. Survey actuality concerns assessment and identification of the heifer genotype potentially useful for improving the Holtenized Simmental breed. Keeping the heifers in separate group sections, the differencies in the animal social behavior were revealed. The score of social behavior assessment in heifers was higher in the Montbeliarde bull daughters. At the age of heifers at mating, it was 66% more than that in their peers with the high rates of consanguinity in Holsteins, which were more active and aggressive. Thus, the findings showed that the occurrence rates of the stereotypic behavior were 17—33 % higher among the animals at the age of 10—11 months and 14—15 months, while the gender-related behavior was less frequently observed. In addition, different fodder factors under the conditions of one of the sections resulted in that the behavior between the heifers of two genotypes was different. The Montbeliarde bull progeny consuming the dietary compound feed tended to adapt to any irritation faster by 8.5 %, the animals responding to the irritant were 7.3% less. Under the effect of the second feed factor representing the feed mixture, the activity pattern in response to an irritant among the heifers was similar. However, the level of response was less, when compared to the data for the first variant. The heifers of genotype ¼Simmental x ¼Holstein x ½Montbeliarde are more resistent to the irritant and capable of intensive development. The differences for the liveweight were 39.6 kg and 60 kg at the age of 10-11 months and 14-15 months, respectively. Feed intake in the Montbeliarde bull heifers at the age of 10-11 months and 14-15 months was 10% and 5.8% higher, respectively, than that in their peers being ¾ Holstein. The Montbeliarde bull progeny is earlier maturing, since the successful conception was 1.4 months earlier. The cows pregnant at the first insemination comprised 4% more than that in the heifers of genotype ¼ Simmental x ¾ Holstein.

Ключевые слова: *симментальская порода, монбельярдская порода, красно-пестрая голштинская порода, телки, промеры туловища, живая масса, поведение*

Key words: *Simmental breed, Montbeliard breed, and Red-and-White Holstein breed, heifers, body measurements, liveweight, behavior*

Симментальская порода на протяжении нескольких десятилетий совершенствовалась голштинской породой, что положительно повлияло на консолидацию молочного типа у потомства, качество вымени, увеличение молочной продуктивности и технологические качества вымени [1]. Однако продолжительное и бессистемное использование голштинских быков в симментальской породе привело к потере у потомков устойчивости к болезням, ухудшило признаки крепости телосложения, снизило продолжительность хозяйственного использования, негативно повлияло на функцию воспроизводства и другие признаки. Кроме того, у животных новой голштинизированной популяции выявлено немало рецессивных летальных мутаций по той причине, что генеалогия голштинского скота очень однородна [2]. Низкой жизнеспособности голштинских коров способствовало увеличение коэффициента инбридинга, который составлял для животных, родившихся только в 2013 году, около 6,1% [3].

Эти негативные обстоятельства вызвали необхо-

димость поиска селекционных приемов повышения резистентности молочного скота, разработкой и поиском которых озадачены ученые разных стран [4-7]. Так, в США для увеличения продолжительности использования и улучшения функции воспроизводства используют для скрещивания с голштинской (ГШ) монбельярдскую породу (МБ). Исследования показали, что производство молока, жира и белка у коров, происходящих от монбельярдских быков, аналогично или несколько ниже (в пределах от 0 до -3%), чем у чистопородных голштинских. Но у монбельярдских помесей снижалось содержание соматических клеток в молоке, улучшалась функция воспроизводства и увеличивалось долголетие. У них выявлен более высокий врожденный иммунитет и меньшая частота послеродовых заболеваний – 35% против 57% у голштинских коров [8, 9].

Эксперимент по использованию монбельярдских быков на голштинизированном маточном поголовье симментальской породы нами проводится с 2013 года. При изучении полученного потомства были использованы элементы такого научного подхода как системная биология, которая возникла в различных областях науки и позволяет рассмотреть проблемы в молочном скотоводстве с точки зрения физиологических подсистем (метаболической, эндокринной, иммунной, пищеварительной, этологический, репродуктивной и других) [10]. Данный подход актуален, поскольку развитие животного представляет собой непрерывную последовательную цепь количественных и качественных

Табл. 1. Поведение телок при стационарном содержании и при изменении технологических элементов (n=6), % от наблюдаемых животных

	Возраст, мес					
	10-11	14-15	10-11	14-15	10-11	14-15
	1 группа		2 группа		2 ± к 1	
В секции (при невмешательстве человека)						
Время наблюдения, мин	770	621	770	621	770	621
Признаки, характеризующие *социальное* поведение:						
проявление груминга	66	100	100	100	+33	-
проявление аллогруминга	100	17	83	83	-17	+66
Признаки, характеризующие *гендерное* поведение:						
проявление гендерных признаков	-	100	33	100	+33	-
частота проявления гендерных признаков на одно животное, раз	-	4	3	5	+3	+1
Признаки, характеризующие *беспокойное* поведение:						
бег по секции	100	83	-	17	-100	-66
контакт животных головой	33	50	33	-	-	-50
агрессивное нападение	33	-	33	-	-	-
Признаки, характеризующие *стереотипное* поведение:						
верчение языком	66	50	-	33	-66	-17
проявление почесывания		50	-	17	-	-33
погрызывание предметов		50	-	33	-	-17
облизывание предметов	33	33	-		-33	-33
При загоне на весы						
Спокойный переход	33	66	83	100	+50	+34
Нервный бег	33	17	-	-	-33	-17
Испуг, внезапные шаги в сторону	33	17	-	-	-33	-17
При нахождении на весах						
Спокойное	33	50	66	83	+33	+33
Слегка возбужденное, выкатывание глаз	17	17	17	-	-	-17
Резкое движение головой	-	-	17	-	+17	-
Интенсивные движения при поднятой голове	17	17	-	-	-17	-17
Паническое состояние, попытки вырваться из клетки	33	17	-	17	-33	-17

изменений, а проблема управления ростом и развитием в зоотехнии всегда была важна, так как индивидуальное развитие протекает в результате сложного взаимодействия генотипа животных и конкретных условий внешней среды, в которых реализуется наследственная основа животных [11].

Приобретает значение и прогноз продуктивности животных с учетом этологических особенностей, которые можно успешно использовать в селекционно-племенной работе [12]. Изучение поведения животных предполагает выявление связей между этологическими особенностями и различными событиями и процессами, которые предшествуют данному поведению, сопровождают его или же следуют за ним. Генетически обусловленное поведение животных позволяет понять его адаптивное значение, исходя из мотиваций поведения, определяемых как физиологией, так и реагированием на окружающую среду. Согласно генетическим исследованиям, врожденная часть поведения составляет около 50% всех его элементов у высших млекопитающих, а социальное поведение даже на 70% определено генотипом животных [13]. Так, смена помещений при переформировании групп животных способствует возникновению стрессового состояния, сопровождающегося напряжением, увеличением продолжительности времени активного движения от 30 до 65%, а у коров – резким, хотя и кратковременным (в течение 7 дней), снижением продуктивности почти в 2 раза [14].

Важно учитывать, что экстерьер животных формируется под воздействием генетических и паратипических факторов и является важнейшей характеристикой развития особи, промеры туловища расширяют представление о нём [15].

Целью работы было выявление у телок симментальской породы двух генотипов особенностей поведения, отражающихся на показателях роста и развития, особенностях экстерьера, воспроизводительной функции животных.

Методика. Исследования проводили в Курской области в 2017-2018 гг. в племенном стаде симментальской породы. Средний удой коров-матерей в изучаемый период был выше 7000 кг молока. Содержание молодняка беспривязное.

Для проведения исследований были сформированы две группы телок: 1 группа – с кровностью ¼ симментальской и ¾ красно-пестрой голштинской породы (¼СИМ х ¾КГШ) и 2 группа – с ¼ симментальской, ¼ красно-пестрой голштинской и ½ монбельярдской породы (¼СИМ х ¼КГШ х ½МБ). По возрасту телки различались не более, чем на 2 недели, по продуктивности матерей – до ¼δ, в каждой группе были дочери не менее, чем от трех быков. При раздельном содержании телок в секции размещали по 6 голов, при совместном содержании – по 20 голов разных генотипов в одной секции.

Поведение животных изучали в период завершения у них полового созревания в возрасте 10-11 месяцев и в случном 14-15–месячном возрасте. Характеристику поведения телок в онтогенезе и поведенческую реакцию при изменении места постоянного содержания изучали по методикам Morris C.A., Cullenn G., Kilgour R., Bremner K.J. [16] и Grandin T. [17]. Поведение телок фиксировали и регистрировали посредством наблюдения, согласно разработанной этограммы. При этом придерживались распорядка обслуживания животных, поэтому общее время наблюдения составило в возрасте 10-11 месяцев – 770 минут и в 14-15 месяцев – 621 минуту. Для определения живой массы животных взвешивали на электронных весах. Контрольное кормление проводили в течение суток.

Табл. 2. Поведение телок в возрасте 14-15 месяцев при стационарном содержании с изменяющимися кормовыми фактрами (n=20), %

Показатель	1 группа	2 группа	2 ± к 1
При поедании комбикорма			
Не реагировали на раздражитель	24,0	32,5	+8,5
Реагировали на раздражитель	47,3	40,0	-7,3
Находились вдали от кормушки, не ели	28,7	27,5	-1,1
При поедании кормосмеси			
Не реагировали на раздражитель	48,7	42,5	-6,1
Реагировали на раздражитель	16,7	12,5	-4,1
Находились вдали от кормушки, не ели	34,7	44,9	10,3

Обработку экспериментальных данных выполнили на компьютере с помощью программы Microsoft Office Excel 2007 по стандартным методикам.

Результаты и обсуждение. Установлено, что при нахождении животных в случной период в разных секциях, в которых отсутствовал внешний раздражитель, у дочерей монбельярдских быков аллогруминг, по которому характеризуется социальное поведение, был на 66% более выражен, чем у сверстниц с высокой кровностью по голштинам. По мнению Fraser и Broom аллогруминг обусловлен выделением гормона пролактина, который связан с дофамином, вызывающим чувство удовольствия, так что аллогруминг, соответственно и любая социальная связь, могут эффективно снижать раздражители внешней среды, тем самым ослабляя восприимчивость к действию стрессоров [18]. Животные 1 группы были более активны и агрессивны, из-за чего у них на 17-33% чаще проявлялось стереотипное поведение, что отмечают и другие ученые [19]. Телки этой группы слабее проявляли гендерные признаки как в возрасте 10-11, так и в 14-15 месяцев (табл.1).

Реакция поведения телок обеих групп при изменении постоянного места содержания (при прогоне на весы и на весах) имела аналогичный характер, то есть потомство монбельярдских быков было более спокойным, что, вероятно, обусловлено значительно выраженной социальной связью между животными.

Для объективности характеристики поведения телок разных генотипов важно было изучить его и в условиях совместного содержания в одной секции при использовании разных кормовых факторов. Установлено, что потомки монбельярдских быков быстрее привыкали при поедании комбикорма к раздражителю, в качестве которого был посторонний человек, проходящий вдоль кормового стола [17]. В среднем за пять повторений раздражителя животные 2 группы на 8,5% быстрее привыкали к нему, а реагирующих было на 7,3% меньше, чем среди особей 1 группы (табл. 2).

Через два часа после раздачи комбикорма изучали поведение телок при другом кормовом факторе – поедании кормосмеси. Характер реакции на раздражитель (постороннего человека) у животных был аналогичным, но менее выраженным: реагировали на раздражитель на 2,4% особей меньше. Из числа животных, которые во время проверки находились вдали от кор-

Табл. 3. Промеры туловища телок при завершении интенсивного полового созревания и в случной период (п=20), см

Показатель	Возраст, мес			
	10-11	14-15	10-11	14-15
	1 группа		2 группа	
Высота в крестце	123,8±1,1	132,2±0,5(***)	125,5±2,8	135,7±2,2(*)
Косая длина туловища палкой	130,4±2,2	136,9±2,2(*)	127,3±2,2	139,3±2,5(**)
Глубина груди	56,6±1,1	61,5±0,7(**)	58,7±1,8	61,9±0,8
Ширина в маклоках	37,6±1,2	42,4±1,5(*)	36,8±1,3	42,4±0,5(**)
Обхват груди	148,4±1,6	164,9±3,4(***)	153,6±2,2	176,4±1,4(***)**
Ширина груди за лопатками	31,6±1,2	38,7±0,7(***)	37,5±0,8**	43,5±0,7(***)***
Обхват пясти	15,8±0,3	17,3±0,4(*)	17,1±0,3**	18,8±0,2(***)**
Живая масса, кг	286,2±10,5	401,3±14	325,8±10,9	461,3±11,6

*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001 по сравнению с 1 группой;
(*)P<0,05; (**)P<0,01; (***)P<0,001 по сравнению с возрастом 10-11 месяцев

Табл. 4. Пищевое поведение телок, (п=20)

Показатель	Возраст, мес			
	10-11	14-15	10-11	14-15
	1 группа		2 группа	
Время наблюдения, мин	1440	1440	1440	1440
Задано корма, кг	25	25	25	25
Остаток корма, кг	7,8	6,4	5,3	4,9
Съедено корма, кг	17,2	18,6	19,7	20,1
Поедаемость, %	68,8	74,3	78,8	80,1

мушки и не ели, потомков монбельярдских быков было на 10,3% больше. Объясняется это, вероятно, тем, что они интенсивно потребляли комбикорм.

Установлено, что телки 2 группы более устойчивы к раздражителю и способны интенсивно расти, что было подтверждено их достоверным превосходством над животными 1 группы по промерам туловища: в возрасте 10-11 месяцев по ширине груди и обхвату пясти – на 5,9 см и 1,3 см, в возрасте 14-15 месяцев – по ширине в седалищных буграх, обхвату груди, ширине груди и обхвату пясти на 2,3, 11,5, 4,8 и 1,5 см соответственно. Дочери монбельярдских быков опережали телок 1 группы по живой массе на 39,6 кг в возрасте 10-11 и на 60 кг – в 14-15 месяцев. От завершения интенсивного полового созревания (в возрасте 10-11 месяцев) до периода случки (в возрасте 14-15 месяцев) у телок обеих групп было установлено достоверное увеличение практически всех промеров (табл. 3).

Спокойное поведение животных благоприятно отражается на потреблении ими кормов, и как следствие, на интенсивности роста и развития. Поедаемость кормов у дочерей монбельярдских быков была выше в возрасте 10-11 и 14-15 месяцев на 10% и 5,8%, соответственно, чем у сверстниц 1 группы (табл. 4). Аналогичный вывод сделан и в исследованиях зарубежных авторов Brittni P. Littlejohn et.al. [20].

Телки 2 группы характеризовались лучшими показателями воспроизводительной функции. Они были более скороспелы, плодотворное осеменение зарегистрировано в возрасте 14,4 месяца при живой массе 458 кг. Животные с высокой кровностью по голштинам были плодотворно осеменены на 1,4 месяца позже, т.е. в возрасте 15,8 месяцев, при меньшей на 31 кг живой массе, составляющей 427 кг. Более высокая оплодотворяемость от первого осеменения на уровне 70% также была присуща монбельярдским помесям, по сравнению с телками 1 группы – 66%.

Таким образом, телки с генотипом ¼СИМ х ¼КГШ х ½МБ в случном возрасте характеризуются более выраженным социальным поведением (на 66%), чем сверстницы с высокой кровностью по голштинской породе ¼СИМ х ¾ ГШ, что способствует снижению их восприимчивости к раздражителям внешней среды. Спокойное поведение животных благоприятно отражается на потреблении ими кормов, и как следствие, на интенсивности роста и развития, воспроизводительных качествах в случном возрасте.

Литература

1. *Ламонов С.А., Погодаев С.Ф. Симменталы, улучшенные голштинами, в условиях молочного комплекса // Зоотехния. – 2003. – № 1. – С. 11.*
2. *Гуськова С.В., Турбина И.С., Ескин Г.В., Комбарова Н.А. Основные генетические причины эмбриональных потерь в молочном скотоводстве, связанные с интенсивной селекцией по продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – №3. – С.10-14.*
3. *Bjelland D.W., Weigel K.A., Vukasinovic N., Nkrumah J.D. Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding // J. Dairy Sci. – 2013. – №96. – P.4697-4706.*
4. *Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare // J. Dairy Sci. – 2009. – №92. – P.5769-5801.*
5. *Miglior F., Muir B.L., Van B.J. Doormaal Selection indices in Holstein cattle of various countries // J. Dairy Sci. – 2005. – №88. – P.1255-1263.*
6. *Henderson L., Miglior F., Sewalem A., Wormuth J., Kelton D., Robinson A., Leslie K.E. Short communication: Genetic parameters for measures of calf health in a population of Holstein calves in New York State // J. Dairy Sci. – 2011. – №94. – P. 6181-6187.*
7. *O'Neill C.J., Swain D.L., Kadarmideen H.N. Evolutionary process of B. taurus cattle in favorable versus unfavorable environments and its implications*

for genetic selection // Evolutionary Applications. – 2010. – V.3. – P.422–433.

8. *Mendonça L.G.D., Litherland N.B., Lucy M.C., Keisler D.H., Ballou M.A., Hansen L.B., Chebel R.C. Comparison of innate immune responses and somatotropic axis components of Holstein and Montbéliarde-sired crossbred dairy cows during the transition period // J. Dairy Sci. – 2013. – №96. – P.3588-3598.*
9. *Hazel A.R., Heins B.J., Seykora A.J., Hansen L.B. Production, fertility, survival, and body measurements of Montbéliarde-sired crossbreds compared with pure Holsteins during their first 5 lactations // Journal of Dairy Science. – 2014. – №97(4) – P. 2512-2525.*
10. *Fischer H. P. Mathematical modeling of complex biological systems: From parts lists to understanding systems behavior // Alcohol Research & Health. – 2008. – V.31(1). – P.49.*
11. *Рубцов И.А. Особенности роста и развития телок украинской черно-пёстрой молочной породы разных линий в условиях «Хлебороб» Ичнянского района Черниговской области // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Издательство: БГСХА. – 2019. – №22-1. – С.54-59.*
12. *Кудрин А.Г., Гаврилин С.А. Этологический отбор в скотоводстве: монография. – Мичуринск: Изд-во Мучуринского госагроуниверситета, 2010. –98 с.*
13. *Wilson E.O. The Social Conquest of Earth. – New York: Liveright Publishing corporation, 2012. – 330 p.*
14. *Плященко С.И., Сидоров В.Т., Казакевич В.К., Алешин А.А., Смелова А.П. Двигательные и пищевые поведенческие реакции ремонтного молодняка крупного рогатого скота // Поведение сельскохозяйственных животных в условиях промышленных комплексов / ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1979. – 112 с.*
15. *Левина Г.Н., Руднева Т.Н. Влияние различных факторов на интенсивность выращивания ремонтных тёлок симментальской породы // Сборник ВИЖ имени Л.К. Эрнста. – 2016. – С.108-114.*
16. *Morris C.A., Cullenn G., Kilgour R., Bremner K.J. Some genetic factors affecting temperament in B. taurus cattle // New Zealand J. of Agricultural Research. – 1994. – V. 37. – P. 167–175.*
17. *Grandin T. Transferring results of behavioral research to industry to improve animal welfare on the farm, ranch and the slaughter plant // Applied Animal Behaviour Science. – 2003. – V.81. – P.215–228.*
18. *Fraser A.F., Broom D.M. Farm Animal Behaviour and Welfare. – 3ed. London. Bailliere Tindal, 1990. – 437 p.*
19. *Немец В.В., Виноградова Е.П. Стресс и стратегии поведения // Национальный психологический журнал. – 2017. – №2(26). – С.59-72.*
20. *Brittni P. Littlejohn, David G. Riley, Thomas H. Welsh, Ronald D. Randel, Scott T. Willard, Rhonda C. Vann, Use of random regression to estimate genetic parameters of temperament across an age continuum in a crossbred cattle population // Journal of Animal. Science. – 2018 – V.96. – P. 2607–2621.*

Поступила в редакцию 25.12.19
После доработки 10.01.20
Принята к публикации 25.01.20

УДК 636.1.082.453 DOI:10.31857/S2500262720030114

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ МЕМБРАН СПЕРМИЕВ ЖЕРЕБЦОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

В.А. Науменкова[1], М.М. Атрощенко[1], кандидаты биологических наук,
А.Н. Гулов[2], О.В. Широкова[1], Н.А. Фролова[1]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства,
391105, Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово
E-mail: naumenkova.00@mail.ru
[2]Федеральный научный центр пчеловодства,
391100, Рязанская область, Рыбное, ул. Почтовая, 22
E-mail: blee3@yandex.ru

С целью выявления наиболее оптимального и результативного метода определения целостности мембран для спермы жеребцов была проведена сравнительная оценка трех различных методов по определению этого показателя: с помощью окраски эозином, окраски флюорохромами (SYBR-14 + PI) и гипо-осмотического теста. На сперме жеребцов получены высокие коэффициенты корреляции подвижности спермиев с процентом неповрежденных мембран всеми способами определения. Наибольшее совпадение показал метод окраски эозином, давший коэффициент корреляции 0,91, который отличается простотой, доступностью, экономичностью. Для правильной оценки необходимо вычитать из количества неокрашенных спермиев количество неокрашенных паталогических спермиев, которые не являются функциональными. Процент подвижных спермиев не совпадает с процентом целых мембран в процессе хранения семени жеребцов по всем способам определения. При полной потере подвижности значительное количество клеток остаются с целыми мембранами в конце хранении. Это свидетельствует о том, что остановка спермиев происходит по причине расходования энергетического материала в митохондриях жгутика и с устойчивостью мембран не имеет связи. Поэтому оценку мембран спермиев жеребцов целесообразно проводить сразу в свежеполученной или оттаянной сперме. Определение целостности мембран желательно использовать для уточнения оценки подвижности сперматозоидов, особенно в сомнительных случаях.

COMPARISON OF ASSESSMENT OF THE MEMBRANE INTEGRITY STALLION SPERM USING OF DIFFERENT METHODS

Naumenkova V.A.[1], Atroshchenko M.M.[1], Gulov A.N.[2], Shirokova O.V.[1], Frolova N.A.[1]

[1]All-Russian Research Institute for Horse Breeding,
391105, Ryazanskaya oblast, Rybnovskiy rayon, Divovo
E-mail: naumenkova.00@mail.ru
[2]Federal scientific center of beekeeping
391100, Ryazanskaya oblast, Rybnoye, ul. Pochtovaja, 22
e-mail: blee3@yandex.ru

In order to reveal the most efficient method of determining the membrane integrity of stallion semen, we carried out a comparative evaluation of three different methods of determining this indicator: staining with eosin, staining with fluorochrome (SYBR-14 + PI) and Hypo-osmotic test. The stallion semen showed high indicators of correlation of sperm motility with percentage of intact membranes by all methods of determination. The greatest coincidence was shown by the eosin staining method with a correlation coefficient of 0.91. For correct evaluation, it is necessary to subtract the number of unpainted pathological sperms that are not functional from the number of unpainted sperms. The percentage of mobile sperms does not coincide with the percentage of whole membranes in the process of storing of stallions sperm by all methods of determination. With complete loss of mobility, a significant number of cells remain with intact membranes at the end of storage. This shows that the stoppage of sperm occurs due to the expenditure of energy material in the mitochondria of the flagellum, and has no connection with the stability of the membranes. Therefore, it is advisable to evaluate the membranes of stallion sperm immediately in freshly obtained or thawed sperm. This study showed that the determination of membrane integrity is desirable to conduct to evaluate the mobility, especially in doubtful cases. For semen, the most preferred method of staining sperm is with eosin, which is characterized by simplicity, availability and cost effectiveness.

