

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

**Ф.Р. Амерханова, Е.А. Гимаева, С.Г. Вологин, А.Т. Гизатуллина,
Г.Ф. Сафиуллина, Э.И. Закиева, З. Стасhevски**

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр
Российской академии наук», Казань, Россия, e-mail: nu-fain@mail.ru

***Аннотация.** Представлены результаты оценки 11 сортов картофеля в контрастных почвенно-климатических условиях. Сорта способны формировать высокую продуктивность, при выращивании на низком фоне минерального питания и без орошения - сорта Самба (32,96 т/га), Дана (23,5 т/га), Кайо (22,9 т/га). Сорта показывающие хорошую отзывчивость на высокий уровень минерального питания и орошение – Самба