Ключевые слова: *сперма жеребцов, целостность мембран, окрашивание, эозин, флюорохромы, гипо-осмотический тест*

Key words: *stallion sperm, membrane integrity, coloration, eosin, fluorochromes, hypoosmotic test*

Определение качества спермы включает оценку подвижности, концентрации, морфологии, выживаемости [1]. При отборе спермы для криоконсервации кроме обычных показателей добавляются дополнительные характеристики: устойчивость клеток к холодовому шоку, к осмотическим воздействиям, целостность акросом и мембран спермиев, дыхательный коэффициент, сохранность ферментов и другие [2, 3].

В медицинской практике по рекомендации ВОЗ считается целесообразным использовать показатель жизнеспособности спермиев, который определяется по целостности мембран клеток. Считается, что если мембрана не нарушена, то клетка живая. Процент живых сперматозоидов рассчитывают, исходя из реакции клеточной мембраны, по отсутствию окраски или с помощью гипотонического теста [3-5].

При окраске витальными красителями (эозин, эозин-нигрозин, бромфеноловый синий, конго красный, трипановый синий, родамин С, малахитовый зеленый) подсчитывают количество неокрашенных (интактных) и окрашенных клеток с помощью световой микроскопии. Краситель, добавленный к спермиям, проникает в

клетки с поврежденной мембраной и окрашивает их; живые клетки с целой мембраной не окрашиваются. Считается, что оценка жизнеспособности может служить контролем точности оценки подвижности спермиев, поскольку процент мертвых клеток не должен превышать процента неподвижных (окрашенных) [5].

Еще один метод определения целостности мембран – это тест на гипоосмотическое набухание [6-8], основанный на том, что только клетки с неповрежденными мембранами изменяются в гипотонических растворах. Живые клетки различают по признакам набухания и скручивания жгутика спермия.

В последние годы широко распространено исследование целостности мембран с помощью флюорохромов [9, 10], дающих свечение в люминесцентном световом диапазоне. Для дифференциации живых и мертвых клеток используют красители, которые считаются ядерными, способными выявлять нарушения клетки на ранних стадиях апоптоза (естественного отмирания) – это акридиновый оранжевый, этидиум бромид, пропидиум йодид, тиазиновий красный, CMFDA, Hoechst 33258, пропидиум йодид + SYBR-14 [9-12]. Применение подобных методов с использованием токсичных красителей приводит к удорожанию испытаний и недоступно для практических работ. Поэтому желательно подобрать недорогой и доступный метод, наиболее пригодный в практике для оценки спермы жеребцов.

С целью выявления наиболее оптимального и результативного метода определения целостности мембран для спермы жеребцов была проведена сравнительная оценка трех различных методов по определению этого показателя: с помощью метода окраски эозином, гипо-осмотического теста и метода окраски флюорохромами (SYBR-14 + PI).

Методика. В опытах были использованы жеребцы экспериментальной конюшни института коневодства. Взятие спермы проводили на искусственную вагину по общепринятой методике. После получения эякулят оценивали по объему, концентрации, подвижности. Разбавление спермы проводили лактозо-хелато-цитратно-желточной (ЛХЦЖ) средой, затем подготавливали к замораживанию и замораживали в соответствии с инструкцией [1].

Исследовали качественные показатели разбавленной и охлажденной спермы, а также деконсервированной спермы 20 эякулятов от 7 жеребцов по подвижности спермиев (%), количеству патологических клеток (%) и целостности мембран (%). В опыте по хранению разбавленной спермы, ее выдерживали в условиях холодильника (при 4°С) до полной потери подвижности. Световое микроскопирование спермы проводили на световом биологическом микроскопе «Olympus» CX41 при увеличении 400х с использованием цифровой камеры XC50.

Для определения целостности мембран применяли: метод световой микроскопии с использованием водорастворимого красителя – эозина (по Морозову) [4, 5]; гипоосмотический тест, при котором живые клетки с неповрежденными мембранами набухают в гипотоническом растворе и жгутики скручиваются кольцом, мертвые спермии не изменяются [6-8]; метод двойной флуоресценции, разработанный фирмой Molecular Probes [10], с использованием набора LIVE/DEAD™ Sperm Viability Kit L 7011 (Life Technologies Limited, Scotland). Набор состоит из двух красителей: компонент А (SYBR-14) и компонент В (пропидиум йодид – PI). Жизнеспособные клетки красятся только SYBR-14 и флуоресцируют ярким зеленым цветом, а мертвые спермии с поврежденной мембраной красятся обоими красителями и флуоресцируют красным цветом от пропидиум йодида [11, 12]. Микроскопирование проводилось на люминесцентном микроскопе Альтами-ЛЮМ 1 LED (С.-Петербург).

Статистическую обработку проводили с использованием программ Microsoft Excel 2010, Statistica 8.

Результаты и обсуждение. В описаниях метода окраски спермы эозином по Морозову обычно указывается 5%-ный раствор. В последние годы чаще всего рекомендуется готовить 0,5-2 или 3%-ный краситель [3-5]. Мы испытали различную концентрацию эозина – от 0,5 до 5%-ной. Все варианты показали одинаковую результативность, но наиболее удобны для просмотра 2 или 3%-ный препарат. В 5%-ном растворе окрашенные клетки сливаются с фоном, а в 0,5-1%-ном клетки выглядят бледно, что затрудняет подсчет.

Кроме того, рекомендуется два варианта приготовления препарата: в виде капли или мазка. При просмотре капельного препарата спермии некоторых жеребцов не прекращают движение в течение 1-2 часов, и это усложняет подсчет. В таких случаях удобнее готовить препарат в виде мазка.

Микроскопирование капельных образцов спермы разных жеребцов, окрашенных эозином, показало, что среди неокрашенных сперматозоидов (живых) часть клеток подвижны, а часть – неподвижны. Среди тех и других имеются морфологически измененные, т.е. паталогические формы. Таким образом, не все неокрашенные, так называемые «живые», функциональны. Похожую картину отмечают многие исследователи [8, 13-16]. Такое явление авторы объясняют тем, что витальные красители не выявляют клетки в начальной стадии апоптоза (естественного отмирания), а проникают под оболочку только на поздних этапах, т.е. после разрушения клеточной мембраны.

С целью раннего обнаружения начальных этапов апоптоза клеток применяют флюорохромные красители, проникающие под мембрану и окрашивающие ядро [9-12]. Считается, что эти красители наиболее точно выявляют число погибших клеток.

Результативность использованных нами методов определения целых мембран спермиев (окраска с эозином, гипо-осмотический тест и окраска с флюорохромами (SYBR+PI) представлена на рисунке 1.

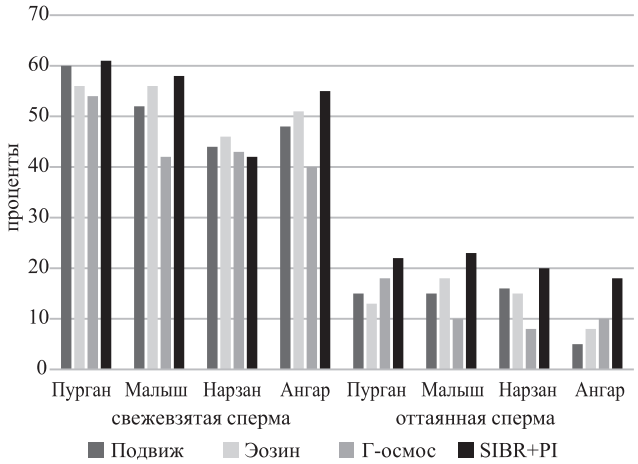


Рис. 1. Подвижность спермы и целостность мембран отдельных жеребцов, %.

Табл. 1. Подвижность и сохранность мембран свежей и заморожено-оттаянной спермы, %

Метод определения	Свежевзятая сперма		Заморожено-оттаянная сперма		Коэффициент корреляции
	подвижность	целых мембран	подвижность	целых мембран	
Окраска эозином		53±7		27±3	0,91
Гипо-осмотический тест	55±3	45±3	25±1,5	18±2	0,76
Окраска с флюорохромами (SYBR+PI)		60±5		32±4	0,80

Табл. 2. Подвижность и сохранность мембран спермиев в процессе хранения, %

Метод определения	Начало хранения		Конец хранения	
	подвижность	целых мембран	подвижность	целых мембран
Окраска эозином		52±7		20±4
Гипо-осмотический тест	48±0,5	42±4	2±0,2	14±3
Окраска с флюорохромами (SYBR+PI)		60±8		26±5

Наибольший процент живых клеток был получен в случае окрашивания с флюорохромами, наименьший – при использовании гипо-осмотического теста (табл. 1). Использование эозина в среднем дало более высокий результат целых мембран относительно подвижности спермиев, но при вычитании паталогических неокрашенных спермиев отличия упали до минимальных значений и находились в пределах ошибки.

При окраске эозином хорошо различимы паталогические спермии, что невозможно оценить ни с флюорохромными красителями, ни при постановке гипо-теста. После вычитания из общего количества неокрашенных клеток количества неокрашенных паталогических спермиев получается результат, который имеет высокий коэффициент корреляции с подвижностью – 0,91. При использовании гипо-теста и при окраске флюорохромами также получены высокие коэффициенты корреляции 0,76 и 0,8, соответственно.

Метод окрашивания спермы эозином очень прост, доступен, экономичен. Использование современных видеосистем позволяет проводить быстрый подсчет без большого напряжения для глаз с возможностью сразу же считать и паталогические виды спермиев.

В опыте по установлению сохранности мембран спермиев в процессе хранения (табл. 2) все примененные методы показали, что при полной потере подвижности процент целых мембран снижается, но снижение происходит не одновременно с подвижностью и не до нуля (рис. 2). Значительное количество клеток остаются с целыми мембранами до конца хранения при полной остановке движений. У некоторых жеребцов количество целых мембран вообще не снизилось в течение хранения, т.е. прекращение подвижности спермиев происходит по причине расходования энергетического материала в митохондриях жгутика, и не имеет связи с целостностью мембран.

Установлено, что наибольший процент целых мембран был получен в случае использования окраски с флюорохромами, наименьший – при применении гипо-осмотического теста. Световая микроскопия с эозином наиболее адекватно отражает состояние наружной мембраны клетки и является более доступным методом с точки зрения технической оснащенности и экономичности.

Полученные нами данные не согласуются с результатами сравнительных опытов других авторов. Так, в исследованиях Евдокимова В.В. с соавторами [14, 15] при использовании окраски эозином и флюорохромами окрашивание свежей спермы мужчин было одинаковым, но после повреждения мембран и замораживания окраска флюорохромами лучше выявляла повреждения. В опытах Плосконос М.В. [16] поврежденные мембраны спермиев лучше выявлялись эозином на начальных этапах и в процессе хранения, а при оксидативном повреждении – при использовании флюорохрома PI. Для спермы птиц [17] окрашивание флюорохромами (SYBR-14 + PI) было более эффективным в свежей сперме, чем эозин-нигрозином, с оговоркой, что результаты были сопоставимы после оттаивания спермы. Низкая корреляция была получена в исследовании Bahamondes et.al. [7] при сравнении результатов гипо-осмотического теста с эозиновой окраской спермиев мужчин. На пчелиных спермиях наибольшее количество повреждений мембран было выявлено с помощью флюорохромов, чем гипо-тестом [8]. Вероятно, различия в полученных результатах связаны с морфологическими и биохимическими характеристиками спермы разных видов.

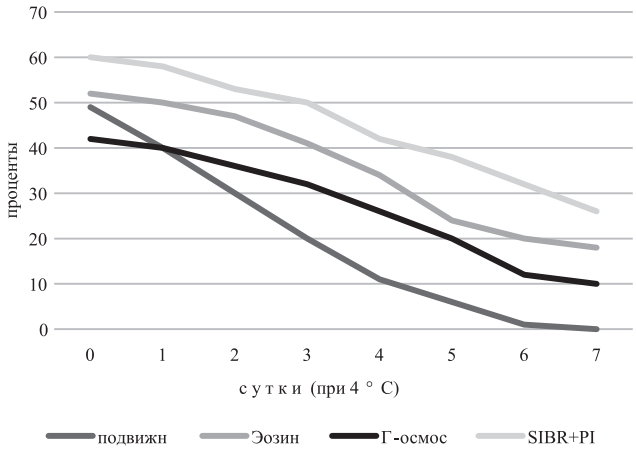


Рис.2. Подвижность спермиев и целостность мембран в процессе хранения спермы.

Таким образом, выявлено, что для определения целостности мембран спермиев жеребцов-производителей наиболее предпочтителен метод окрашивания эозином, давший наивысшую корреляцию с подвижностью сперматозоидов, который отличается простотой, доступностью, экономичностью и позволяет параллельно подсчитывать паталогические виды клеток. При использовании окраски флюорохромами (SYBR-14 + PI) и гипо-осмотического теста морфологическое исследование спермиев требуется проводить дополнительно.

Литература

1. *Инструкция по искусственному осеменению и трансплантации эмбрионов лошадей. – Дивово: Изд. ГНУ ВНИИ коневодства, 2012. – 72 с.*
2. *Курбатов А.Д., Платов Е.М., Корбан Н.В., Мороз Л.Г., Наук В.А. Криоконсервация спермы сельскохозяйственных животных. – М.: Агропромиздат, 1988. – 256 с.*
3. *Руководство ВОЗ по исследованию и обработке эякулята человека. – М.: «Капитал Принт», 2012. – 291 с.*
4. *Шатохина И.С., Кузнецова В.С. Исследование эякулята. – М.: Изд. МОНИКИ, 2014. – 48 с.*
5. *Брагина Е.Е., Абдумаликов Р.А. Руководство по сперматологии. – М.: «СОРЕК-полиграфия», 2002. – 107 с.*
6. *Fuse, H., Ohta, S., Sakamoto, M., Kazama, T., Katayama, T. Hypoosmotic swelling test with a medium of distilled water // Apidologie. – 1993. – V.30. – P. 111–116.*
7. *Bahamondes L., Fazano F., De Lucio M.A., Neves P.A., Bottcher L.F., Lorenzetti G.B. Evaluation of human sperm membrane integrity using the water test and the hypoosmotic test // Andrologia. – 2001. – V.33. – P. 75–77.*
8. *Nur Z., Seven-Cakmak S., Ustuner B., Cakmak I. The use of the hypo-osmotic swelling test, water test, and supravital staining in the evaluation of drone sperm // Apidologie. – 2012. – V.43. – P. 31–38.*
9. *Кудрявцев И.В., Головкин А.С., Зурочка А.В., Хайдуков С.В. Современные методы и подходы к изучению апоптоза в экспериментальной биологии // Медицинская иммунология. – 2012. – Т. 14. – № 6. – С. 461-482.*
10. *Плосконос М.В. Методы определения апоптоза сперматозоидов (Обзор литературы) // Биохимия. – 2013. – № 4. – С.3-8.*
11. *Gamer D.L, Johnson L.A, Yue S.T, Roth B.L, Haugland R.P. Dual DNA staining assessment of bovine sperm viability using SYBR-14 and propidium iodide // J. Andrologie. – 1994. – №16. – P.620-629.*
12. *Garner D.L., Johnson L.A. Viability Assessment of Mammalian Sperm Using SYBR-14 and Propidium Iodide // Biology of Reproduction. – 1995. – №53. – P. 276-284.*
13. *Атрощенко М.М., Сафронова О.С., Чекой Н.А. Определение жизнеспособности сперматозоидов жеребцов // Коневодство и конный спорт. – 2010. – №6. – С. 13-15.*
14. *Евдокимов В.В., Харламова Л.А., Айбятов Д.Т., Туровецкий В.Б. Сопоставление методов и условий для качественной оценки сперматозоидов человека // Проблемы репродукции. – 2012. – № 3. – С. 68-71.*
15. *Евдокимов В.В., Харламова Л.А., Айбятов Д.Т., Ерохин А.С., Туровецкий В.Б. Применение проточной цитометрии для оценки жизнеспособности сперматозоидов человека // Экспериментальная и клиническая урология. – 2012. – №3. – С. 48-50.*
16. *Плосконос М.В., Применение эозина и йодистого пропидия для оценки жизнеспособности сперматозоидов человека // Клиническая лабораторная диагностика. – 2014. – № 11. – С. 22 -24.*
17. *Chalah T., Brillard J.P. Comparison of assessment of fowl sperm viability by eosin-nigrosyn and dual fluorescence (SYBR-14) // Theriogenology. –1998. – №50. – P. 487–493.*

Поступила в редакцию 21.01.20
После доработки 30.01.20
Принята к публикации 06.02.20

УДК 636.084 DOI:10.31857/S2500262720030126

РАПСОВЫЙ ЖМЫХ В КОРМЛЕНИИ БРОЙЛЕРОВ

А.П. Гаганов, З.Н. Зверкова, кандидаты сельскохозяйственных наук,
К.В. Харламов, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса,
Московская область, Лобня, ул. Научный городок, 1
E-mail: gaganovvnii@mail.ru

Проведены исследования по эффективности использования комбикорма, содержащего 5, 10, 12,5 и 15% рапсового жмыха, на цыплятах-бройлерах кросса Habbard F-15. Цель работы – установить эффективность использования комбикормов с различным уровнем жмыха, полученного из сорта Подмосковный ярового рапса нового поколения селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р.Вильямса» в кормлении цыплят-бройлеров. Затраты комбикорма в расчете на 1 кг прироста живой массы бройлеров в опытных группах снижались. Переваримость основных питательных веществ при включении в состав комбикорма 5 и 10% рапсового жмыха, по сравнению с контролем, практически не различалась, за исключением клетчатки, а среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров возрастал на 1,6 и 2,0%. Увеличение содержания рапсового жмыха в составе комбикорма до 12,5 и 15,0% привело к снижению основных зоотехнических и экономических показателей при выращивании молодняка птицы. Жмых, полученный из сорта Подмосковный рапса селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», рекомендуется включать в состав комбикорма для цыплят-бройлеров в количестве 10% по массе. Такое содержание рапсового жмыха способствует увеличению прироста живой массы молодняка на 2,0%, повышению эффективности использования комбикорма на 2,7%, возрастанию европейского индекса продуктивности на 22 единицы.

RAPE CAKE IN FEEDING OF BROILERS

Gaganov A.P., Zverkova Z.N., Kharlamov K.V.

Federal scientific center for fodder production and Agroecology named after V.R. Williams,
Moskovskaya oblast, Lobnya, ul. Nauchny Gorodok, 1
E-mail: gaganovvnii@mail.ru

Studies have been conducted on the effectiveness of using feed containing 5, 10, 12.5 and 15% rapeseed cake on broiler chickens of the Habbard F-15 cross. The aim of this work is to establish the efficiency of feed with different levels of bagasse, derived from varieties of spring rapeseed Podmoskovny new generation of breeding Federal scientific center for fodder production and Agroecology named after V.R. Williams» in feeding of broiler chickens. Feed costs per 1 kg of live weight gain of broilers in the experimental groups were reduced. The digestibility of the main nutrients when 5 and 10% rapeseed cake was included in the feed, compared with the control, did not differ much, except for fiber, and the average daily increase in live weight of broiler chickens increased by 1.6 and 2.0%. An increase in the content of rapeseed cake in the feed to 12.5 and 15.0% led to a decrease in the main zootechnical and economic indicators for growing young poultry. Cake obtained from the variety Podmoskovny rapeseed selection of the Federal scientific center for fodder production and Agroecology named after V.R. Williams, it is recommended to include in the compound feed for broiler chickens in an amount of 10% by weight. This content of rapeseed cake contributes to an increase in the live weight of young animals by 2.0%, an increase in the efficiency of feed use by 2.7%, and an increase in the European productivity index by 22 units.

Ключевые слова: *жмых из рапса, цыплята-бройлеры, переваримость питательных веществ, живая масса*

Key words: *rapeseed cake, broiler chickens, nutrient digestibility, live weight*

Основой экономически оправданного производства продукции птицеводства является использование современных норм кормления. Важное значение в сбалансированном питании птицы имеет обеспечение ее протеином. В качестве белковой добавки широко используется соевый шрот. Следует учитывать и тот факт, что значительное количество сои используется в пищевой промышленности. В виду ограниченности ресурсов, связанной с климатическими особенностями выращивания культуры, производство сои в стране не может полностью удовлетворить потребность в ней. Кроме того, рост продукции птицеводства приводит к увеличению спроса на белковые корма и, как следствие, повышению цен на них. В этих условиях поиск альтернативных белковых кормов является одной из задач отечественного кормопроизводства.

Изыскание путей снижения затрат в птицеводстве повысило внимание к нетрадиционным кормам местного производства, к которым можно отнести рапсовый жмых. Однако существуют объективные причины, ограничивающие его использование в кормлении птицы, прежде всего – наличие в нем антипитатательных веществ. Эти вещества, содержащиеся в зерне рапса, представлены в основном эруковой кислотой и глюкозинолатами [1, 2]. Избыточное их поступление в организм птицы приводит к уменьшению поедаемости комбикормов, усвояемости питательных веществ, задержке развития молодняка, снижению продуктивности, увеличению затрат кормов на единицу произведенной продукции, а соответственно, и ее себестоимости.

Выведение сортов рапса с низким содержанием антипитательных веществ является основным методом, позволяющим использовать его в кормлении животных. Источником белкового сырья для комбикормов могут быть сорта рапса нового поколения селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса». Они отличаются экологической пластичностью, устойчивой семенной продуктивностью, высоким содержанием жира и сырого протеина, низким количеством антипитательных веществ [3-5]. При постоянно увеличивающихся ценах на комбикорма особое внимание уделяется их конверсии, а также оценке используемых источников сырья, которые должны быть экономически эффективными. Несмотря на значительные успехи селекционеров в снижении содержания антипитательных веществ в каноловых сортах рапса, произведенные из них жмы-

Табл. 1. Схема опыта

Группа	Рацион
Контрольная	Комбикорм без рапсового жмыха
1 опытная	Комбикорм содержал 5% рапсового жмыха
2 опытная	Комбикорм содержал 10% рапсового жмыха
3 опытная	Комбикорм содержал 12,5% рапсового жмыха
4 опытная	Комбикорм содержал 15% рапсового жмыха

хи и шроты не могут быть единственным источником белка в комбикормах для сельскохозяйственной птицы. В проведенных ранее исследованиях нет однозначного толкования возможного уровня введения рапсового жмыха в состав комбикормов для цыплят-бройлеров. По данным разных авторов, включение рапсового жмыха в комбикорм может варьировать от 5 до 20% в разные возрастные периоды выращивания молодняка [6-14]. Поэтому не только зерно сортов нового поколения рапса, но и продукты его переработки (жмыхи и шроты) требуют оценки в зоотехнических опытах и только в этом случае могут эффективно использоваться в кормлении птицы.

Цель исследования – установить эффективность использования комбикорма с различным уровнем жмыха, полученного из сорта рапса нового поколения селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» в кормлении цыплят-бройлеров.

Методика. В эксперименте использован жмых, приготовленный из ярового рапса сорта Подмосковный. Исследования проведены в условиях вивария ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» на цыплятах-бройлерах кросса Habbard F-15. Методом пар-аналогов были сформированы пять групп по 35 голов в каждой в соответствии с требованиями к проведению научных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы [15]. Цыплят содержали во фрагментах клеточной батареи с суточного до 35-дневного возраста. Фронт кормления и поения, температурный, световой и влажностный режимы, а также плотность посадки были обеспечены в соответствии с существующими рекомендациями [16]. Исследования по оценке рапсового жмыха проводили согласно схемы опыта, приведенной в таблице 1.

При проведении исследований учитывали живую массу путем взвешивания птицы 1 раз в неделю, сохранность поголовья, среднесуточный и валовой прирост живой массы, затраты корма, а также убойный выход. Для определения переваримости питательных веществ комбикорма, содержащего различное количество рапсового жмыха, был проведен физиологический опыт. Цыплята-бройлеры во всех группах в стартовый и финишный периоды с суточного возраста получали сбалансированный по всем питательным веществам комбикорм (табл. 2), согласно рекомендаций ВНИТИП [6]. В комбикорме контрольной группы использовали соевый шрот. В комбикорме опытных групп его частично (согласно схемы опыта) заменяли рапсовым жмыхом.

Химический анализ комбикормов и биологического материала проводили в аналитической лаборатории ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» по общепринятым методикам зоотехнического анализа [17], аминокислотный состав – на аминокислотном анализаторе (система капиллярного электрофореза «Капель-105 М»). Математическая обработка результатов исследований проведена методом вариационной статистики [18].

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1966)». При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

Результаты и обсуждение. Созданные в ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» сорта рапса характеризуются низким содержанием антипитательных веществ и высоким уровнем масла. Однако следует отметить, что рапсовый жмых по содержанию протеина и аминокислотному составу во многом уступает соевому шроту (табл. 3).

Содержание сырого протеина в рапсовом жмыхе составило 38,33%, что на 8,48% ниже, чем в соевом шроте. Состав соевого шрота был более богат незаменимыми аминокислотами и только по содержанию треонина уступал рапсовому жмыху. Рапсовый жмых значительно превосходил соевый шрот по содержанию масла, сырой клетчатки, кальция и фосфора, но усту-

Табл. 2. Состав комбикормов, %

Показатель	Стартовый период					Финишный период				
	Группа					Группа				
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Пшеница	47,70	46,28	44,69	44,72	44,32	49,61	47,93	47,34	47,54	47,50
Кукуруза	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Соевый шрот	23,72	19,93	16,23	14,56	12,68	18,20	14,50	11,00	9,40	7,54
Рапсовый жмых	-	5,00	10,00	12,50	15,00	-	5,00	10,00	12,50	15,00
Мясо-костная мука	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
Рыбная мука	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
Люцерновая мука	1,67	1,67	1,67	0,80	0,40	3,00	3,00	2,00	1,00	0,50
Масло подсолнечное	3,75	3,96	4,27	4,25	4,40	5,62	6,00	6,10	6,00	5,90
Премикс	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Лизин	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
Метионин	0,06	0,06	0,06	0,09	0,12	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Табл. 3. Химический и аминокислотный состав рапсового жмыха и соевого шрота (расчёт на абсолютно сухое вещество)

Показатель	Рапсовый жмых	Соевый шрот
Химический состав, %		
Сырой протеин	38,33	46,81
Сырой жир	11,76	2,33
Сырая клетчатка	11,90	5,40
Са, г	0,69	0,56
Р, г	0,78	0,81
Содержание аминокислот, г/кг		
Лизин	2,17	2,67
Метионин	0,53	0,59
Цистин	0,39	0,56
Аргинин	2,49	3,28
Триптофан	0,56	0,78
Валин	2,08	2,15
Гистидин	1,29	1,35
Глицин	1,62	1,77
Изолейцин	1,52	2,12
Лейцин	2,54	3,23
Фенилаланин	1,41	2,00
Тирозин	1,07	1,43
Треонин	1,72	1,61

пал ему по количеству обменной энергии. Введение рапсового жмыха в состав комбикорма способствовало уменьшению потребности в соевом шроте в стартовый и финишный периоды выращивания цыплят-бройлеров в 1 опытной группе на 3,79 и 3,70%, во 2 опытной группе – на 7,49 и 7,20, в 3 опытной группе – на 9,16 и 8,80 и в 4 опытной группе – на 11,04 и 10,66%.

Для обеспечения высокой продуктивности птицы большая часть поступивших в ее организм с кормом питательных веществ должна преобразоваться в продукцию. Конвертироваться в нее может только переварившаяся часть пищи. Данные о переваримости питательных веществ корма цыплятами-бройлерами, приведенные в таблице 4, служат одним из индикаторов рационального использования комбикорма.

Результаты опытов показали, что при включении в состав комбикорма рапсового жмыха в количестве 5 и 10%, увеличивалась переваримость сырой клетчатки на 6,0 и 11,5%. Переваримость остальных питательных веществ изменялась незначительно. Увеличение доли рапсового жмыха до 12,5 и 15% способствовало уменьшению переваримости сухого вещества на 2,93 и 6,4%, органического вещества – на 3,25 и 6,28, сырого протеина – на 2,88 и 5,33, сырого жира – на 2,19 и 3,62, сырой клетчатки – на 3,94 и 10,72, безазотистых экстрактивных веществ – на 3,25 и 4,41% по сравнению с контрольной группой. Это свидетельствует о снижении полезного значения комбикорма, уменьшении его участия в преобразовании в продукцию.

Основные зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров до возраста 35 суток приведены в таблице 5.

Сохранность молодняка в период эксперимента во всех группах составила 100%. В конце исследования живая масса цыплят-бройлеров в 3 и 4 опытных группах была значительно ниже, чем в контрольной и первых двух опытных группах. Среднесуточный прирост живой массы у цыплят, получавших комбикорм, содержащий 5 и 10% рапсового жмыха, был на 1,6 и 2,0% выше, чем в контрольной группе. В 3 и 4 группах этот показатель снижался по сравнению с контролем на 4,8 и 7,7%.

Табл. 4. Коэффициенты переваримости питательных веществ комбикорма, %

	Сухое вещество	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Безазотистые экстрактивные вещества
Контрольная	76,74	79,52	88,57	88,76	18,46	85,04
1 опытная	76,72	79,05	88,55	89,35	24,46	85,32
2 опытная	77,13	79,07	88,97	89,07	30,01	84,96
3 опытная	73,81	76,00	85,69	86,57	14,52	81,79
4 опытная	70,34	72,97	83,24	85,14	7,74	80,63

Затраты корма в расчете на 1 кг прироста живой массы минимальными были у цыплят 1 и 2 опытных групп, получавших с комбикормом 5 и 10% рапсового жмыха. В 3 опытной группе этот показатель был на уровне контроля, а в 4 – на 1,3% выше. Увеличение в составе комбикорма рапсового жмыха до 12,5 и 15% ухудшало использование питательных веществ. Эффективность конвертирования комбикорма в прирост живой массы была самой высокой в 1 и 2 опытных группах и оказалась равной 65,3 и 65,8%, в то время как в контрольной этот показатель составил 63,1%. Повышение содержания рапсового жмыха в составе комбикорма до 12,5 и 15,0% уменьшало эффективность его использования по сравнению с 1 и 2 опытными группами до 63,7 и 62,2%.

Убойный выход, полученный у цыплят контрольной и опытных групп, не имел значительных различий. У молодняка 4 опытной группы он был самым низким и составил 73,11%. Масса внутренних органов цыплят-бройлеров соответствовала физиологической норме.

В качестве одного из главных обобщающих показателей производства мяса цыплят-бройлеров принят европейский индекс продуктивности, при расчёте которого учитываются основные показатели бройлерного производства: прирост живой массы, сохранность поголовья и конверсия корма. Включение рапсового жмыха в количестве 5 и 10% в состав комбикормов способствовало его увеличению на 19 и 22 единицы по сравнению с показателем контрольной группы, в то время как при содержании 12,5 и 15% рапсового жмыха индекс снижался на 15 и 32 единицы. Увеличение содержания рапсового жмыха в составе комбикорма до 12,5 и 15% привело к снижению основных зоотехнических и экономических показателей при выращивании цыплят-бройлеров.

Таким образом, жмых, полученный из сорта Подмосковный рапса селекции ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», рекомендуется включать в состав комбикорма для цыплят-бройлеров в количестве 10% по мас-

Табл. 5. Основные зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров

Показатель	Группа				
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Сохранность поголовья, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Средняя живая масса, г:					
суточного молодняка	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0
в возрасте 35 дней:					
петушки	2116,3 ±44,1	2157,1±35,1	2178,8±46,1	2039,4±40,8	1998,8±46,3
курочки	1924,0 ±28,3	1934,5±21,3	1929,5±31,8	1812,5±32,2	1732,1±40,0
в среднем	2009,4 ±30,4	2039,6±37,9	2047,2±35,1	1913,3±35,7	1858,1±36,8*
Среднесуточный прирост живой массы, г	56,2	57,1	57,3	53,5	51,9
Убойный выход, %	74,70	75,51	74,39	74,12	73,11
Затраты корма на 1 гол., кг	3,12	3,06	3,05	2,94	2,92
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	1,55	1,50	1,49	1,54	1,57
Использование азота, %	58,7	59,1	60,6	56,6	48,2

* P≤ 0,05 по сравнению с контрольной группой

се. Такое содержание рапсового жмыха в комбикорме способствует увеличению прироста живой массы молодняка на 2,0% и повышает эффективность использования комбикорма на 2,7%.

Литература

1. *Косолапов В.М., Фицев А.И., Гаганов А.П. Нетрадиционные зерновые и зернобобовые культуры и их использование в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. – М.: ФГУ РЦСК, 2009. – 30 с.*
2. *Шпаков А.С., Фицев А.И., Гаганов А.П. Использование рапса в кормлении сельскохозяйственных животных. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 40 с.*
3. *Воловик В.Т., Новоселов М.Ю., Прологова Т.В. Рапсосеяние в Нечерноземной зоне и его роль в производстве растительного масла и высокобелковых концентрированных кормов // Адаптивное кормопроизводство. – 2013. – № 1. – С. 14-20.*
4. *Воловик В.Т., Прологова Т.В. Селекция озимого рапса для условий лесной зоны // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – №2. – С.16-20.*
5. *Воловик В.Т., Шпаков А.С., Новоселов Ю.К., Прологова Т.В., Сергеева С.Е., Коровина Л.М., Леонидова Т.В. Масличные капустные культуры в растениеводстве Центрального экономического района // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – №2. – С.33-35.*
6. *Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова. – Сергиев Посад, 2014. – 155 с.*
7. *Ленкова Т., Егорова Т. Рапсовый жмых: сколько нужно бройлерам // Комбикорма. – 2011. – № 2. – С. 68-70.*
8. *Пономаренко Ю. Рапс и продукты его переработки для птицеводства // Комбикорма. – 2012. – № 4. – С. 57-59.*
9. *Khajali F., Slominski B. A. Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry // Poult. Sci. – 2012. – №91 (10). – P. 2564-2575.*
10. *Gopinger E., Xavier E.G., Elias M.C., Catalan A.A.S., Castro M.L. S., Nunes A.P., Roll V.F.B. The effect of different dietary levels of canola meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology of broiler chickens // Poult. Sci. – 2014. – №93. – P. 1130-1136.*
11. *Rabie M.H., Hayam M.A. Abo El- Maaty, El- Gogary M.R., Marwa Sh. Abdo. Nutritional and physiological effects of different levels of canola meal in broiler chick diets // Asian Journal of animal and veterinary Advances. – 2015. – № 10(4). – P. 161-172.*
12. *Aljuobori A., Zulkifli I., Soleimani A.F., Abdullah N. and Liang J.B. Higher inclusion rate of canola meal under high environmental temperature for broiler chikens // Europ.Poult.Sci. – 2016. – №95. – P. 1326-133.*
13. *Hamada A. Ahmed, Reham Abou-Elkhair, Sara A. Ketkat & Shaimaa Selim. Growth and Economic Performance of Broiler Chickens Fed on Graded Levels of Canola Meal with or without Multi-Enzyme Supplementation // Journal of Agricultural Science. – 2015. – Vol. 7. – No. 6. – P.137-149.*
14. *Егорова Т.А., Ленкова Т. Н. Рапс (Brassica rapus L.) и перспективы его использования в кормлении птицы // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 2. – С. 172-182.*
15. *Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова. – Издательский дом «Весь Сергиев Посад», 2013. – 50 с.*
16. *Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий / В.Н. Виноградов, С.С. Шевченко, М.Ф. Мальгин. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 217 с.*
17. *Методы анализа кормов / В.М. Косолапов, И.Ф. Драганов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова. – М.: ООО «Угрешская типография», 2011. – 219 с.*
18. *Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1970. – 424 с.*

Поступила в редакцию 25.02.20
После доработки 03.03.20
Принята к публикации 10.03.20

УДК 619:616-092.19+636.2.087.74+636.2.034 DOI:10.31857/S2500262720030138

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО СТРЕССА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН*

Е.О. Крупин, кандидат ветеринарных наук

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ Казанский научный центр РАН,
420059, Казань, ул. Оренбургский тракт, 48
E-mail: e.krupin@knc.ru

Цель исследования – оценка характера изменения регионального климата и степени вовлеченности животных в состояние теплового стресса. Использованы массивы данных температуры и влажности воздуха на метеостанциях Республики Татарстан №27595; №28506; №28704 за период 1996-2015 гг. Расчет температурно-влажностного индекса (ТВИ) выполнен по J. West (1994), степени теплового стресса классифицированы в соответствии с LPHSI (1990). Результаты указывают на относительную выравненность температур воздуха в весенний и осенний периоды (5,30±0,21 и 5,36±0,18 °С). Тренд средних температур зимних периодов имел тенденцию к увеличению на 43,25% в 2010 году относительно 2001 года, а летних – к увеличению на 27,04%. Средняя температура зимы 1996 года превышала таковую зимы 2010 года на 0,41 °С, а зима 2015 года оказалась самой теплой, средняя температура составила минус 7,13 °С. Средняя температура лета 1996 года составила 18,48 °С, что на 0,32 °С ниже среднего многолетнего значения. Средняя температура лета 2015 года оказалась на 0,50 °С ниже, чем среднее многолетнее значение. На основании проведенных расчетов ТВИ установлено, что в 64,02% случаев в летний период крупный рогатый скот не испытывал теплового стресса, а 35,98% – был подвержен тепловому стрессу разного уровня, причем более всего – крайне тяжелому (24,62%). Отмечено наибольшее влияние температуры на показатель ТВИ (r = 0,995 (p < 0,01) и R^2 = 0,9899).

EVALUATION OF HEAT STRESS AT CATTLE USING ANALYSIS OF METEOROLOGICAL VALUES

Krupin E.O.

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences
420059, Kazan, ul. Orenburgskij tract, 48
E-mail: e.krupin@knc.ru

The purpose of the study is to assess the nature of regional climate change and the degree of animal involvement in heat stress. Datasets of temperature and humidity were used at weather stations of the Republic of Tatarstan No. 27595; No. 28506; No. 28704 for the period 1996-2015 The temperature-humidity index (THI) was calculated according to J. West (1994), the degrees of heat stress are classified in accordance with LPHSI (1990). The results indicate a relative uniformity of air temperatures in the spring and autumn periods (5.30 ± 0.21 and 5.36 ± 0.18 °C). The trend of average winter temperatures tended to increase by 43.25% in 2010 relative to 2001, and summer ones - to increase by 27.04%. The average temperature of the winter of 1996 exceeded that of the winter of 2010 by 0.41 °C, and the winter of 2015 was the warmest, the average temperature was minus 7.13 °C. The average summer temperature of 1996 was 18.48 °C, which is 0.32 °C lower than the long-term average. The average summer temperature of 2015 turned out to be 0.50 °C lower than the long-term average. Based on the calculations made by THI, it was found that in 64.02% of cases in the summer, cattle did not experience heat stress, and 35.98% were exposed to heat stress of various levels, and most of all it was extremely severe (24.62%). The greatest effect of temperature on THI was noted (r = 0.995 (p<0.01) and R2 = 0.9899).

Ключевые слова: *климат, тепловой стресс, крупный рогатый скот, температурно-влажностный индекс*

Key words: *climate, heat stress, cattle, temperature-humidity index*

Происходящие изменения климата существенно влияют на отрасли животноводства и растениеводства. При увеличении температуры воздуха и уменьшении количества осадков снижается содержание сырого протеина в кормах, что требует дополнительного обеспечения животных высокобелковыми кормовыми средствами. Общая оценка затрат только по этому показателю составляет в США 1,9 миллиардов долларов в год. Кроме того, темпы улучшения адаптационных способностей животных при использовании традиционных методов селекции гораздо медленнее, чем темпы изменения климата [1-3]. Даже если рацион кормления животных будет детально сбалансирован, сложно адекватно оценить его продуктивное действие, так как при увеличении температуры окружающей среды снижается потребление корма, его усвояемость, а время нахождения кормовых масс в желудочно-кишечном тракте животных во время теплового стресса может возрастать [4].

Воздействие климатических факторов на крупный рогатый скот во многом будет зависеть от региона разведения и уровня продуктивности [5]. Реакция животных на стресс обычно сопровождается снижением интенсивности роста и развития, уменьшением удоев. Количество недополученного молока может составлять от 35 до 210 л на корову в год [6]. Прогнозируется, что молочная промышленность США к 2030 году из-за снижения молочной продуктивности животных в результате теплового стресса, обусловленного изменением климата, недополучит от 0,60% до 1,35% молока, а в южных штатах – 2,0% и более [7]. Суммарные годовые потери от теплового стресса оцениваются от 1,69 до 2,36 миллиардов долларов в год, из которых 900 миллионов приходится на отрасль животноводства [8, 9]. Риск уменьшения поголовья животных мясного и молочного направления от теплового стресса составляет 3,2% и 2,3% соответственно [10].

Молочный скот сильнее подвергается тепловому стрессу, чем другие породы крупного рогатого скота, из-за высокого уровня метаболизма во время лактации. Особенно чувствительны высокопродуктивные животные [11, 12]. Например, тепловой стресс у дойных коров сопровождается снижением секреции глюкокортикоидов, тироксина, соматотропина, увеличением секреции адреналина, лептина, инсулина [13]. Количество и сила сокращений рубца при тепловом стрессе

* Исследование выполнено в рамках государственного задания АААА-А18-118031390148-1 в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН.

снижаются, температура внутри рубца может возрастать, жвачка становится редкой, количество жевательных движений уменьшается [14]. Однако, наблюдаемые изменения обратимы [15].

Изменение климата затрагивает не только животноводство, его влияние на социальные и экономические сферы огромно. Республика Татарстан занимает лидирующие позиции в РФ по производству молока, однако адекватно оценить масштабы воздействия теплового стресса на скотоводство в связи с изменениями регионального климата так и не удалось.

Цель исследований – оценка характера изменения регионального климата и степени вовлеченности животных в состояние теплового стресса.

Методика. Для оценки изменения климата были использованы массивы данных температуры и влажности воздуха за период 1996-2015 гг. на трех метеостанциях Республики Татарстан: №27595, №28506, №28704, расположенных в различных агроклиматических зонах региона, по анализу показаний которых можно получить объективные средние данные. Координаты метеостанции №27595: 55°80′ северной широты, 49°30′ восточной долготы; координаты метеостанции №28506: 55°80′ северной широты, 52°10′ восточной долготы; координаты станции №28704: 54°50′ северной широты, 50°40′ восточной долготы [16].

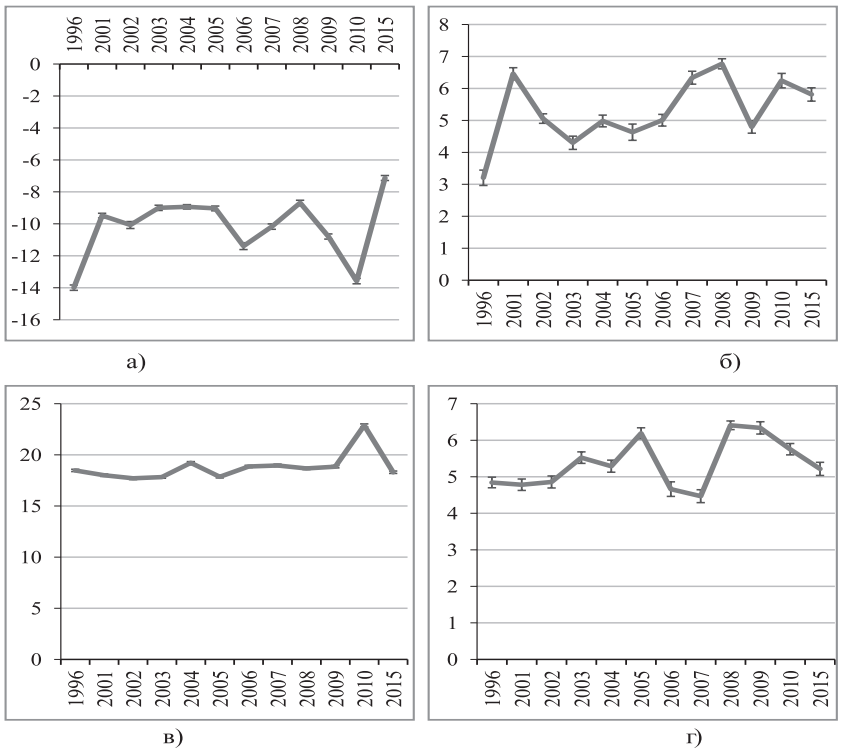


Рис. 1. Динамика средней температуры воздуха в 1996, 2001-2010 и 2015 годах (°С) по сезонам: а) зима, б) весна, в) лето, г) осень.

На основании исследований A.M. Marciniak (2014) [17] было предположено, что используя температурно-влажностный индекс (ТВИ) возможно установить, в какие периоды и на сколько сильно животные на терррритории Республики Татарстан подверглались теловому стрессу с учетом условий их содержания в животноводческих помещниях.

Расчет ТВИ выполнен по J. West (1994) [18]:

$$ТВИ=(9/5\times T_{(°C)}+32)-[((0,55-(0,55\times H/100))\times \times ((9/5\times T_{(°C)}+32)-58,8))],$$

где $T_{(°C)}$ – температура воздуха, °С; H – влажность воздуха, %.

Степени теплового стресса классифицированы в соответствии с LPHSI (1990) [19] на основании ТВИ для крупного рогатого скота: если ТВИ менее 82 – отсутствует тепловой стресс; более 82, но менее 84 – умеренный; более 84, но менее 86 – тяжелый; более 86 – крайне тяжелый тепловой стресс. Анализ массивов данных, расчет коэффициентов корреляции, построение круговой диаграммы и диаграмм рассеяния с диаграммами размаха выполнены с использованием программы Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA) и SPSS 17.0 (IBM, USA).

Результаты и обсуждение. G.L. Hahn et. al. (2003) сообщали, что зона комфортной температуры для крупного рогатого скота находится в пределах от 5,0 до 15,0 °С, а по мнению R.E. McDowell (1972), при температуре больше 25,0 °С потребление корма животными существенно сокращается [20, 21]. Ранее нами была проанализирована динамика среднегодовых температур воздуха на территории Республики Татарстан за период 1977-2017 гг. [22]. С 2001 по 2010 годы упомянутый показатель составил 4,9 °С, а в более широких временных границах с 1996 по 2015 год – 4,8 °С. Изменение средней температуры воздуха по сезонам года представлено на рисунке 1.

Результаты указывают на относительную выравненность температур воздуха в весенний и осенний периоды. Средняя температура этих сезонов составила соответственно 5,30±0,21 и 5,36±0,18 °С при коэффициенте вариации 19,77 и 12,69% и в разрезе изучаемых лет имела тенденцию к увеличению. Повышение средних температур в зимние периоды с 2001 по 2010 годы составило 43,25%. Однако стоит отметить, что средняя температура зимы 1996 года превышала таковую зимы 2010 года на 0,41 °С, а зима 2015 года оказалась самой теплой, ее средняя температура составила минус

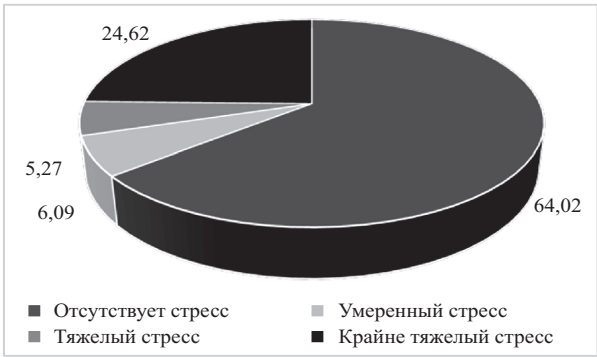


Рис. 2. Наличие теплового стресса у животных в летний сезон за период 1996-2015 гг., % времени наблюдения.

Табл. 1. Уровень теплового стресса у животных , % времени наблюдения

Уровень теплового стресса	Год											
	1996	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015
Отсутствует	69,6	72,8	68,5	73,9	58,7	71,7	66,3	56,5	59,8	67,4	34,8	76,1
Умеренный	3,3	4,3	2,2	9,8	10,9	5,4	5,4	6,5	8,7	7,6	7,6	4,3
Тяжелый	4,3	2,2	4,3	2,2	8,7	4,3	6,5	3,3	5,4	7,6	3,3	1,1
Крайне тяжелый	22,8	20,7	25,0	14,1	21,7	18,5	21,7	33,7	26,1	17,4	54,3	18,5

Табл. 2. Корреляционные связи между изучаемыми показателями в летний сезон за период 1996-2015 гг.

Показатель	Температура воздуха	Влажность воздуха	ТВИ
Температура воздуха	1,000	-	-
Влажность воздуха	-0,579**	1,000	-
ТВИ	0,995**	-0,513**	1,000
** p < 0,01			

7,13 °С. Коэффициент вариации многолетнего значения составил 19,69%. В летние периоды с 2001 по 2010 годы установлено увеличение средней температуры на 27,04%. Изучаемый показатель летом 1996 года составил 18,48 °С, что на 0,32 °С ниже среднего многолетнего значения. Средняя температура лета 2015 года оказалась на 0,50 °С ниже, чем среднее многолетнее значение. Величина коэффициента вариации изучаемого показателя составила 7,33%. Таким образом, средние летние температуры региона являются некомфортными для крупного рогатого скота, отличаясь от указанных выше оптимальных значений.

С целью выявления теплового стресса у животных был рассчитан ТВИ для летних сезонов за период 1996-2015 гг. Данный показатель по мнению H.H. Kibler (1964) является подходящей мерой оценки теплового стресса у крупного рогатого скота [23]. На основании проведенных рассчетов ТВИ установлено, что в 64,02% случаев в летний период животные не испытывали теплового стреса, а в 35,98% случаев были ему подвержены (рис. 2), причем более всего – крайне тяжелого уровня (24,62%).

Результаты, представленные в таблице 1, указывают, что максимальное количество времени тепловому стрессу крайне тяжелой степени крупный рогатый скот подвергался в 2010 году (54,35%). Продолжительность теплового стресса указанной степени в 2007 и 2008 годы также превышала среднее многолетнее значение за изучаемый период. Наиболее длительный тепловой стресс тяжелой степени наблюдался в 2004 году – 8,70% летнего времени. Кроме того, показатели продолжительности теплового стресса выше среднего многолетнего значения были характерны для 2006, 2008 и 2009 годов. Максимально продолжительным тепловой стресс умеренной степени был в 2004 году – 10,87% изучаемого времени. В 2003 году, а также с 2008 по 2010 год, его продолжительность была выше средней многолетней. Также 2003 год характеризовался наибольшей продолжительностью периода, когда животные не подвергались стрессу. В 1996 году продолжительность теплового стресса у животных составила 30,43%, что на 6,53% больше среднего значения за период с 2001 по 2010 годы. В 2015 году животные находились в состоянии теплового стресса в течении 23,91% летнего времени. Выявленную тенденцию следует рассматривать как благоприятную.

Необходимо отметить, что в работах J.H. Du Preez, W.H. Giesecke, P.J. Hattingh (1990) предлагается использовать иные величины значений ТВИ для классификации уровня теплового стресса. Авторами отмечается, что минимальным значением ТВИ, при превышении которого у животных наблюдается тепловой стресс, является 72. При использовании данной градации нами могли бы быть получены более высокие значения продолжительности теплового стресса и иные значения его уровня [24].

Рассчитанные и представленные в таблице 2 коэффициенты корреляции указывают, что за 20 лет по шкале Чеддока между температурой и влажностью воздуха на территории Республики Татарстан установлена достоверная средняя отрицательная связь (r = -0,579, p < 0,01). Температура воздуха в большей степени влияет

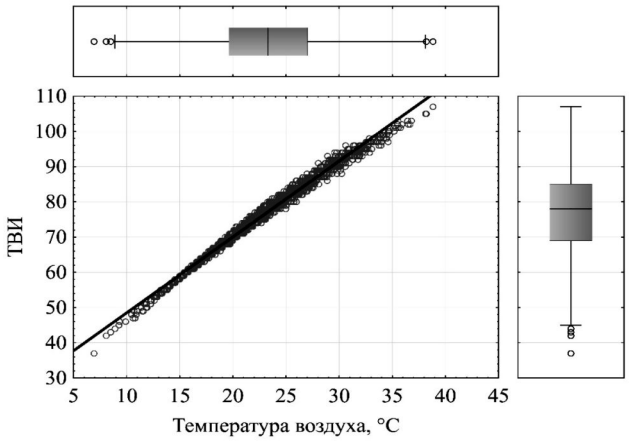


Рис. 3. Диаграмма рассеяния с диаграммами размаха для температуры воздуха и ТВИ в летний сезон за период 1996-2015 гг.

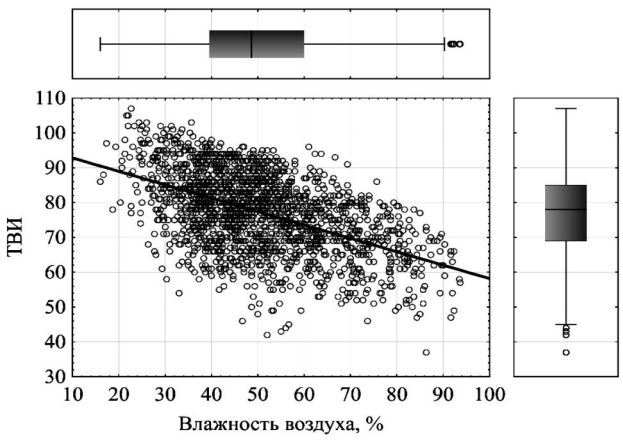


Рис. 4. Диаграмма рассеяния с диаграммами размаха для влажности воздуха и ТВИ в летний сезон за период 1996-2015 гг.

на значение ТВИ – установлена высокая достоверная корреляционная связь между изучаемыми показателями (r = 0,995, p < 0,01). Между влажностью воздуха и ТВИ установлена достоверная средняя отрицательная связь (r = -0,513, p < 0,01). В целом полученные данные согласуются с результатами S. Dikmen et al. (2008) [25].

Подтверждает указанную выше взаимосвязь между температурой воздуха и ТВИ рисунок 3, демонстрирующий характер связи как сильную положительную линейную при значении величины достоверности аппроксимации (R^2) равной 0,9899 (y = 2,1556x + 26,947).

Аналогичные диаграммы, построенные для влажности воздуха и ТВИ (рис. 4), демонстрируют характер связи как среднюю отрицательную линейную с R^2 = 0,2626 (y = -0,3843x + 96,651), что в полной мере согласовывается с результатами, приведенными в таблице 2.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлена продолжительность воздействия теплового стресса в летний период на крупный рогатый скот в Республике Татарстан, составляющая в среднем 35,98%. Уровень теплового стресса был преимущественно крайне тяжелым. Выявлено наибольшее влияние температуры на показатель температурно-влажностного индекса.

Литература

1. *Rosenzweig C., Elliott J., Deryng D., Ruane A.C., Müller C., Arneth A., Boote K.J., Folberth C., Glotter M., Khabarov N., Neumann K., Piontek F., Pugh T.A., Schmid E., Stehfest E., Yang H., Jones J.W. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison // Proceedings of the National Academy of Scienes of the United States of America. – 2014. – Vol. 111. – № 9. – P. 3268-3273.*
2. *Hayes B.J., Lewin H.A. Goddard M.E. The future of livestock breeding: genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation // Trends in Genetics. – 2013. – Vol. 29. – №4. – P. 206-214.*
3. *Craine J.M., Elmore A.J., Angerer J.P. Long-term declines in dietary nutritional quality for North American cattle // Environmental Research Letters. – 2017. – Vol. 12. – №4. – P. 1-8.*
4. *Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: a review // Livestock Production Science. – 2002. – Vol. 77. – №1. –P. 59-91.*
5. *Sejian V., Kumar D., Gaughan J.B., Naqvi S.M. Effect of multiple environmental stressors on the adaptive capability of Malpura rams based on physiological responses in a semi-arid tropical environment // Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research. – 2017. – Vol. 17. – P. 6-13.*
6. *Kassahn K.S., Crozier R.H., Pörtner H.O., Caley M.J. Animal performance and stress: responses and tolerance limits at different levels of biological organization // Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society. – 2009. – Vol. 84. – №2. –P. 277-292.*
7. *Key N., Sneeringer S. Potential effects of climate change on the productivity of U.S. dairies // American Journal of Agricultural Economics. – 2014. – Vol. 96. – №4. – P. 1136-1156.*
8. *Baumgard L.H., Seibert J.T., Kvidera S.K., Keating A.F., Ross J.W., Rhoads R.P. Production, biological, and genetic responses to heat stress in ruminants and pigs // Journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 94. – №.5. – P. 194-195.*
9. *Polsky L., von Keyserlingk, M.A.G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100. –№11. – P. 8645-8657.*
10. *Eisler M.C., Lee M.R., Tarlton J.F., Martin G.B., Beddington J., Dungait J.A., Greathead H., Liu J., Mathew S., Miller H, Misselbrook T. Agriculture: steps to sustainable livestock // Nature. – 2014. – Vol. 507. – №. 7490. – P. 32-34.*
11. *Gauly M., Bollwein H., Breves G., Brügemann K., Dänicke S., Daş G., Demeler J., Hansen H., Isselstein J., König S., Lohölter M. Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review // Animal. – 2013. – Vol. 7. – №5. – P. 843-859.*
12. *Dunshea F.R., Leury B.J., Fahri F., DiGiacomo K., Hung A., Chauhan S., Gaughan J.B. Amelioration of thermal stress impacts in dairy cows // Animal Production Science. – 2013. – Vol. 53. – №9. – P. 965-975.*
13. *Conte G., Ciampolini R., Cassandro M., Lasagna E., Calamari L., Bernabucci U., Abeni F. Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants // Italian Journal of Animal Science. – 2018. – Vol. 17. –№3. – P. 604-620.*
14. *Soriani N., Panella G., Calamari L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production // Journal of Dairy Science. – 2013. – Vol. 96. – №8. – P. 5082-5094.*
15. *Rhoads R.P., Baumgard L.H., Suagee J.K., Sanders S.R. Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress // Advances in Nutrition. – 2013. – Vol. 4. – №3. – P. 267-276.*
16. *Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных.*
17. *Marciniak A.M. The use of temperature-humidity index (THI) to evaluate temperature-humidity conditions in free-stall barns // Journal of Central European Agriculture. – 2014. – Vol. 15. – №2. – P. 73-83.*
18. *West J. Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress // Journal of Dairy Science. – 1994. – Vol. 77. – №7. – P. 2091-2102.*
19. *LPHSI, Livestock and Poultry Heat Stress Indices Agriculture Engineering Technology Guide. – Clemson University, Clemson, SC 29634, USA, 1990. – 4 p.*
20. *Hahn G.L., Mader L., Eigenberg A. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management // EAAP Technical Series. – 2003. – Vol. 7. – P. 31-44.*
21. *McDowell R.E. The animal body in warm environment. In: Improvement of livestock production in warm climates. – San Francisco (CA): W.H. Freeman and Co, 1972. – 65 p.*
22. *Krupin E.O. Climate change as a possible influence on genetic diversity of plants and animals // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10. – №2. – P. 1525-1536.*
23. *Kibler H.H. Environmental physiology and shelter engineering. LXVII. Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses // Research Bulletin of the Missouri Agricultural Experiment Station. – 1964. – Vol. 862. – P. 40.*
24. *Du Preez J.H., Giesecke W.H., Hattingh P.J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons // Onderstepoort Journal of Veterinary Research. – 1990. – Vol. 57. – №1. – P. 77-86.*
25. *Dikmen S., Alava E., Pontes E., Fear J.M., Dikmen B.Y., Olson T.A., Hansen P.J. Differences in thermoregulatory ability between slick-haired and wild-type lactating holstein cows in response to acute heat stress // Journal of Dairy Science. – 2008. – Vol. 91. – №9. – P. 3395 – 3402.*

Поступила в редакцию 05.02.19
После доработки 25.02.20
Принята к публикации 28.02.20

Ветеринария

УДК 619:612.0171:636.4 DOI:10.31857/S250026272003014X

СОСТОЯНИЕ КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА У ПОРОСЯТ В РАННИЙ ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

А.Г. Шахов, член-корреспондент РАН, **С.В. Шабунин,** академик РАН,
Л.Ю. Сашнина, доктор ветеринарных наук, **М.Ю. Жейнес,** аспирант,
Н.В. Карманова, В.Ю. Боев

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии,
394087, Воронеж, ул. Ломоносова, 114б
E-mail: A.G.Shakhov@mail.ru

Представлены результаты изучения клеточного иммунитета у поросят в ранний постнатальный период в условиях промышленного свиноводческого хозяйства. Установлено, что у поросят до приема молозива клеточный иммунитет характеризуется лейкоцито- и лимфоцитопенией, дефицитом Т- и В-лимфоцитов, высоким соотношением теофиллинрезистентных (Т-хелперов) и теофиллинчувствительных (Т-супрессоров) Т-клеток, свидетельствующим о низкой супрессивной активности Т-лимфоцитов. У поросят после приёма молозива, начиная с суточного возраста, в течение всего периода выращивания под свиноматками регистрировали повышение содержания лейкоцитов, лимфоцитов, абсолютного количества Т- и В-лимфоцитов, Т-хелперов и в меньшей степени Т-супрессоров, соотношения Т- и В-клеток, свидетельствующее о превалировании у них механизмов специфической клеточной защиты. Снижение на 14 сутки жизни у поросят количества лейкоцитов, лимфоцитов, Т- и В-лимфоцитов по сравнению с 7 дневным показателем обусловлено уменьшением поступления их с молоком свиноматок, а последующее повышение связано с активацией функционирования собственной иммунной системы, становление которой зависит от влияния микробной контаминации слизистых оболочек и кожи.

THE STATE OF CELLULAR IMMUNITY IN PIGLETS DURING EARLY POSTNATAL PERIOD

Shakhov A.G., Shabunin S.V., Sashnina L.Yu., Zheynes M.Yu., Karmanova N.V., Boev V.Yu.

All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy,
394087, Voronezh, ul. Lomonosova, 114b
E-mail: A.G.Shakhov@mail.ru

The article presents study results of cellular immunity in piglets during early postnatal period in conditions of an industrial pig breeding farm. It was stated that cellular immunity in piglets before colostrum administration was characterized by leukocyte- and lymphocytopenia, deficiency of T and B lymphocytes, a high ratio of theophylline-resistant (T helpers) and theophylline-sensitive (T suppressors) T cells that indicated a low suppressive activity of T lymphocytes. In piglets after colostrum intake, starting from the age of twenty-four hours during the entire period of growing with sows an increase in the leukocytes, lymphocyte content was recorded, the absolute number of T and B lymphocytes, T-helpers and to a lesser degree T-suppressors, the ratio of T and B cells indicated the prevalence of specific cellular defense mechanisms in them. The decrease in the number of leukocytes, lymphocyte, T and B lymphocytes in piglets on the 14th day of life in comparison with the 7th day of life is due to a decrease in their intake of sows' milk, and a subsequent increase in their content is associated with an activation of their own immune system functioning, the formation of which depends on the effect of microbial contamination of the mucous membranes and skin.

Ключевые слова: *поросята, клеточный иммунитет, лейкоциты, лимфоциты, Т- и В-лимфоциты, Т-хелперы, Т-супрессоры*

Key words: *piglets, cellular immunity, leukocytes, lymphocytes, T and B lymphocytes, T helpers, T suppressors*

Высокая сохранность поросят в ранний постнатальный период обеспечивается в основном естественным врожденным и лактогенным иммунитетом, получаемым от свиноматок, и применением при необходимости препаратов, повышающих иммунный статус [1-5].

Ведущую роль в защите организма от вирусных и бактериальных патогенов играет иммунная система, потенциал которой начинает формироваться в период внутриутробного развития [6-8]. Для оценки состояния клеточного звена иммунной системы необходимо исследовать количественное содержание иммунных клеток, относящихся к различным функциональным классам: Т-лимфоциты и их субпопуляции, В-лимфоциты, NK-клетки и другие [9].

Изучению иммунитета у поросят в ранний постнатальный период и, в частности, клеточной защиты, посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных исследователей [8, 10-13]. Установлено, что у поросят после приема молозива повышается в крови общее количество лейкоцитов, абсолютное и относительное содержание Т-лимфоцитов, снижается соотношение числа резистентных и чувствительных к теофиллину Т-лимфоцитов вследствие увеличения доли теофиллинчувствительных и снижения числа резистентных лимфоцитов [11,14].

Показано также, что у поросят в первые дни после рождения состав лимфоцитов характеризуется достаточно высоким количеством В-лимфоцитов, а Т-клеточная фракция представлена преимущественно Т-хелперами и незначительным содержанием Т-супрессоров, что способствует усилению иммунных реакций [10].

Необходимость изучения клеточного звена иммунной системы у поросят в первый месяц жизни обусловлено тем, что изменения его показателей отражают процессы адаптации организма к новым условиям существования [11], которые позволяют определить

наиболее неблагоприятные периоды выращивания и обосновать целесообразность применения средств, повышающих иммунный статус. Особенно это касается животных, выращиваемых в условиях промышленной стрессогенной технологии.

Целью исследований явилось изучение состояния клеточного иммунитета у поросят в ранний постнатальный период.

Методика. Исследования проведены в 2019 г. в промышленном свиноводческом хозяйстве ООО «Вишневское» Верхне-Хавского района Воронежской области на поросятах, родившихся от помесных свиноматок третьего опороса, полученных в результате скрещивания пород крупная белая, ландрас и дюрок.

Животных содержали при оптимальных параметрах микроклимата с учётом их физиологического состояния. Кормление свиноматок осуществляли комбикормом СК-2, сбалансированным, согласно данным производителя, по энергии, протеину, аминокислотам, витаминам, макро- и микроэлементам. Подкормку поросят проводили с 5-7 дня жизни престартерным комбикормом.

За свиноматками и полученным от них молодняком вели клинические наблюдения до отъёма последнего в возрасте 28 дней.

Исследования крови от поросят (n=6) до приёма молозива, в возрасте 1, 7, 14, 22 и 26 суток проводили на базе лаборатории иммунологии НИЦ ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». В крови определяли показатели клеточного иммунитета: лейкоциты, лимфоциты, Т- и В-лимфоциты, теофиллинрезистентные (Ттфр), теофиллинчувствительные (Ттфч) лимфоциты и их соотношение (Ттфр/тфч) в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке и коррекции иммунного статуса животных» [15].

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Statistica v6.1, оценку достоверности по критерию Стъюдента.

Результаты и обсуждение. В период проведения иммунологических исследований у свиноматок и поросят показатели клинического статуса были в пределах нормы.

У поросят до приема молозива регистрировали относительно низкое содержание лейкоцитов с последующим увеличением их количества, что связано с поступлением клеток с молозивом (молоком) и активацией функции костного мозга: в 1-е сутки жизни на 10,1%; 7-е – на 31,6; 14-е – на 15,2 (по сравнению с предыдущим показателем произошло снижение их количества на 12,5%); 22-е – на 69,6 и на 26-е сутки – на 40,5% (табл.).

Аналогичные изменения произошли и в абсолютном содержании лимфоцитов – главных клеток иммунной системы, отвечающих за все иммунологические реакции, количество которых увеличилось во все указанные сроки соответственно в 1,5; 2,2; 2,1 (по сравнению с предыдущим показателем произошло незначительное снижение – на 2,2%); 2,8 и 3,5 раза. Одновременно в указанные сроки регистрировали увеличение и относительного содержания лимфоцитов в 1,4; 1,7; 1,8 и 2,5 раза.

Повышение количества лейкоцитов, абсолютного и относительного содержания лимфоцитов у поросят в постнатальный период обусловлено необходимостью обеспечения эффективности защитных реакций организма при адаптации их к новым условиям существования, особенно с 14 дня жизни, когда значительно снижается пассивная гуморальная защита [3, 10].

У поросят до приёма молозива абсолютное количество Т-лимфоцитов было значительным, свидетельствующим об относительно высокой степени развития к моменту рождения механизмов специфической клеточной защиты [16], которое затем увеличилось в суточном возрасте в 1,5 раза, на 7-й день – в 2,2; 14-й – в 1,7; 22-й – в 2,1 и 26-й день – в 2,3 раза.

Относительное содержание Т-лимфоцитов увеличилось у животных в суточном возрасте на 10,2%, после чего имело тенденцию к снижению на 0,9; 22,0; 29,6 и 34,1%, соответственно, на 7, 14, 22 и 26 дни по сравнению с суточным показателем.

Показатели клеточного иммунитета у поросят в ранний постнатальный период

Показатель	Возраст, сутки					
	0	1	7	14	22	26
Лейкоциты, 10^9/л	7,9±0,38	8,5±0,92	10,4±0,55*	9,1±0,94	13,4±1,32*	11,1±0,65*
Лимфоциты, 10^9/л	2,2±0,19	3,3±0,34$^{\times}$	4,8±0,36*	4,7±0,78$^{\times}$	6,2±0,45*	7,6±0,57*
Лимфоциты,%	27,6±1,29	39,0±0,41*	46,3±0,88*	48,3±0,33*	50,3±2,54*	68,3±1,72*
Т-лимфоциты, % абс., 109/л	63,8±0,73 1,5±0,09	70,3±0,95 2,3±0,09*	69,7±1,2 3,3±0,09*	54,8±0,75$^{\Delta}$ 2,6±0,17*	49,5±0,65$^{\Delta}$ 3,1±0,11*	46,3±0,63$^{\Delta}$ 3,5±0,11*
Ттфр, % абс., 10^9/л	54,6±1,06 0,48±0,07	55,8±1,31 1,3±0,07*	50,3±1,2 1,7±0,06*	33,3±1,09^{x} 0,85±0,06^{x}	34,5±0,65 1,1±0,05	35,8±0,85 1,24±0,04^
Ттфч, % абс., 10^9/л	11,6±0,78 0,18±0,02	12,0±0,71 0,28±0,04	20,0±0,58* 0,67±0,01*	15,8±0,63^{x} 0,41±0,04	15,3±1,37 0,47±0,03	13,0±1,08^{x} 0,45±0,02
Ттфр/тфч	4,9:1±0,31	4,6:1±0,35	2,1:1±0,03$^{\Delta}$	2,1:1±0,07	2,3:1±0,17	2,7:1±0,13
В-лимфоциты, % абс., 10^9/л	23,5±0,5 0,62±0,09	26,5±0,65* 0,87±0,09	21,0±0,33* 1,01±0,04*	19,0±0,58* 0,88±0,07	17,3±0,48* 1,1±0,04*	12,5±0,65* 0,95±0,06$^{\times}$

$^{\times}$P<0,001; *P<0,0001 по сравнению с периодом до приема молозива;
$^{\Delta}$P<0,0001 по сравнению с суточным возрастом;
^{x}P<0,0001 по сравнению с возрастом 7 суток;
^P<0,0001 по сравнению с возрастом 14 суток

Состав Т-клеток также претерпевал изменения у поросят в возрастном аспекте. Так, абсолютное содержание теофиллинрезистентных Т-лимфоцитов (Т-хелперы), обеспечивающих формирование гуморального и клеточного иммунитета и активацию макрофагов, у поросят до приема молозива было относительно высоким, которое возросло в суточном и недельном возрасте в 2,7 и 3,5 раза соответственно, затем снизилось в 2 раза на 14 сутки и увеличилось на 22 и 26 дни в 1,3 и 1,5 раза.

Относительное количество теофиллинрезистентных Т-клеток у поросят до приема молозива также было высоким (54,6%) и имело тенденцию к увеличению (на 2,2%) в суточном возрасте, после чего снижалось на 7 и 14 дни на 9,9 и 40,3% с последующим повышением на 22 и 26 сутки на 3,6 и 7,5%.

Абсолютное количество теофиллинчувствительных Т-лимфоцитов (Т-супрессоры), подавляющих иммунный ответ и отвечающих за иммуносупрессию, у поросят до приема молозива было низким, в суточном и недельном возрасте оно повысилось в 1,6 и 3,7 раза, на 14 сутки снизилось в 1,4 раза по сравнению с 7-дневным возрастом, а на 22 и 26 дни было выше в 1,1 раза, чем на 14 сутки.

Относительное количество теофиллинчувствительных Т-лимфоцитов у поросят до приема молозива было незначительным, в суточном и недельном возрасте, как и абсолютное их содержание, увеличилось на 3,4 и 72,4%, а затем имело тенденцию к снижению на 14, 22 и 26 дни на 21,0; 23,5 и 35,0% соответственно по сравнению с показателем на 7 сутки.

Таким образом, абсолютное и относительное содержание Т-хелперов значительно превышало таковые Т-супрессоров у поросят до приема молозива в 2,7 и 4,7 раза, в суточном возрасте – в 4,6 и 4,7; на 7-й день – в 2,5; 14-й – 2,1; 22-й – в 2,3 и 26 день в 2,8 раза соответственно.

У поросят до приема молозива соотношение Ттфр/тфч было наиболее высоким, что указывало на относительно низкую супрессивную активность Т-лимфоцитов. В последующем оно снизилось в суточном возрасте на 6,1%, на 7-й и 14 дни – на 54,3%, вследствие увеличения доли теофиллинчувствительных и снижения числа резистентных лимфоцитов, что свидетельствовало о повышении супрессивной активности Т-лимфоцитов, обусловленной циркулирующими в среде обитания животных микроорганизмами. На 22 и 26 сутки жизни поросят регистрировали повышение соотношения Ттфр/тфч на 9,5 и 28,6% по сравнению с 14-дневным показателем, связанное со снижением супрессивной активности Т-клеток и формированием клеточного и гуморального иммунитета.

Абсолютное количество В-лимфоцитов – предшественников продуцентов антител – плазмоцитов, предназначенных для реализации гуморального иммунного ответа, у поросят до приема молозива было относительно низким, затем увеличилось в суточном возрасте на 40,3%; на 7-й день – на 62,9; 14-й – на 41,9; 22-й – на 77,4 и на 26-й день – на 53,2%, что свидетельствовало о высокой степени формирования у животных после рождения механизмов специфической гуморальной защиты.

Относительное количество В-клеток повысилось в суточном возрасте на 12,8%, затем снизилось на 7-й день на 10,6%, 14-й – на 19,1; 22-й – на 26,4 и 26-й день – на 46,8%.

Соотношение Т- и В-клеток у поросят до приема молозива было относительно высоким (2,4:1) и увеличилось в суточном возрасте на 8,3%, на 7-й день – на 37,5; 14-й – на 20,8; 22-й – на 16,7 и на 26-й день – на 54,2%, что свидетельствует о превалировании у них механизмов специфической клеточной защиты в течение всего периода подсосного выращивания.

Таким образом, клеточный иммунитет у поросят до приема молозива характеризовался лейкоцито- и лимфоцитопенией, дефицитом Т- и В-лимфоцитов, высоким соотношением теофиллинрезистентных (Т-хелперов) и теофиллинчувствительных (Т-супрессоров) Т-клеток, свидетельствующим о низкой супрессивной активности Т-лимфоцитов. У поросят после приема молозива, начиная с суточного возраста, в течение всего периода выращивания под свиноматками регистрировали повышение содержания лейкоцитов, лимфоцитов, абсолютного количества Т- и В-лимфоцитов, Т-хелперов и в меньшей степени Т-супрессоров, соотношения Т- и В-клеток, характеризующее превалирование у них механизмов специфической клеточной защиты.

Снижение на 14 сутки жизни у поросят количества лейкоцитов, лимфоцитов, Т- и В-лимфоцитов по сравнению с 7-дневным показателем обусловлено уменьшением поступления их с молоком свиноматок, а последующее повышение их содержания связано с активацией функционирования собственной иммунной системы, становление которой зависит от влияния микробной контаминации слизистых оболочек и кожи.

Выявленные особенности клеточного иммунитета у поросят в ранний постнатальный период позволяют осуществлять оценку состояния их иммунной системы в норме и при возникновении патологии, а также контролировать эффективность проводимых профилактических и лечебных мероприятий.

Литература

1. *Федоров Ю.Н., Верховский О.А., Орлянкин Б.Г., Алипер Т.И., Сидоров М.А. Иммунный статус поросят в хозяйствах промышленного типа // Ветеринария. – 2006. – №6. – С.18-21.*
2. *Масюк Д.Н., Сухаренко Е.В., Недзвецкий В.С., Кокарев А.В. Максимов В.И. Влияние препарата «ИММУНОЛАК» на уровень факторов неспецифической иммунной защиты молозива свиноматок // Вестник АПК Ставрополья. – 2016. – №1(21). – С.66-72.*
3. *Шульга Н.Н., Петрухин М.А., Желябовская Д.А. Применение инновационных препаратов крови для коррекции иммунного статуса // Вестник КрасГАУ. – 2012. – №9. – С.142-146.*
4. *Рудова Е.А., Ланцева Н.Н., Чебаков В.П., Швыдков А.Н., Тарасов А.Н. Зависимость физиологического состояния новорожденных поросят от обмена веществ и продуктивности свиноматок при скармливании пробиотических препаратов // Инновации и продовольственная безопасность. – 2016. –№4(14). – С.32-36.*
5. *Дмитриев А.Ф. Агарков А.В. Иммунобиологический потенциал у поросят в период новорожденности при скармливании супоросным свиноматкам кислородной кормовой смеси // Фундаментальные исследования. – 2015. – №2. – С.820-824.*
6. *Воронин Е.С., Петров А.М., Серых М.М., Дервишев Д.А. Иммунология / Под ред. Е.С.Воронина. – М.: КолосПресс, 2002. – 408 с.*
7. *Groot J. de, Kruijt L., Scholten J.W., Boersma W.J.A., Buist W.G., van Reenen C.G. Age, gender and litter-related variation in T-lymphocyte cytokine production in young pigs // Immunology. – 2005. – V. 114. – P. 495-505.*
8. *Sinkora M., Butler J.E. The ontogeny of the porcine*

immune system // Developmental and Comparative Immunology. – 2009. – № 33. – P. 273-283.
9. *Луцкий А.А, Жирков А.А., Лобзин Д.Ю., Рао М., Алексеева Л.А., Мейрер М., Лобзин Ю.В. Интерферон-γ: биологическая функция и значение для диагностики клеточного иммунного ответа // Журнал инфектологии. – 2015. – Т.7. – №4. – С.10-21.*
10. *Терехов В.И., Скориков А.В., Псиола В.Н. Динамика изменений иммуно-гематологических показателей у новорожденных поросят // Ветеринарная патология. – 2007. – №2. – С.63-66.*
11. *Паникар И.И., Ничик С.А. Изменения морфологических показателей периферической крови поросят первого месяца жизни // Биология животных. – 2014. – Т.16. – №4. – С.115-120.*
12. *Агарков А.В. Становление иммунобиологического потенциала у новорожденных поросят // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – №1. – С.169-171.*
13. *Hlavova K., Nechvatalova K., Stepanova H., Leva L., Kudlackova H., Faldyna M. Transfer of humoral and cell-mediated immunity via colostrum in pigs // 6 th Asian PigVeterinary Society Congress.- Ho Chi Minh City, Vietnam – 2013. – N. 9. – P. 23-25.*
14. *Шахов А.Г., Масьянов Ю.Н. Иммунный статус поросят-сосунов, больных трансмиссивным гастроэнтеритом // Вестник РАСХН. – 2007. – №2. – С.65-67.*
15. *Методические рекомендации по оценке и коррекции иммунного статуса животных / А.Г. Шахов, Ю.Н. Масьянов, М.И. Рецкий, Ю.Н. Бригадиров, А.И. Ануфриев, М.В. Бирюков, С.И. Першина, А.М. Кардашов, М.Г. Петрова, Е.В. Батищева, В.И. Беляев, А.И. Золотарев, Г.Н. Близнецова, В.С. Бузлама, С.М. Сулейманов, Ю.Н. Федоров, Е.В. Борзенко, А.Ю. Ханис, Т.В.Борзенко, Б.Т. Артемов, Л.И. Ефанова, О.А. Манжурина, А.Н. Панин, А.Н. Панин, Ю.А. Макаров, И.М. Донник, А.Т. Татарчук, Н.А. Балакирев, А.И. Майоров, А.А. Горячев, В.В. Евдокимов, Е.С. Воронин, П.Н. Сисягин, В.В. Исаев, Г.Р. Реджепова, Л.Е. Бояринцев, В.В. Клименко, Н.Н. Каверин, С.С. Артемьева, Г.М. Топурия Л.Ю. Топурия, А.П. Жуков, И.И. Калюжный, Н.Х. Мамаев, И.Н. Джамалудинова. – Воронеж, 2005. – 56 с.*
16. *Ефанова Л.И., Сайдулдин Е.Т. Защитные механизмы организма. Иммунодиагностика и иммунопрофилактика инфекционных болезней животных. – Воронеж: ВГАУ, 2004. – 391 с.*

Поступила в редакцию 08.11.19
Принята к публикации 09.12.19

УДК 57.017 DOI:10.31857/S2500262720030151

ИЗУЧЕНИЕ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ СЛИЗИ КОЖИ РЫБ, ОБЛАДАЮЩИХ ТРОМБОГЕННОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Л.Л. Фомина[1], Ю.Л. Ошуркова[1], О.А. Жунина[2], кандидаты биологических наук,
Т.С. Кулакова[1], кандидат сельскохозяйственных наук,
А.Э. Вайцель[1], аспирант

[1]Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина,
160555, Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2
E-mail: yul.oshurkova@yandex.ru
[2]Всероссийский научный центр молекулярной диагностики и лечения
117149, Москва, Симферопольский бул., 8
E-mail: olga_yarova@bk.ru

Одним из перспективных направлений в современной фармакологии является создание биологически активных препаратов на основе веществ природного происхождения. Особый интерес в этом плане представляют пептиды слизи кожи рыб. Цель работы заключалась в очистке и выделении фракции белков – тромбопластина (фактор свертывания III, тканевой фактор, TF) и протромбопластина (фактор свертывания XI, F11) из слизи кожи рыб с помощью аффинной и ионообменной хроматографии, а также масс-спектрометрии. В качестве материала для исследования использовали слизь двух видов рыб: африканского клариевого сома (Clarias gariepinus Burchell, 1822) и карпа (Cyprinus carpio carpio Linnaeus, 1758). Среди идентифицированных белков не удалось обнаружить белки, имеющие аналогичные либо высоко гомологичные аминокислотные последовательности с тромбопластином и протромбопластином человека. Однако, учитывая способность слизи кожи рыб стимулировать коагуляцию, а также способность отдельных фракций взаимодействовать с антителами к тромбопластину и протромбопластину, можно утверждать, что идентифицированные белки имеют эпитопы, гомологичные по функциям тромбопластину или протромбопластину, благодаря которым компоненты слизи кожи рыб способны уменьшать время коагуляции.

STUDY OF PROTEIN COMPONENTS OF FISH SKIN MUCUS WITH THROMBOGENIC ACTIVITY

Fomina L.L.[1], Oshurkova Yu.L.[1], Junina O.A.[2], Kulakova T.S.[1], Weitzel A.E.[1]

[1]Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin,
160555, Vologda, s. Molochnoe, ul. Shmidta, 2
E-mail: yul.oshurkova@yandex.ru
[2]Russian Research Center for Molecular Diagnostics and Therapy,
117149, Moscow, Simferopolskiy bul., 8
E-mail: olga_yarova@bk.ru

One of the promising directions in modern pharmacology is the creation of biologically active drugs based on substances of natural origin. Of particular interest in this regard are peptides of fish skin mucus. The aim of the work was to purify and isolate the protein fractions – thromboplastin (clotting factor III, tissue factor, TF) and prothromboplastin (clotting factor XI, F11) from fish skin mucus using affine and ion exchange chromatography, as well as mass spectrometry. The slime of two fish species was used as the material for the study: the African clarias catfish (Clarias gariepinus Burchell, 1822) and the carp (Cyprinus carpio carpio Linnaeus, 1758). Among the identified proteins, it was not possible to find proteins that have similar or highly homologous amino acid sequences with human thromboplastin and prothromboplastin. However, given the ability of fish skin mucus to stimulate coagulation, as well as the ability of individual fractions to interact with antibodies to thromboplastin and prothromboplastin, it can be argued that the identified proteins have epitopes that are homologous in function to thromboplastin or prothromboplastin, thanks to which components of fish skin mucus can reduce the time of coagulation.

Ключевые слова: *рыбы, слизь, тромбогенная активность, белки коагуляции, тромбопластин, протромбопластин*

Key words: *fish, mucus, thrombogenic activity, coagulation proteins, thromboplastin, prothromboplastin*

Одним из перспективных направлений в современной фармакологии является создание биологически активных препаратов на основе веществ природного происхождения. Считается, что такие препараты могут обладать высокой биологической активностью, менее выраженным побочным действием и высокой доступностью. Ведется активный поиск новых источников природных пептидов и разрабатываются новые методы их синтеза для дальнейшего введения белковых препаратов в производство. В связи с этим, активно ведется работа по выделению биологически активных пептидов из природных источников [1-3].

Сейчас для фармакологической промышленности особый интерес представляют пептиды рыб [2, 4-10, 15]. Для получения пептидов используются не только ткани рыб, но и любые рыбные отходы, остающиеся после их переработки, а это примерно 20-50% от всего сырья. Их использование для нужд фармацевтических фабрик может стать решением экономических и экологических проблем утилизации отходов [7]. Наибольший интерес в этом плане представляет слизь кожи рыб и содержащиеся в ней, как предполагается, тромбокиназа и кинины, обеспечивающие высокую скорость свертывания крови при травмировании рыбы [11-13]. В этой связи, описанные пептиды могут представлять собой перспективную группу потенциальных фармакологических препаратов для остановки и профилактики кровотечений.

Цель работы заключалась в очистке и выделении фракции белков – тромбопластина (фактор свертывания III, тканевой фактор, TF) и протромбопластина (фактор свертывания XI, F11) из слизи кожи рыб с помощью аффинной и ионообменной хроматографии, а также масс-спектрометрии.

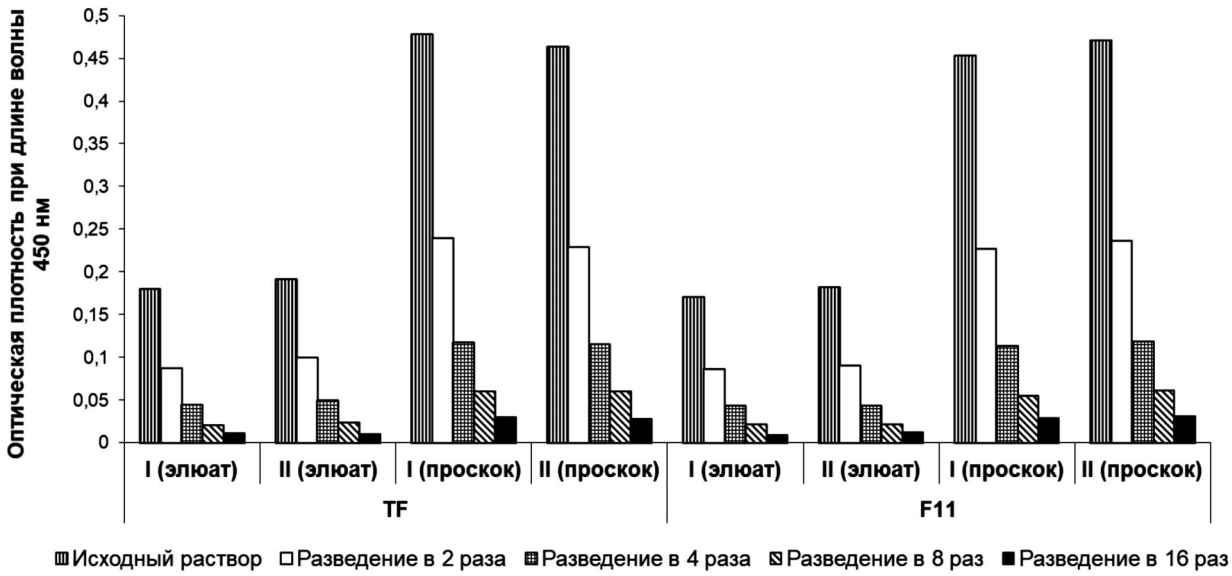


Рис. 1. Результаты непрямого ИФА образцов слизи кожи рыб после аффинной очистки.

Методика. В качестве материала для исследования использовали слизь двух видов рыб: африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus Burchell, 1822*), выращенного в промышленных условиях в УЗВ, расположенной в АкваБиоЦентре ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА (n=5), и карпа (*Cyprinus carpio carpio Linnaeus, 1758*), выращенного в промышленных условиях в рыбоводческом хозяйстве ООО РТФ «Диана» Кадуйского района Вологодской области (n=5). Выбор данных видов рыб обусловлен результатами предыдущих исследований [11].

Слизь получали по методике Шультца с соавторами [14]: образцы пробы 1 – слизь сома, образцы пробы 2 – слизь карпа (по 5 фракций каждой пробы).

Определение концентрации общего белка в опытных образцах слизи проводили по Смиту (с применением бицинхониновой кислоты (BCA)). Для этих целей использовался коммерческий набор BCA Protein Assay («Thermo Fisher Scientific», США).

Очистку искомых белков (TF и F11) проводили с помощью как аффинной, так и ионообменной хроматографии (УФ-детектор BioRad Econo UV monitor, США; самописец Jasco, США). Для афинной хроматографии были приготовлены аффинные смолы (аффинный носитель – CNBr-Sepharose) с иммобилизованными на них коммерческими поликлональными кроличьими антителами АТ (Cloud-Clone Corp.) к TF и F11. Для проведения катионообменной хроматографии использовали CM sephadex, для анионообменной – DEAE sephadex, для аффинной – Heparin sepharose. Для диализа образцов слизи кожи рыб перед аффинной хроматографией был использован 1×PBS (однократный фосфатно-солевой буфер, pH = 7,4). Перед проведением ионообменной хроматографии образцы слизи кожи рыб были подвергнуты диализу против деионизованной воды.

Качественную оценку осуществляли методами электрофореза в 12%-ном полиакриламидном геле (ПААГ) в денатурирующих условиях, а также непрямого неконкурентного иммуноферментного анализа (ИФА). Для этого в иммунологический 96-луночный планшет (MaxiSorp, NUNC, Дания) во все лунки были внесены полученные в результате аффинной хроматографии элюаты и «проскоки» в 100 мкл фосфатно-солевого буфера. Далее они титровались шагом в 2 раза. После чего была проведена инкубация при +37 °С в течение 1 ч. Затем лунки были отмыты фосфатно-солевым буфером. Во все лунки были внесены по 100 мкл АТ, предварительно разведенных до концентрации ~1,5 мкг/мл в 2%-ном растворе бычьего сывороточного альбумина (БСА) с добавленным Tween-20. После чего была проведена инкубация в течение 1 ч при комнатной температуре на шейкере (300 об/мин). Затем лунки были промыты фосфатно-солевым буфером. Далее в каждую лунку было внесено по 100 мкл антивидовых антител (анти-кроличьих), конъюгированных с пероксидазой хрена HRP (в растворе 2%-ного БСА с Tween-20 (конъюгат предварительно был разведен в 100 раз)). После чего была проведена инкубация в течение 1 ч при комнатной температуре на шейкере (300 об/мин). Далее планшет был промыт фосфатно-солевым буфером. Затем в каждую лунку были добавлены 100 мкл коммерчески доступного раствора 3,3’,5,5’-тетраметилбензидин (ТМБ) с перекисью водорода. Ферментативная реакция проводилась при комнатной температуре в течение 15 мин. Для остановки реакции было добавлено 100 мкл 25%-ной серной кислоты. Измерения оптической плотности были проведены на планшетном спектрофотометре («Labsystems», Финляндия) при длине волны λ= 450 нм.

Масс-спектрометрия проводилась с помощью тандемного времяпролетного масс-спектрометра с лазерной десорбцией/ионизацией MALDI-TOF/TOF и последующего анализа профиля пептидной фрагментации целевого белка в базе данных MASCOT.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Вологодской области в рамках научного проекта № 18-44-350002.

Результаты и обсуждение. Для определения концентрации общего белка по Смиту в образцах слизи была построена калибровочная кривая с использованием растворов с известной концентрацией бычьего сывороточного альбумина, и было установлено, что содержание общего белка в образцах слизи находилось в диапазоне от 18 до 20 мг/мл.

Очистка образцов слизи обоих видов рыб осуществлялась на приготовленных аффинных смолах; в результате чего были получены элюаты и «проскоки». Для контроля результатов аффинной хроматографии был проведен непрямой ИФА (рис. 1).

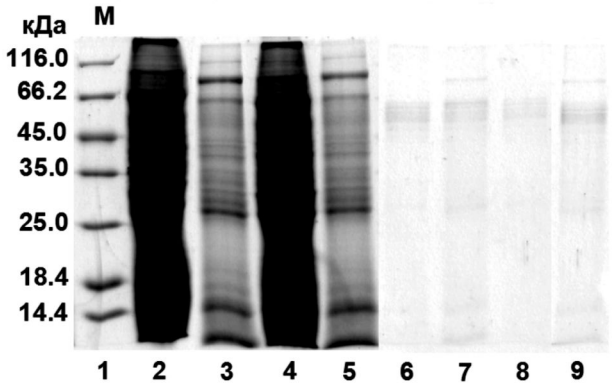


Рис. 2. Электрофореграмма образцов слизи кожи рыб после аффинной очистки: 1 – маркеры молекулярных масс; 2 – «проскок» слизи кожи сома с АТ к TF; 3 – «проскок» слизи кожи карпа с АТ к TF; 4 – «проскок» слизи кожи сома с АТ к F11; 5 – «проскок» слизи кожи карпа с АТ к F11; 6 – элюат слизи кожи сома с АТ к TF; 7 – элюат слизи кожи карпа с АТ к TF; 8 – элюат слизи кожи сома с АТ к F11; 9 – элюат слизи кожи карпа с АТ к F11.

Как видно из полученных значений оптических плотностей (OD), искомые белки детектировались как в элюатах, так и в «проскоках» образцов обоих видов рыб. Рассчитать концентрацию искомых белков используемым методом ИФА не представляется возможным, так как нет стандартов этих белков, на основе которых строится калибровочная кривая. Таким образом, использование для подтверждения информации об уровнях концентрации искомых белков литературных данных и/или статистических сведений невозможно в виду их отсутствия. Однако максимальные значения OD даже в исходных растворах, которые не подвергались разведениям, были менее 0,5, что может говорить о невысокой концентрации TF и F11.Таким образом, можно сделать вывод, что в «проскоках» концентрация белков была значительно больше, что указывает на неполное связывание искомых белков с антителами (АТ), иммобилизованными на аффинных носителях.

Полученные результаты в непрямом неконкурентном ИФА являются качественными. Можно предположить, что о невысокой концентрации искомых белков говорят невысокие значения оптической плотности (менее 0,5 о.е.). Подтверждением этому выводу является проведенный электрофорез в 12%-ном ПААГ в денатурирующих условиях (рис. 2).

Из литературных данных известно, что искомые белки – TF (тромбопластин) и F11 (протромбопластин) имеют молекулярные массы 33 и 29 кДа, соответственно. На электрофореграмме имеются полосы, находящиеся в диапазоне 25-35 кДа, которые, вероятно, соответствуют искомым в образцах белкам. Следует отметить, что во всех «проскоках» (за исключением №№ 2 и 4, так как из-за избыточного количества белков дорожки перегружены, что затрудняет идентификацию) полосы в этом диапазоне окрашены более интенсивно, по сравнению с элюатами, что может указывать на незначительное содержание искомых белков в последних.

Перед проведением ионообменной хроматографии было установлено, что общая концентрация белка до и после проведенного диализа значительно не менялась, что было подтверждено с помощью BCA-анализа. Образец 2 содержал значительно меньшее количество белка в сравнении с образцом 1, что также было подтверждено с помощью электрофореза в денатурирующих условиях. Согласно приведенным в литературе данным, слизь кожи рыб содержит факторы, способствующие свертыванию крови, в том числе предполагается наличие белков, гомологичных по структуре или функциям тромбопластину и протромбопластину [11-13], который при анализе методом электрофореза может появляться в виде полос в области 25-35 кДа. На электрофореграмме были получены мажорные полосы в данной области.

Поскольку факторы свертывания крови представлены достаточно большим количеством белков, гомологи которых могут быть обнаружены в составе слизи кожи рыб, было принято решение использовать носитель Heparin sepharose FF для разделения смеси. Данный тип носителя часто используется для очистки белков плазмы крови, а также факторов свертывания крови, имеющих сродство к гепарину. Элюцию осуществляли 10 мМ натрий-цитратным буфером pH 7,4 со ступенчато повышающейся концентрацией натрия хлорида. Было установлено, что фракции образцов пробы 1 слабо удерживаются на носителе, поэтому не удалось достигнуть четкого разделения различных компонентов слизи кожи рыб.

Поскольку с помощью аффинной хроматографии на носителе Heparin sepharose FF не удалось добиться удовлетворительных результатов разделения, на следующем этапе работы была предпринята попытка разделения белковых фракций образцов слизи обоих видов рыб с использованием слабых ионообменных носителей на основе сефадекса. В качестве катионообменного носителя был применен CM Sephadex C-50. Элюцию осуществляли 10 мМ натрий-фосфатным буфером pH 7,0 со ступенчато повышающейся концентрацией натрия хлорида. Было установлено, что фракции обоих образцов практически не удерживаются на носителе, что не позволило достигнуть четкого разделения различных компонентов слизи кожи рыб.

Следующей была предпринята попытка разделения белковых фракций с использованием слабого анионообменного носителя DEAE Sephadex A-50. Элюцию осуществляли 20 мМ бис-трис буфером pH 7,5 со ступенчато повышающейся концентрацией натрия хлорида. Было получено, что образцы пробы 2 практически полностью связывались с носителем. Элюция наблюдалась только при значительном повышении ионной силы раствора (более 0,5 M NaCl), при этом не наблюдалось четкого разделения фракций. Образцы пробы 1 также практически полностью связывались с носителем. При повышении ионной силы раствора наблюдалась элюция отдельных белковых фракций (рис. 3), что было подтверждено с помощью BCA-анализа.

Можно предположить, что данные условия хроматографического разделения подходят и для образцов пробы 2, однако, ввиду значительно более низкого содержания белка в сравнении с образцами пробы 1 и ограничений чувствительности УФ детектора, не удалось выделить отдельные белковые фракции.

Среди элюируемых проб образца 1 было выделено 6 отдельных пиков, которые были собраны и проанализированы с помощью электорофореза в денатурирующих условиях. Исследованные пробы содержали две мажорные фракции в области 25-35 кДа, которые, вероятно, могут соответствовать белкам, гомологичным тромбопластину и протромбопластину, что ранее было подтверждено с помощью Western-блот анализа и способностью данной белковой фракции взаимодействовать с антителами к указанным белкам [11].

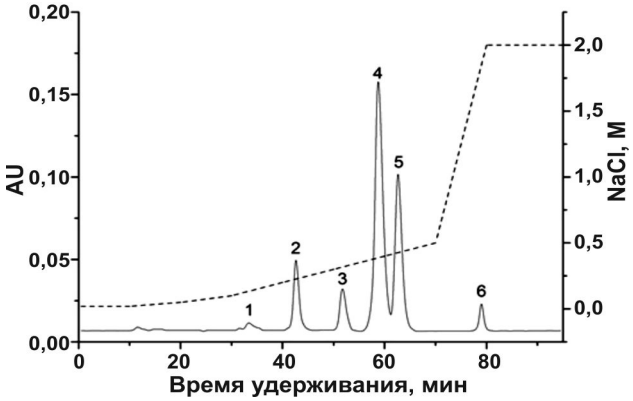


Рис. 3. Профиль элюции образца 1 (сплошная кривая) с носителя DEAE Sephadex A-50 ступенчатым градиентом NaCl от 0,02 до 2 М (пунктирная кривая).

Для подтверждения результатов было проведено разделение белков образца 1 с помощью электрофореза в неденатурирующих условиях и дальнейшее выделение кусочков геля, содержащих интересующие фракции. Полученные образцы анализировали с помощью масс-спектрометрии. По результатам анализа полноразмерных белков не удалось определить их точную массу, поскольку в каждом образце содержалась смесь от двух и более белков.

Результаты анализа профиля пептидных отпечатков в базе данных MASCOT позволили определить белки в составе фракций интереса. Найденная последовательность на 60% совпадает с белком *Cyprinus carpio*.

Таким образом, были подобраны методики частичной очистки тромбопластина и протромбопластина из слизи кожи рыб методами аффинной и ионообменной хроматографий с осуществлением качественной оценки с помощью непрямого ИФА и электрофореза. В результате был сделан вывод о возможном присутствии искомых белков, но в незначительных количествах. С помощью ионообменной хроматографии было выделено несколько фракций, предположительно белка TF, что было продемонстрировано полученными электрофореграммами.

MALDI-TOF масс-спектрометрия и последующий анализ профиля пептидной фрагментации целевого белка в базе данных MASCOT продемонстрировали наличие аминокислотной последовательности в одной из фракций, которая на 60% совпадала с белком *Cyprinus carpio*.

К сожалению, среди идентифицированных не удалось обнаружить белков, имеющих аналогичные либо высокогомологичные аминокислотные последовательности с тромбопластином и протромбопластином человека. Однако, учитывая способность слизи кожи рыб стимулировать коагуляцию, а также способность отдельных фракций взаимодействовать с антителами к тромбопластину и протромбопластину, можно с определенной долей вероятности утверждать, что идентифицированные белки имеют эпитопы, гомологичные по функциям тромбопластину или протромбопластину, благодаря которым компоненты слизи кожи рыб способны уменьшать время коагуляции. В дальнейших исследованиях необходима дополнительная разработка методов очистки выделенных компонентов белковых фракций на основе подобранных методик, подробный анализ их влияния на время коагуляции образцов крови и последующей идентификацией выделенных минорных белков с помощью физико-химических методов анализа.

Литература

1. *Соловьев В.Б., Малащенко Т.А. Выделение и изучение физико-химических свойств пептидов из слизи моллюсков // Actualscience. – 2016. – Т. 2. – №. 6. – С. 11-13.*
2. *Ксенофонтов А.М., Никифоров П.В., Федоров А.П. Экспериментальный метод применения биологического клея на основе плавательного пузыря осетра при операциях на печени // Здоровье и образование в XXI веке. – 2012. – Т 14. – № 1. – С. 223-224.*
3. *Урымбаева Л.К., Дорофеева Н.В., Мачнева И.В. Основные направления создания лекарственных препаратов // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scienceforum.ru/2018/article/2018000569.*
4. *Lewis R.W. Fish cutaneous mucus: a new source of skin surface lipid // Lipids. – 1970. – Т. 5. – №. 11. – С. 947-949.*
5. *Shephard K.L. Functions for fish mucus // Reviews in fish biology and fisheries. – 1994. – Т. 4. – №. 4. – С. 401-429.*
6. *Rothwell S.W., Settle T., Wallace S. The long term immunological response of swine after two exposures to a salmon thrombin and fibrinogen hemostatic bandage // Biologicals. – 2010. – V. 38. – I. 6. – P. 619-628.*
7. *Пептиды из рыб — фармакологические свойства и способы получения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: // ideal-pharma.ru/baza/peptidy-iz-ryb-farmakologicheskie-svojstva-i-sposoby-polucheniya/.*
8. *Лебедева Н.Е., Восилене М.З., Головкина Т.В. Изменение биохимического состава наружной слизи рыб при воздействии факторов окружающей среды // Доклады РАН. – 1998. – Т. 362. – №. 5. – С. 713-715.*
9. *Виноградов Е.В. Содержание эритроцитов в кожной слизи карпов, отобранных на устойчивость к неблагоприятным факторам среды // Вестник Государственной полярной академии. – 2011. – №. 1. – С. 40.*
10. *Rakers S. et al. 'Fish matters': the relevance of fish skin biology to investigative dermatology // Experimental dermatology. – 2010. – Т. 19. – №. 4. – P. 313-324.*
11. *Фомина Л.Л. Выделение и изучение активных компонентов слизи кожи рыб как основы гемостатического препарата / Отчет о НИР № 878-18 от 09.07.2018 (РФФИ) – 43 с.*
12. *Фомина Л.Л., Кулакова Т.С., Жунина О.А., Ошуркова Ю.Л., Вайцель А.Э. Оценка гемостатической активности слизи кожи рыб in vitro // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2018. – №. 4 (40). – С. 7-11.*
13. *Fomina L.L., Kulakova T.S., Zhunina O.A., Oshurkova Yu.L., Vaitsel A.E. Hemostatic activity of the mucus of the skin of fish // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – V. 9. – № 6. – P. 1130-1136.*
14. *Schultz I.R., Skillman A., Nicolas J.-M., Cyr D.G., Nagler J.J. Short-term exposur to 17alpha-ethynylestradiol decreases the fertility of sexually maturing male rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) // Environ. Toxicol. Chem. – 2003.–№ 22(6). – P. 1272-1280.*
15. *В России разработано новое гемостатическое средство // Военно-промышленный курьер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vpk-news.ru/news/25817.*

Поступила в редакцию 27.01.20
После доработки 10.03.20
Принята к публикации 15.03.20

Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

УДК: 664.788 / 664.668.9 DOI:10.31857/S2500262720030163

ПШЕНИЧНО-ЛЬНЯНАЯ МУКА: УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Г.Н. Панкратов, Е.П. Мелешкина, доктора технических наук,
И.С. Витол, кандидат биологических наук, **И.А. Кечкин, Ю.Р. Нагайникова,**
С.Н. Коломиец, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки – филиал федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова,
127434, Москва, Дмитровское шоссе, 11
E-mail: vitolis@yandex.ru

Исследован процесс подготовки и размола зерносмеси, содержащей 7% семян льна, с целью получить композиционную пшенично-льняную муку, в которой сохранен весь биопотенциал семян льна. Выявлено, что подготовку компонентов зерновой смеси следует осуществлять независимо, параллельными потоками. Определены оптимальные режимы извлечения пшенично-льняной смеси, которые составили: извлечение (%)/зольность (%) на трех драных системах (в пересчете на I драную систему – зерно) для I – 53,5/1,00; II – 22,2/1,11; I+II – 75,7/1,035; I+II+III драных систем – 81,0/1,1. Разработаны технологические схемы и сформированы новые сорта пшенично-льняной муки с заданными технологическими свойствами и повышенной пищевой ценностью. Выявлены особенности распределения белков, жиров, углеводов и основных ферментных систем в сформированных сортах пшенично-льняной муки, полученной из бинарной смеси, состоящей из 93% зерна пшеницы и 7% семян льна. Показано, что общее содержание жира в муке из двухкомпонентных смесей возрастает примерно в 4 раза, а общее содержание белка в исследуемых образцах – на 1-2%. Отмечено увеличение доли альбумино-глобулиновой фракции в образцах пшенично-льняной муки по сравнению с пшеничной. Активность кислых липаз примерно в 1,5 раза превосходила активность щелочных липаз; содержание линолевой кислоты (ω-6) в образцах пшенично-льняной муки было больше в 1,6-3,3 раза, чем в пшеничной, содержание линоленовой кислоты (ω-3) – в 36,8-57,2 раза (с учетом общего содержания жира в образцах). Хлеб из новых сортов муки получил высокую дегустационную оценку. Обогащение пшеничной муки за счет всего фитопотенциала семян льна позволит компенсировать недостаток полиненасыщенных жирных кислот в рационе питания современного человека и получать продукты сбалансированного состава.

WHEAT-LINEN FLOUR: CONDITIONS FOR PRODUCING AND BIOCHEMICAL FEATURES

Pankratov G.N., Meleshkina E.P., Vitol I.S., Kechkin I.A., Nagainikova Yu. R., Kolomiets S.N.

All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS,
127434, Moskva, Dmitrovskoe shosse, 11
E-mail: vitolis@yandex.ru

A study of the preparation and grinding of a grain mixture containing seeds of 7% flax was carried out in order to obtain a composite wheat-flax flour, in which the entire biopotential of flax seeds was preserved. It was revealed that the preparation of the components of the grain mixture should be carried out independently, in parallel flows. The optimal extraction conditions for the wheat-flax mixture were determined, which were: Extraction (%) / Ash content (%) on 3 torn systems (in terms of the 1st tattered system - grain) for I torn system - 53.5 / 1.00; for the second tattered system. - 22.2 / 1.11; total for I + II torn systems - 75.7 / 1.035; total for I + II + III torn systems - 81.0 / 1.1. Technological schemes have been developed and new varieties of wheat-flax flour have been formed with predetermined technological properties and increased nutritional value. Peculiarities of the distribution of proteins, fats, carbohydrates and basic enzyme systems in the formed varieties of wheat-flax flour obtained from a binary mixture consisting of 93% wheat and 7% flax seeds were revealed. It was shown that the total fat content in flour from two-component mixtures increases by about 4 times, and the total protein content in the studied samples increases by 1-2%. An increase in the proportion of the albumin-globulin fraction in wheat-flax flour samples was noted. The activity of acid lipases is approximately 1.5 times higher than the activity of alkaline lipases in the studied samples of wheat-flax flour. The content of linoleic acid (ω-6) in the samples of wheat-flax flour is 1.6...3.3 times higher than in wheat flour; the content of linolenic acid (ω-3) in wheat-flax flour samples is 36.8...57.2 times higher than in wheat flour (taking into account the total fat content in the samples). Bread from new varieties of flour received a high tasting score. The enrichment of wheat flour due to the entire phytopotential of flax seeds will make it possible to compensate for the lack of PUFA family in the diet of a modern person and to obtain products of a balanced composition.

Ключевые слова: *зерно пшеницы, семена льна, бинарная зерносмесь, технологическая схема переработки, биохимические показатели*

Key words: *wheat grain, flax seeds, binary grain mixture, processing technological scheme, biochemical parameters*

Новые направления развития технологий переработки зерна в муку предполагают получение продуктов сбалансированного состава, присутствие в них в необходимых количествах макро- и микронутриентов, веществ, обладающих профилактическими и лечебными свойствами. На протяжении 20-ого столетия перед технологами стояла задача увеличить степень извлечения муки из эндосперма при максимальном удалении периферийных частей зерновки. В настоящее время актуально создание продуктов, соответствующих современным приоритетам в пищевых технологиях, а именно: обладающих лечебно-профилактическими качествами, а не только удовлетворяющих потребности человека в пищевых веществах [1-4]. Разработка технологий

Табл. 1. Технологические свойства исходного зерна пшеницы и семян льна

Объект	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Выравненность, %	Стекловидность, %	Зольность, %	Размер, мм		
						L*	A*	B*
Зерно пшеницы	769	44,66	89,0	50	2,18	6,5	3,6	2,9
Семена льна	668	8,40	91,8	–	3,60	5,2	2,5	1,2

* L – длина, A – ширина, B – толщина.

получения продуктов мукомольного производства путем переработки поликомпонентных зерновых смесей, например, на основе зерновых и масличных культур обеспечит получение продуктов сбалансированного состава, присутствие в них в необходимых количествах нутрицевтиков [2, 5-7].

Использование семян льна для создания композиционной пшенично-льняной муки целевого назначения оправдано, так как семена льна обладают не только высоким содержанием белка и жира, но и уникальным составом этих макронутриентов, включающим в первую очередь полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), общее количество которых с ПНЖК семейства ω-3 и ω-6 составляет 75-95%; незаменимые аминокислоты (аминокислотный скор белка по лизину составляет 83%, а значение скорректированного аминокислотного коэффициента усвояемости белка – PDCAAS=0,95); а также другие не менее ценные компоненты – пищевые волокна, лигнаны, микроэлементы (калий, магний, цинк), витамины (PP, B_1, B_2, B_6, фолиевая кислота) и др. [8,9-12].

Целью исследований была разработка технологической схемы процесса размола бинарных зерновых смесей на основе зерна пшеницы и семян льна и выявление биохимических особенностей новых сортов пшенично-льняной муки.

Методика. Объектами исследования были зерно пшеницы и семена льна – компоненты бинарной зерносмеси, содержащей 93% зерна пшеницы и 7% семян льна. Содержание семян льна в смеси определяли в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления [7]. Химический состав зерна пшеницы (%): влажность – 13,6, содержание белка – 13,4, жира – 1,83, клетчатки – 2,2, крахмала – 66,8; семян льна – соответственно 5,7; 24,7; 39,80; 15,0; 5,2. Технологические свойства исходных объектов приведены в табл. 1.

Для исследования измельчения и получения пшеничной и пшенично-льняной муки использовали размольно-сортировочный агрегат РСА-5 с рифлеными вальцами для драных систем (Р-10$^1/_{см}$) и вальцами с микрошероховатой поверхностью на размольных системах и лабораторной вымольной машины. Белизну муки определяли методом измерения отражательной способности уплотненно-сглаженной поверхности муки с применением фотоэлектрического прибора (ГОСТ 26361-2013), зольность (Z) – сжиганием муки с последующим определением массы несгораемого остатка (ГОСТ 27494-2016). Общее содержание белка (N×6,25) определяли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-91), растворимого белка – по методу Лоури, жира – по Сокслету (ГОСТ 29033-91, клетчатки – по Кюшнеру и Ганеку, крахмала – по Эверсу (ГОСТ 31675-2012), восстанавливающие сахара – по методу Бертрана. Фракционный состав белков анализировали по Осборну: альбумины выделяли дистиллированной водой, глобулины – 10%-ным раствором NaCl, проламины – 70%-ным этанолом, глютелины – 0,2%-ным раствором NaOH. Ферментативную активность протеаз определяли модифицированным методом Ансона с использованием в качестве стандартного субстрата бычьего сывороточного альбумина; активность амилаз – колориметрическим методом по количеству прогидролизованного крахмала на основе оценки интенсивности окраски комплекса крахмал-йодом; активность щелочных и кислых липаз – титрометрическим методом по количеству образовавшихся жирных кислот [13]; жирно-кислотный состав – методом газовой хроматографии (хроматограф газовый 6890N с детектором масс-селективным Agilent 5975C, США).

Анализы проводили в трех повторностях, представляя результаты как средние арифметические. Расхождение между параллельными определениями не превышало 3% от среднего арифметического значения при доверительной вероятности P=0,95.

Результаты и обсуждение. Переработка зерносмесей, компоненты которой существенно различаются по физическо-химическим свойствам, представляет собой достаточно сложную задачу [14-16]. Для определения оптимальных значений параметров кондиционирования применяли метод контурно-графического анализа. В качестве критериев оптимизации использовали расчетный выход муки высшего сорта; максимальное значение белизны муки; отношение выхода отрубей драных систем к выходу отрубей размольных систем как характеристику эффективности крупообразования. К оптимальным значениям показателей кондиционирования относятся: влажность не менее 15% и продолжительность отволаживания не менее 18 часов. Смешивание зерна пшеницы с семенами льна возможно непосредственно перед измельчением, что обусловлено раздельной подготовкой компонентов и самосортированием смеси при перемещении.

Устойчивость смеси зависела от близости физических свойств компонентов прежде всего размера и формы частиц, являющихся фундаментальными характеристиками сыпучего материала. Как видно из данных табл. 1, зерна пшеницы и семена льна существенно различаются по физическим свойствам. По этой причине были смоделированы основные методы смешивания для определения необходимых условий формирования бинарной зерносмеси. К ним относятся: активные – с высокой относительной скоростью перемещения компонентов на основе конвективного механизма перемещения (лопастные смесители); пассивные, в основе которых лежит перемещение скользящих относительно друг друга слоев (барабанные смесители). Оценку качества смеси проводят по коэффициенту неоднородности (коэффициенту вариации):

$$V = \frac{100}{\overline{c}}\sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(c_i - \overline{c})^2}{n-1}}, \% \ , \qquad (1)$$

где $\overline{c}$ – среднее арифметическое значение концентрации ключевого компонента, c_i – текущее значение концентрации, n – количество измерений.

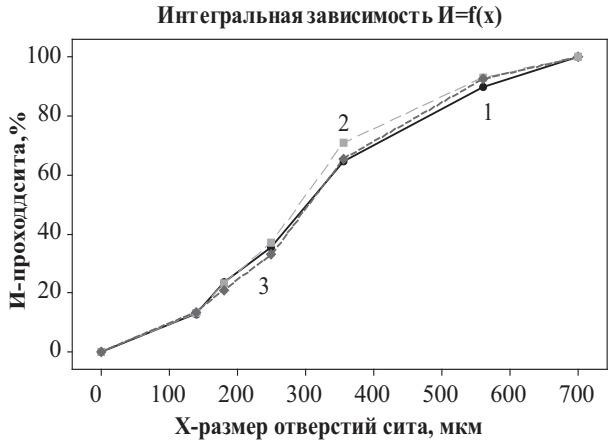


Рис. 1. Гранулометрический состав крупо-дунстовых продуктов и муки I-III драных систем с разной степенью извлечения: 1 – 66%; 2 – 72%; 3 – 79%.

Сравнение методов смешивания показало, что пассивный метод существенно уступает активному. Так, при равенстве циклов смешивания коэффициент V = 37,4% для барабанного смесителя и V=15,9% для шнекового смесителя. В дальнейшем использовали активный метод смешивания, что обеспечивало удовлетворительное качество процесса. Оптимальные режимы были достигнуты при зазорах на драных системах: I – 0,40 мм, II – 0,20 мм, III – 0,05 мм.

Анализ гранулометрического состава показал, что размер основной части промежуточных продуктов составляет 600-150 мкм (рис. 1). В дальнейшем это и определило подбор сит для анализа крупо-дунстовых продуктов и создания технологической схемы размола.

На основании результатов измельчения зерносмеси на крупочных драных системах разработана технологическая схема размола (рис. 2), включающая три драные, вымольную, шлифовочную и пять размольных систем, что способствовало выходу муки 70-75 %. Определены оптимальные режимы извлечения пшенично-льняной смеси – извлечение (%)/зольность (%) на I-III драных системах (в пересчете на I драную систему – зерно): для I – 53,5/1,00; II – 22,2/1,11; I+II – 75,7/1,035; I+II+III – 81,0/1,1.

Характеристика потоков муки отдельных технологических систем приведена в табл. 2. Качественные характеристики муки отдельных систем варьируют в широком диапазоне, что хорошо известно [15, 16]. Содержание жира возрастает по мере перехода от первых к последним системам измельчения. Такое распределение жира по потокам муки можно объяснить селективным характером измельчения материала, обладающего различной способностью размола. Однако неравномерное распределение жира по отдельным системам представляет определенный интерес для формирования сортов муки, обогащенной полиненасыщенными жирными кислотами.

В основе принципа формирования сортов муки лежит принадлежность отдельных потоков различным анатомическим частям зерна. Таким образом, потоки муки из центральной части эндосперма (I, II драная система, шлифовальная, 1, 2, 3 размольные системы) характеризуются низкой зольностью и высоким показателем белизны. При смешивании этих потоков был сформирован сорт муки А, сорт муки Б получен при смешивании потоков муки III драной системы, вымольной, 4 и 5 размольных систем и представляет собой измельченные периферийные части зерновки; сорт муки В – результат объединения всех потоков муки.

Химический состав сформированных сортов муки А, Б, В, представленный в табл. 3, свидетельствует об обогащении пшеничной муки белковыми, жировыми компонентами, а также клетчаткой за счет включения семян льна в состав бинарной зерносмеси. Так, массовая доля белка увеличилась на 1,0-2,0%, жира – в 1,5-3,5 раза; клетчатки – в 3,4-4,0 раза, крахмала снизилась примерно на 2-4%.

Фракционный состав растворимых белков, соотношение различных фракций имеет большое значение с позиции как оценки технологических свойств (формирование клейковины, ее количество и качество), так и биологической ценности белков, степени их усвоения [5, 11]. Данные, представленные в табл. 4, показывают соотношение фракций растворимых белков в сформированных сортах пшенично-льняной муки. Следует отметить существенное увеличение доли альбумино-глобулиновой фракции в этих образцах по отношению к спирто- и щелочерастворимым белкам, а также к пшеничной муке, у которой доля клейковинных белков преобладает.

Табл. 2. Выход и качество потоков муки отдельных систем

Образец	Показатели качества потоков муки				
	выход, %	белизна, ед.	белок, %	жир, %	зола, %
Мука с драной системы: I	17,7	41,0	13,13	3,7	0,75
II	3,8	29,3	15,42	5,4	0,94
III	3,2	7,8	19,37	8,5	1,34
Мука с вымольной системы	4,9	45,3	12,25	3,8	0,55
Мука со шлифовочной системы	6,5	38,6	12,97	3,9	0,68
Мука с размольных систем: 1	9,9	38,7	13,14	3,4	0,54
2	4,0	37,8	13,25	4,1	0,67
3	1,0	12,5	15,09	7,9	
4	2,5	24,5	12,99	5,1	0,85
5	5,9	12,6	13,62	4,7	0,74

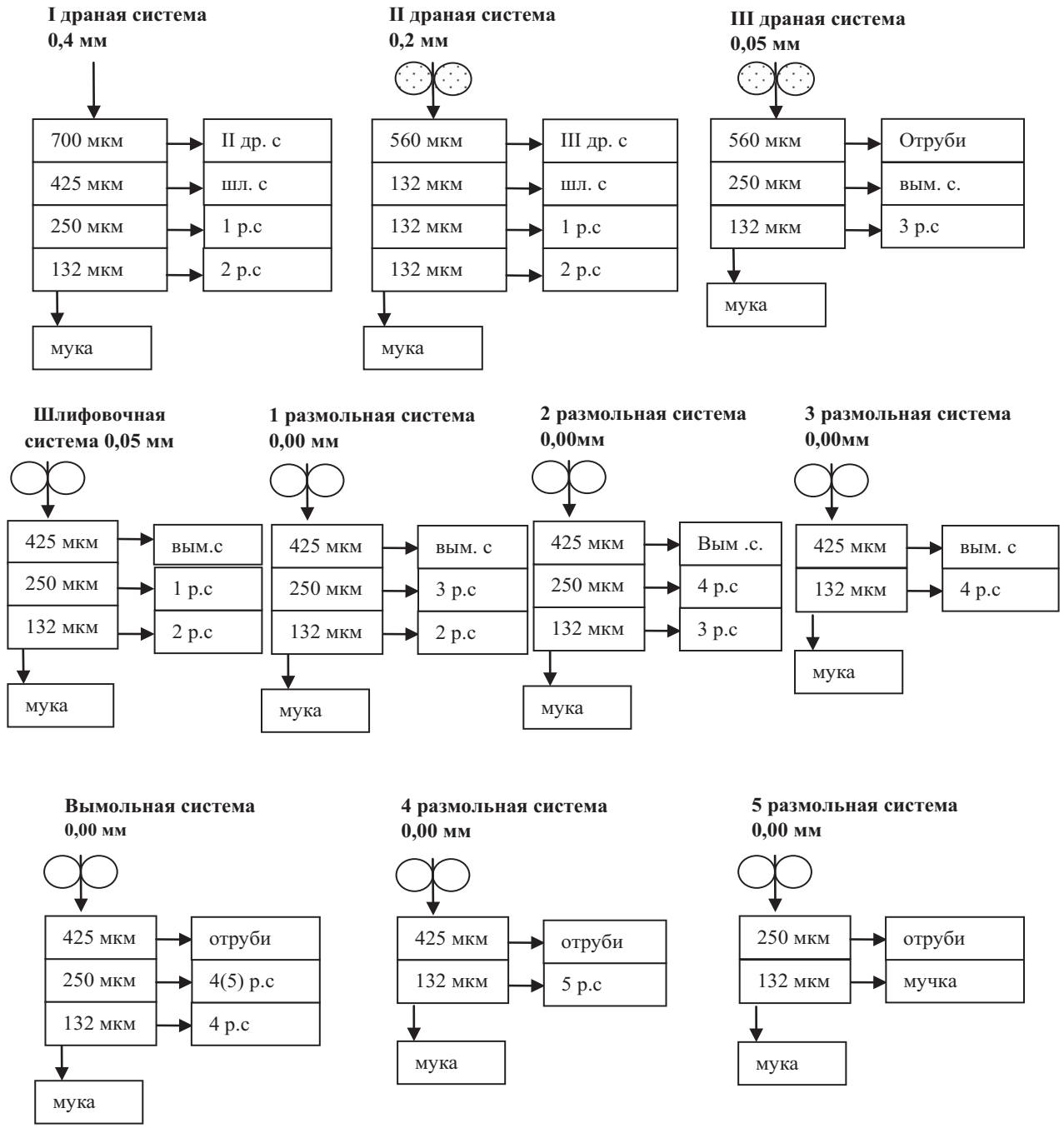


Рис. 2. Технологическая схема лабораторного помола бинарной зерносмеси.

Табл. 3. Химический состав сортов муки

Образец муки	Белок (N×6,25), %	Жир, %	Крахмал, %	Клетчатка, %	Восстанавливающие сахара, %
Сорт А	13,16	3,6	69,52	1,60	0,16
Сорт Б	14,38	5,6	64,85	1,92	0,18
Сорт В	13,58	4,3	68,11	1,86	0,16
Контроль: пшеничная высшего сорта	12,65	1,6	72,10	0,46	0,14

При переработке зерна в муку разрушается клеточная структура и, как следствие, усиливаются окислительные и гидролитические процессы [5, 6, 17]. В связи с этим представляет интерес оценка активности основных гидролитических ферментов в образцах сформированных сортов пшенично-льняной муки. Так, величина протеолитической активности, наряду с другими биохимическими показателями, имеет большое значение, поскольку протеиназы способны активно гидролизовать собственные, в том числе и клейковинные белки, а также участвовать в регуляции активности других ферментных систем, например, амилаз, что сказывается на технологическом процессе и готовом

Табл. 4. Фракционный состав растворимых белков

Образец муки	Фракционный состав растворимых белков, % от общего количества				
	альбумины	глобулины	проламины	глютелины	нерастворимый остаток
Сорт А	15,8	18,8	30,8	28,6	6,0
Сорт Б	13,2	18,5	29,6	29,8	7,8
Сорт В	14,8	20,2	28,8	30,2	6,0
Контроль: пшеничная, высшего сорта	8,4	17,0	35,8	30,8	8,0

продукте. Амилазы также важны при оценке качества муки и изделий из нее. Высокая амилолитическая активность отрицательно сказывается на хлебопекарных достоинствах муки.

В пшеничной муке субстратом для липаз служат собственные липиды, содержание которых достигает 1,5-2,0% от массы, а в исследуемых образцах пшенично-льняной муки – 3,6-5,6%. Липазы влияют на реологические свойства теста, удельный объем изделий, структуру и цвет мякиша. Они также снижают скорость черствения хлеба, что зависит от действия продуктов гидролиза – моноглицеридов и жирных кислот, которые образуют комплексы с амилозой, замедляют ее ретроградацию. Есть мнение, что липазы изменяют взаимодействие между белками и липидами муки, улучшают качество клейковины. Растительные липазы характеризуются оптимальным значением pH: зерновые липазы проявляют активность в щелочной области (pH 8,0), липазы масличных культур – в кислой (pH 4,7) [18].

Изучение активности гидролитических ферментов показало, что активность протеаз и амилаз в исследуемых образцах пшенично-льняной муки изменяется незначительно, а активность щелочных липаз остается неизменной по отношению к пшеничной муке (контроль). При этом активность кислых липаз примерно в 1,5 раза выше, чем щелочных липаз в исследуемых образцах пшенично-льняной муки. Это связано с присутствием продуктов размола семян льна и может сказываться на сроках хранения муки такого типа. Однако хранение исследуемых образцов в лабораторных условиях при 4-6 ºС в течение 14 недель привело к незначительному увеличению активности кислых липаз – на 1,8-2,5%.

Данные жирнокислотного состава сортов пшенично-льняной муки представлены в табл. 5. Так, содержание линолевой кислоты (ω-6) было меньше в образце пшеничной муки в 1,6-3,3 раза, чем в образцах пшенично-льняной муки (0,93% против 1,51-3,14%) с учетом общего содержания жира в образцах; содержание линоленовой кислоты (ω-3) – соответственно в 36,8-57,2 раза (0,047% против 1,73-2,69%).

Хлеб, выпеченный из пшенично-льняной муки, имел достаточно хороший объемный выход – 524 и 505 см^3/100 г муки и удельный объем – 4,02 и 4,38 г/см^3 (за исключением образца № 2). Все образцы хлеба отличались высокой оценкой внешнего вида. Пористость равномерная средняя и мелкая составила 83-82%, максимальная суммарная органолептическая оценка – 10 и 9 баллов из 10 возможных у образцов муки сорта А и В (рис. 3).

На основании выявленных закономерностей подготовки и размола бинарных зерновых смесей разработаны технологические схемы процессов получения композиционных видов муки с заданными технологическими свойствами и повышенной пищевой ценностью за счет обогащения полиненасыщенными жирными кислотами семейства ω-3, ω-6 традиционных видов зерна путем добавления в него семян льна. Такую муку можно рекомендовать для хлебопекарных и кондитерских целей.

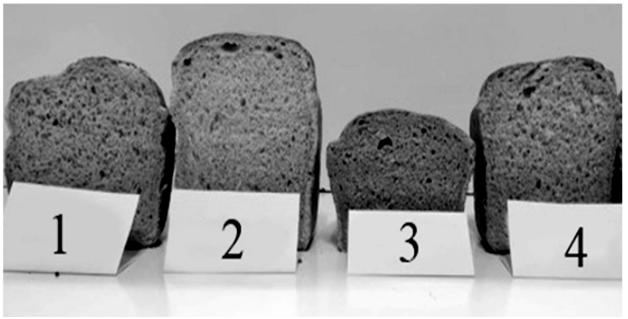


Рис. 3. Хлеб из муки разных сортов:
1 – контроль (пшеничная мука);
2-4 – пшенично-льняная мука соответственно сортов А, Б и В.

Табл. 5. Жирнокислотный состав сортов пшенично-льняной муки

Показатель	Содержание ВЖК, %			
	мука пшеничная высший сорт	мука пшенично-льняная, сорт А	мука пшенично-льняная, сорт Б	мука пшенично-льняная, сорт В
С 16 : 0 пальмитиновая	19.64 ± 1.57	18.79 ± 7.50	12.54 ± 1.00	15.44 ± 1.24
С 18 : 0 стеариновая	1.21 ± 0.13	5.79 ± 0.46	4.81 ± 0.53	5.26 ± 0.42
С 18 : 1 олеиновая	17.54 ± 1.40	28.50 ± 1.43	22.54 ± 1.8	25.15 ± 0.02
С 18 : 2 линолевая	57.95 ± 2.90	41.21 ± 3.06	55.57 ± 2.78	49.97 ± 2.46
С 18 : 3 линоленовая	2.95 ± 0.32	48.80 ± 0.54	39.23 ± 0..43	45.10 ± 0.45
С 20 : 0 арахиновая	< 0.1	0.25 ± 0.03	0.17 ± 0.02	< 0.1
С 20 : 1 гондоиновая	0.73 ± 0.08	0.58 ± 0.06	0.39 ± 0.04	0.31 ± 0.03
С 20 : 2 эйкозодиеновая	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
С 22 : 0 бегеновая	< 0.1	0.29 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.02

Литература

1. *Цыганова Т.Б., Миневич И.Э, Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки. – Калуга: Эйдос, 2010. – 124 с.*
2. *Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П., Витол И.С., Кандроков Р.Х., Жильцова Н.С. Особенности продуктов переработки двухкомпонентных смесей пшеницы и льна // Хлебопродукты. – 2018. – № 12. – С. 42 – 46. https://doi.org/10/32462-0235-2508-2018-0-12-42-46*
3. *Конева С.И. Особенности использования продуктов переработки семян льна при производстве хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 35-37.*
4. *Сигарева М.А., Могильный М.П., Шалтумаев Т.Ш. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2015. – № 5-6. – С. 42-45.*
5. *Витол И.С., Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П., Кандроков Р.Х. Особенности состава и белково-протеиназного комплекса муки из двухкомпонентной зерновой смеси и семян льна // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2019. – № 6 (59). – С. 83-85.*
6. *Витол И.С., Панкратов Г.Н., Мелешкина Е.П. Углеводно-амилазный и липидный комплексы муки из двухкомпонентной зерновой смеси пшеницы и льна // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. – № 1. – С. 57-61.*
7. *Зайцева Л. В., Нечаев А.П. Баланс полиненасыщенных жирных кислот в питании // Пищевая промышленность. – 2014. – № 11. – С. 56-59.*
8. *Rabetafika H.N., Van Remoortel V., Danthine S., Paquot M. and Blecker C. Flaxseed proteins: food uses and health benefits // International Journal of Food Science and Technology. – 2011. – № 46. – P. 221-228. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02477.x*
9. *Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive components of flaxseed and its health benefits // International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. – 2015. – V. 31. – № 1. – P. 42-51.*
10. *Бакуменко О.Е., Шатнюк Л.Н. Технологические аспекты применения льняной муки в пищевых концентратах функционального назначения // Хлебопродукты. – 2017. – № 6. – С. 56-59.*
11. *Kuhn K.R., Netto F.M., Cunha R.L.D. Assessing the potential of flaxseed protein as an emulsifier comdined with whey protein isolate // Food Research International. – 2014. – V. 58. – P.89–97.*
12. *Goyal, Sharma V., Upadhyay N., Gill S. and Sigag M. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food // Journal Food Science Technology. – 2014. – V. 51. – № 9. – P. 1633–1653. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9*
13. *Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., Колпакова В.В., Витол И.С., Кобелева И.Б. Пищевая химия. Лабораторный практикум. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 304 с.*
14. *Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов: монография. – Воронеж: ВГУ, 2002. – 296 с.*
15. *Панкратов Г.Н., Резчиков В.А. Физико-химические основы зерновых технологий. – М.: ИК МГУПП, 2007. – 120 с.*
16. *Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 348 с.*
17. *Гридина С.Б., Зинкевич Е.П., Владимерцева Т.А., Забусова К.А. Ферментативная активность зерновых культур // Вестник Краснодарского государственного аграрного университета. – 2014. – № 8. – С. 57-60.*
18. *Демченко Ю.А. Липаза: свойства источники, способы получения, применение // Наука: комплексные проблемы. Сетевое электронное научное издание. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.nigniikp.adygnet.ru (дата обращения 23.12.2019). – 2018. – Вып. 2 .– С.15 – 34.*

Поступила в редакцию 27.01.20
После доработки 10.02.20
Принята к публикации 01.03.20

Механизация

УДК 658.562:631.35 DOI:10.31857/S2500262720030175

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЗЕРНА СОИ

В.Т. Синеговская, академик РАН, **И.М. Присяжная,** кандидат технических наук,
М.О. Синеговский, кандидат экономических наук,
С.П. Присяжная, доктор технических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт сои,
675027, Амурская область, Благовещенск, Игнатьевское шоссе,19
E-mail:valsin09@gmail.com

Рассмотрены проблемы увеличения производства сои в Амурской области за счет оптимизации структуры посевных площадей, укрепления материально-технической базы, восстановления почвенного плодородия и других приемов. Полученные данные химического состава и питательности незерновой части урожая этой культуры подтверждают высокое кормовое достоинство половы (0,56 к.е.), которую следует использовать в животноводстве, а солому измельчать и заделывать в почву. Разработана и предложена конструкция измельчающего устройства с ротационными режущими элементами сегментного типа, размещенными двухзаходно, по винтовой линии и по всей длине измельчающего барабана под углом 36^0, вращающимися в вертикальной плоскости и попеременно взаимодействующими с противорежущими сегментами, жестко закрепленными на регулируемом брусе. Такой измельчитель «ИРВС-1200» вследствие равномерного воздействия режущих элементов позволяет снизить затраты мощности на измельчение, обеспечивает качественное измельчение и равномерное распределение измельченной соломы по поверхности поля. При его использовании на зерноуборочном комбайне с жатками более 6 м необходимо увеличить скорость воздушного потока до 7 м/с за счет частоты вращения измельчающего барабана до 40 с$^{-1}$и увеличения угла установки направителей до 70^0. Показано, что заделка измельченной соломы в почву дискованием или культивацией улучшает структуру почвы, повышает плодородие и урожайность зерновых культур и сои.

THE USE OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF SOYBEAN GRAIN

Sinegovskaya V.T., Prisyazhnaya I.M., Sinegovskiy M.O., Prisyazhnaya S.P.

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean,
675027, Amusjayajblast, Blagoveshchensk, Ignat`evskoeshosse, 19
E-mail: valsin09@gmail.com

The problems of increasing soybean production in the Amur region through the optimization of the structure of sown areas, strengthening the material and technical base, restoration of soil fertility and other techniques are considered. The obtained results of the chemical composition and nutritive value of the non-cereal part of the soybean yield confirm the high fodder advantages of chaff (0,56 fodder units), which should be used in animal husbandry, and the straw should be chopped and covered with the soil. With a significant difference in the structure, thickness and stiffness of soybean stalks in contrast to grain crops, a design of a grinding device has been developed and proposed. This device is provided with rotary cutting elements of a segment type, placed double-thread along the helix and along the entire length of the shredding drum at an angle of 36°, rotating in a vertical plane and alternately interacting with shearing segments, which rigidly fixed on an adjustable beam. Due to the uniform effect of the cutting elements, such a grinding device allows reducing the cost of power for grinding, provides high-quality grinding and uniform distribution of chopped straw on the field surface. When using "IRVS-1200" on the combine harvester with reapers over 6 m, it is necessary to increase the air flow rate to 7 m/s by means of the rotation speed of the shredding drum up to 40 s-1 and increasing the angle of installation of the guiders to 70º. The embedding of chopped straw into the soil by disking or cultivation improves the structure of the soil, increases the fertility and productivity of grain crops and soybean.

Ключевые слова: *соя, солома, химический состав, измельчитель-разбрасыватель-валкообразователь, фракционный состав, повышение плодородия почвы*

Key words: *soybean, straw, chemical composition, grinder-spreader-roll forming, fractional composition, increasing soil fertility*

Развитие растениеводства Амурской области невозможно без оптимизации структуры посевной площади, укрепления материально-технической базы, восстановления залежных земель, использования инновационных методов и технологий, что позволит значительно увеличить объем производства сои, зерновых и кормовых культур, картофеля и овощей. Регион имеет выгодные позиции по наращиванию производства сои. Амурская соя востребована как на внутреннем, так и на внешнем рынке. В настоящее время в области получают чуть более 1 млн тонн бобовых и свыше 350 тонн зерновых, а к 2024 г. запланировано соответственно 2,2 млн и более1 млн тонн. Для этого необходимо оптимизировать севооборот и значительно увеличить производство сои. Если сейчас соей заняты 78% всех земель, то к 2024 г. ее доля должна составлять 63% со снижением до оптимального уровня – 50% и увеличением доли зерновых и овощных культур. Возрастут также посевы однолетних и многолетних трав [1].

Наращивание производства зерна и сои будет сопровождаться увеличением не зерновой части урожая – соломы и половы. В настоящее время солома зерновых культур и сои при комбайновой уборке измельчается и вместе с половой (створками) разбрасывается по полю.

Химический состав и питательность соломы и половы зерновых культур и сои, % воздушно-сухой массы

Культура	Кормовая единица	Сухое вещество	Сырой протеин	Сырая клетчатка	БЭВ	Зола	Кальций, г/кг	Фосфор, г/кг
Пшеница	0,22	84,9	4,6	35,1	36,8	5,9	3,2	0,8
	0,42	84,0	9,8	22,5	37,1	12,0	4,5	0,9
Овес	0,31	70,5	4,0	34,3	39,0	5,0	2,1	1,1
	0,44	0,82	6,2	24,3	40,3	12,2	6,5	1,4
Соя	0,38	82,7	5,4	34,4	37,3	5,0	1,04	1,4
	0,56	87,0	5,7	29,2	40,8	9,1	4,2	1,6

Примечание. Над чертой – солома, под чертой – полова.

Многолетними исследованиями структуры биологической урожайности амурских сортов сои установлено соотношение выхода соломы и половы к зерну, которое составляет соответственно 0,67:1 и 0,49:1. Таким образом, на каждую тонну зерна при возделывании сои одновременно производится 670 кг соломы и 490 кг половы. Кормовое достоинство соевой половы составляет 0,56 кормовых единиц, что в 1,5 раза выше, чем у соломы. Наряду с большим значением сои как белковой и масличной культуры, большую кормовую ценность представляет полова, которую необходимо собирать при уборке. Солому следует измельчать и заделывать в почву как удобрение, улучшающее агрофизические свойства почвы и усиливающее биологические процессы в ней.

В задачи исследований входило разработать и проверить в производственных условиях эффективность измельчителя-разбрасывателя-валкообразователя соломы зерновых и сои с равномерным распределением измельченных частиц на поле при заделке дискованием или культивацией для повышения плодородия почвы.

Интенсивность разложения соломы микроорганизмами в почве зависит прежде всего от химического состава соломы [2]. У большинства злаковых и бобовых растений она представлена в основном клетчаткой, лигнином и пентозанами. Химический состав соевой соломы и половы основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Амурской области, приведен в таблице. Наибольшую ценность по содержанию минерального фосфора представляет соевая полова. В почве органическая часть соломы и половы подвергается разложению с помощью микроорганизмов.

При разложении соломы наблюдается смена микрофлоры, обусловленная специализацией функций микроорганизмов. В первую очередь разлагаются наиболее доступные компоненты соломы [3]. Позднее в процесс включаются микроорганизмы, разлагающие пектиновые вещества [4], затем начинается интенсивное разложение клетчатки и близких ей соединений. Появляется типичная целлюлозоразрушающая микрофлора. В отличие от пентозанов и белков целлюлоза оказывает более длительное и глубокое воздействие на состояние биологического равновесия почвы. В период наиболее интенсивного разложения соломы в наибольшем количестве образуются гумусовые вещества, а в конце процесса гумификации обильно развиваются актиномицеты, которые способны использовать трудноразлагаемые компоненты растительных тканей, а также новообразованные гумусовые вещества. Скорость разложения соломы в почве определяется комплексом факторов [5].

Химический состав соломы зерновых культур и сои характеризуется высоким содержанием безазотистых экстрактивных веществ – БЭВ (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, жира и воска) и относительно низким содержанием белка (азота) и минеральных веществ. Более высокое содержание азота у соевой соломы увеличивает синтез клеточного белка микроорганизмами и ускоряет ее разложение [6]. Плохо влияет на разложение грубая структура соевой соломы, требующая более мелкого измельчения и по возможности расщепления.

Соя в Амурской области созревает во второй половине сентября. К началу уборки листья растений полностью опадают, а стебель и створки бобов приобретают бурую окраску. Уборку культуры начинают при влажности зерна 14-16%. В момент уборки число растений на одном квадратном метре площади посева составляет 40-60 шт., высота стебля – 45-90 см. Стебель растений сплошной, жесткий, с 2-5 боковыми побегами. Диаметр основного стебля у корневой шейки растения составляет 5-10 мм, в средней части – 4-6 мм и на конце растения – 2-4 мм. Влажность соевой соломы в период уборки достигает 30%. Значительное различие ее структуры, толщины и жесткости по сравнению с соломой зерновых культур ухудшает работу измельчителей-разбрасывателей, устанавливаемых на зерноуборочной технике. На основе анализа многовариантной уборки незерновой части урожая была разработана конструкция измельчителя-разбрасывателя-валкообразователя «ИРВС-1200», включающая измельчающие и рассеивающие узлы и позволяющая укладывать солому в валки [7-15].

Методика. Опытный образец устройства (рис.1) был изготовлен в экспериментальном цехе Дальневосточного НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (г. Благовещенск Амурской области). К месту проведения испытаний – предприятие «Садовое» РАН, а также Амурская машинно-испытательная станция измельчитель-разбрасыватель-валкообразователь соломы «ИРВС-1200» был доставлен в собранном виде автомобильным транспортом. Лабораторно-полевые исследования «ИРВС-1200» проводили в 2008-2010 гг. на полях сельскохозяйственных предприятий в севооборотах с площадью посева сои от 5 до 10 тыс. га. Первый фон включал измельчение соломы на подборе валков пшеницы сорта Арюна, овса сорта Сельма,

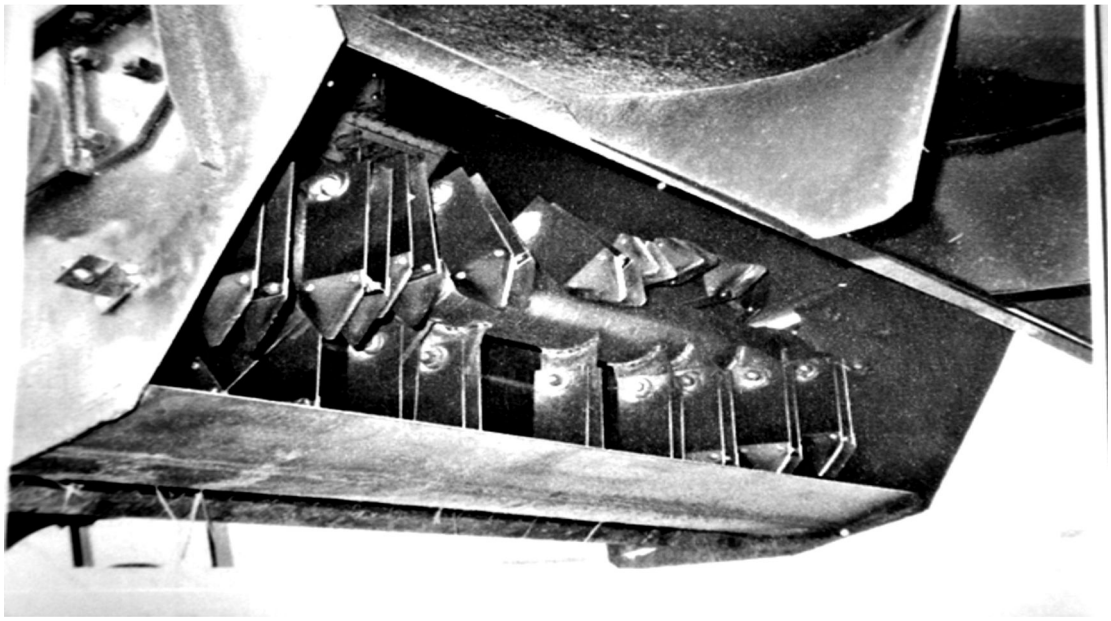


Рис. 1. Измельчитель-разбрасыватель-валкообразователь соевой соломы «ИРВС-1200» (внешний вид).

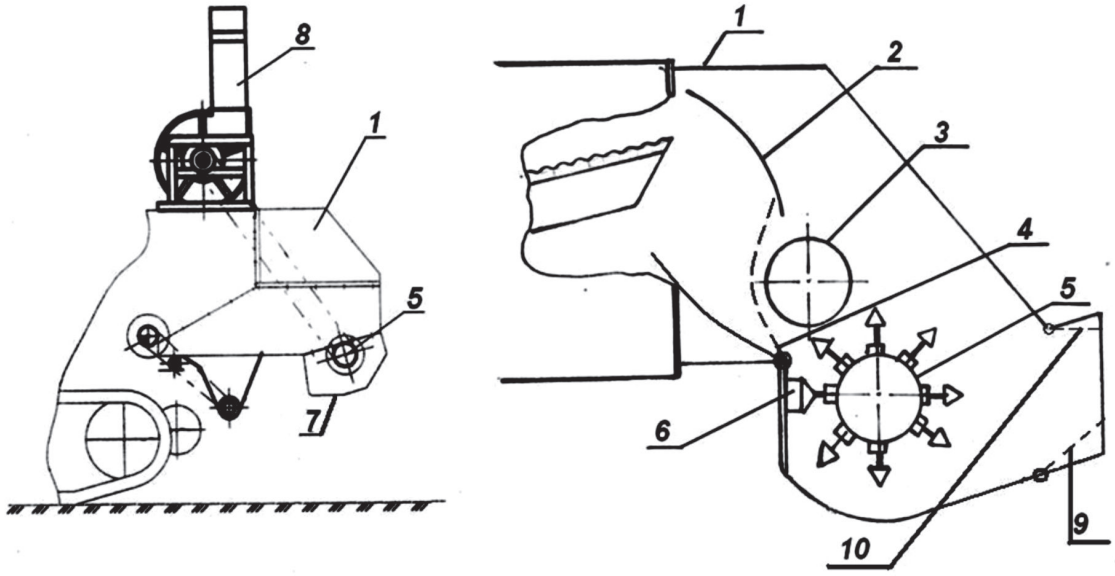


Рис. 2. Схема измельчителя-разбрасывателя-валкообразователя соевой соломы «ИРВС-1200; 1-10 – в тексте.

второй – прямое комбайнирование сои сорта Даурия. Влажность измельченной соломы составляла 30-35%.

Результаты и обсуждение. Измельчитель состоит из корпуса 1, который устанавливается на зерноуборочном комбайне (рис. 2). В корпусе размещены отражающий экран 2, валец-уплотнитель 3. Имеются направитель соломы 4, измельчающий барабан с жестко закрепленными ножами сегментного типа 5, противорежущий сегментный брус 6, разбрасыватель соломы, вентилятор 8, направляющие щитки разбрасывателя 9,10.

Измельчитель соломы навешивается на зерноуборочный комбайн вместо копнителя и работает в следующей последовательности. Сходящая с соломотряса соевая солома направляется в корпус 1 с отражающим экраном 2 на направитель соломы 4 и втягивается в зазор между вращающимся вальцом-уплотнителем 3, при работе которого обеспечивается поступление стеблей на измельчение. Уплотненная солома поступает и измельчается при поочередном взаимодействии рабочих органов измельчающего барабана с ротационными режущими элементами молоткового типа, попеременно взаимодействующими с противорежущими сегментами, жестко закрепленными на регулируемом брусе. Такой измельчитель за счет равномерного воздействия режущих сегментов позволяет снизить затраты мощ-

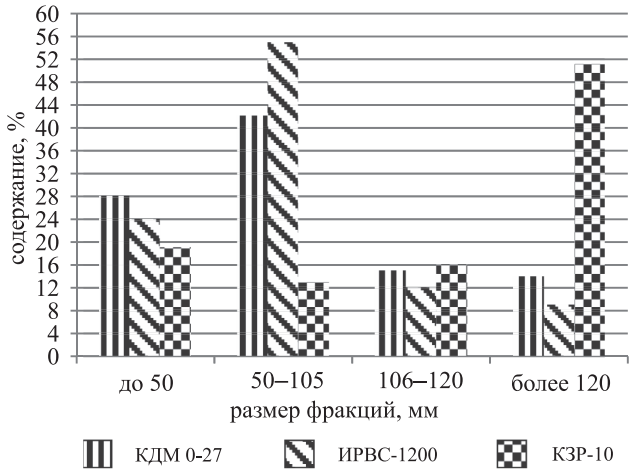


Рис. 3. Фракционный состав измельченной соломы зерновых культур при использовании агрегатов КДМ 0-27, ИРВС-1200 и КЗР-10.

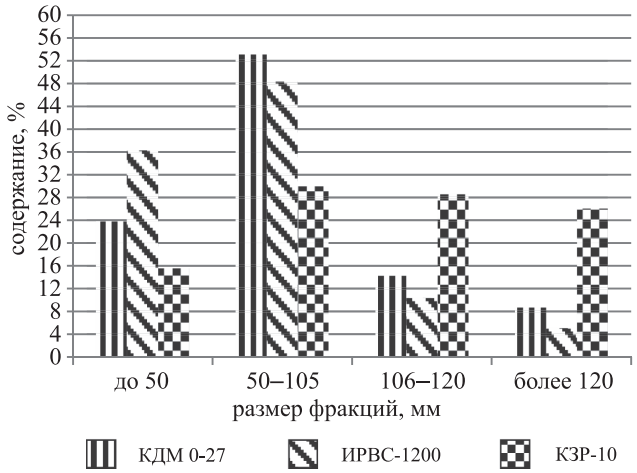


Рис.4. Фракционный состав измельченных стеблей и створок бобов сои при использовании агрегатов КДМ 0-27, ИРВС-1200 и КЗР-10.

ности на измельчение и обеспечивает требуемую длину соевой соломы. Измельченная масса поступает в направитель-распределитель, выносится и разбрасывается с помощью воздушного потока, создаваемого измельчителем соломы. При необходимости сбора соломы на уборке зерновых культур измельчитель работает по схеме валкообразователя. Для этого направитель соломы 4 устанавливают в обратное положение, и сходящая с соломотряса солома укладывается в валок для последующего подбора и формирования рулонов.

Показатели измельчения соломы с помощью разработанного устройства «ИРВС-1200, установленного на комбайне «СЗК-1200Р», при сложившихся агротехнических условиях можно отнести к качественным, так как длина измельченных частей соломы от 0 до 120 мм достигала на зерновых культурах 90,7, на сое – 94,8% (рис. 3). Эти показатели несколько различались: у комбайна «Енисей-1200РМ» с измельчителем КДМ 0-27 на зерновых культурах составляли 85,4%, у комплекса КЗР-10 – 48,9% . При уборке сои доля фракций до 120 мм с измельчителем КДМ 0-27 достигала 91,2%, а у комплекса КЗР-10 – 74% (рис. 4). В соответствии с агротехническими требованиями измельчение соломы до такого размера фракций должно быть не менее 85%.

Использование измельчителя «ИРВС-1200» создавало более высокую и равномерную скорость выхода потока измельченных частиц соломы и обеспечивало равномерное разбрасывание. Скорость частиц соломы на выходе из измельчителя изменялось от 3,0 до 7,0 м/с при установке частоты вращения ротора-измельчителя 26,6-40 $с^{-1}$. Рабочие органы ротора-измельчителя «ИРВС-1200» с режущими ножами-сегментами размещены на ведущем вращающемся роторе равномерно, по двухзаходной винтовой линии, на расстоянии 50 мм друг от друга и с углом поворота на 36^0. У базового измельчителя «КДМ-0,27» режущие ножи размещены на расстоянии 60 мм друг от друга и с углом поворота на 90^0. Ширина разбрасывания измельченных частиц соевой соломы при скорости на выходе 3-7 м/с за счет установки направителей с углом 20-70^0 возрастала от 4,9 до 7,9 м. Естественную поправку на уменьшение ширины разбрасывания вносил боковой ветер.

Таким образом, для оптимизации посевной площади сои в Амурской области и увеличения ее производства необходимо обратить особое внимание на использование не зерновой части урожая сои – соломы, достаточно богатой азотом, для улучшения структуры и повышения плодородия почвы. В связи с этим разработанный измельчитель-разбрасыватель-валкообразователь соевой соломы «ИРВС-1200» к комбайнам типа «Енисей» позволяет улучшать качество работы комбайнов, не отвечающих исходным требованиям по измельчению и разбрасыванию соевой соломы. Качественное измельчение соевой соломы и равномерное распределение по поверхности поля при заделке в почву обеспечивает улучшение ее структуры, повышение плодородия и урожайности зерновых культур и сои.

При изготовлении измельчителей рекомендуется использовать предложенную конструкцию измельчающего барабана с ротационными режущими элементами сегментного типа, размещенными двухзаходно по винтовой линии по всей длине барабана под углом $\gamma = 36°$, вращающимися в вертикальной плоскости и попеременно взаимодействующими с противорежущими сегментами, жестко закрепленными на регулируемом брусе. Установка измельчающих молотков по спирали за счет равномерного воздействия режущих сегментов позволяет снизить затраты мощности на измельчение, а с взаимодействием сегментного противорежущего бруса – обеспечить продольное расщепление измельченных стеблей и необходимое измельчение соевой соломы на 94,8% до 0-120 мм. При использовании «ИРВС-1200» на зерноуборочных комбайнах, работающих с жатками с шириной захвата более 6 м, следует увеличить скорость воздушного потока до 7 м/с за счет частоты вращения измельчающего барабана до 40 $с^{-1}$ и увеличения угла установки направителей до 70°, что положительно влияет на качество распределения измельченной соломы. Внедрение разработанных устройств позволит при использовании соответствующего оборудования обеспечить сбор половы в достаточном объеме для животноводства, а качественное измельчение, разбрасывание и заделка соломы в почву повысят урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Соя стратегического назначения // Амурская п*равда, 17 октября 2019 года.– №102 (28871).*
2. *Жалнин Э.В., Совченко А.Н. Характеристика физи-*

ко-химических свойств соломы и половы. // Технология уборки зерновых комбайновыми агрегатами: Сб. науч. тр. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 207с.

3. *Банецкая Е.В. Сезонная динамика микробоценоза почвы в повторных посевах сои и монокультуре/ Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы: Сб.науч.тр. по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования Всероссийского НИИ сои,2018. – С.95-100.*
4. *Банецкая Е.В., Прокопчук В.Ф. Численность основных физиологических групп микроорганизмов черноземовидной почвы Приамурья в зависимости от системы удобрения в севообороте/Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Материалы 51-й Международной научной конференции. ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова / Под редакцией В.Г. Сычева, 2017. – С.4-8.*
5. *Орлова О.В., Андронов Е.Е., Воробьев Н.И. Состав и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерново-подзолистой почве// Сельскохозяйственная биология. – 2015. – №3. – Т. 50. – С.305-314*
6. *Нагимова Р.Г., Сергеев В.С. Влияние пшеничной соломы, азотного удобрения и микробиологического препарата «Стерня» на показатели плодородия чернозема выщелоченного // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии.– 2017. – №3(52). – С.29-33.*
7. *Присяжная И.М., Присяжная С.П. Технологические особенности растений и семян сои/Закономерности развития технических и технологических наук: сб. статей международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭСТЕРНА, 2017. – С.67-70.*
8. *Присяжная С.П., Присяжный М.М., Панасюк А.Н., Присяжная И.М. Совершенствование технологии сбора половы с измельчением и разбрасыванием соломы при комбайновой уборке сои: монография.– Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 202 с.*
9. *Синеговская В.Т., Асеева Т.А. Инновационные разработки для решения задач импортазамещения // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018.– №2. – С.24-37.*
10. *Скорляков В.И. Совершенствование оценок зерноуборочных комбайнов с измельчителями соломы // Техника и оборудование для села. – 2015. –№11. – С.15-18.*
11. *Ягельский М.Ю., Родимцев С.А. Тенденции развития и классификация соломоизмельчителей-разбрасывателей современных зерноуборочных комбайнов// Вестник ОрелГау.– 2016 – № 3(60). – С.73-86.*
12. *Канделя М.В., Канделя Н.М., Земляк В.Л., Бумбар И.В. Пути совершенствования технологии уборки зерновых культур и сои // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. –№2(50). – С.98-109.*
13. *The New Holland forage harvester that revolutionized silage//Farm Machinery Journal. – 2015.–N15. –P.94.*
14. *Wiedermann A., Harms H.-H. Messungen an einem Mahdrescherhacksler mit Exaktschnitt // Landtechnik.– 2009. – Vol.64.– N3. –P.191-193.*
15. *Синеговская В.Т., Неробелова С.С. Формирование фотосинтетического и симбиотического аппарата сои в зависимости от технологий ее возделывания. // Сб.науч.тр.: Селекция и технология производства сои, 1997. – С. 77-83.*

Поступила в редакцию 29.01.20
После доработки 10.02.20
Принята к публикации 20.02.20

Правила для авторов

1. Редакция помещает не более двух статей одного автора в год. Это правило не распространяется на академиков и членов-корреспондентов РАН и других академий.

2. Объем статьи не должен превышать **12 стр.**, включая таблицы (не более 4), рисунки (не более 4), библиографию (до 25 названий). Статья, набранная **крупным шрифтом через 1,5 интервала, пересылается по E-mail: nsm2308@yandex.ru.** В ней должны быть указаны **УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, степени, полное название учреждения с адресом, E-mail, реферат** объемом не менее 500 знаков (не менее 17 строк с указанием цели опытов, объекта исследований, анализа полученных данных), **ключевые слова и все продублировано на английском языке. Таблицы и рисунки в одном файле с текстом. В тексте выделить "Методика" и "Результаты и обсуждение"**. Повторение одних и тех же данных в тексте, таблицах, графиках недопустимо. В конце статьи указать номер телефона (служебный, домашний, мобильный) каждого соавтора.

3. Рисунки (графический материал) должны быть выполнены **четко, представлены на отдельном листе в формате, обеспечивающем ясность передачи всех деталей, и/или на электронном носителе** (программы "Adobe PhotoShop", "Adobe Illustrator"). Подписи к рисункам должны быть напечатаны в конце статьи.

4. Статья с большим количеством формул (не более 10) представляется на электронном носителе - (программа "MS Equation" или подобная).

5. При описании методики исследования следует ограничиваться оригинальной ее частью, при элементном анализе приводить только усредненные данные.

6. Использованная литература приводится в порядке очередности упоминания, в тексте - цифровые ссылки в квадратных скобках. Список литературы оформляется следующим образом: для книг - фамилии и инициалы авторов, полное название, место издания, название издательства, год издания, количество страниц; для журнальных статей - фамилии и инициалы всех авторов, название статьи, полное название журнала, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы. Желательны ссылки на журналы, входящие в базу данных Scopus и Web of Science. **Цитируемость на свои работы не более 15%.**

7. При получении статьи редакция рассматривает ее соответствие тематике журнала и посылает на рецензию ведущим специалистам. Возвращение рукописи автору на доработку с копией рецензии не означает, что статья принята к печати. Датой поступления считается день получения редакцией окончательного варианта статьи.

8. Редакция посылает авторам на визу подготовленный к печати экземпляр статьи, который должен быть выслан обратно в течение суток с момента его получения.

Авторам высылается журнал в электронном виде.

С аспирантов плата за публикацию не взимается.

Для получения гонорара за публикацию в англоязычном издании авторы могут обратиться в Российское авторское общество по адресу: 123995, Москва, Б. Бронная, д. 6, стр. 1, тел.: +7 (495) 697-3335; и на сайте РАО: www.rao.ru (подвести курсор на "Правообладатели", далее на "Авторам научных статей". Здесь находятся документы для получения авторского гонорара.

Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает.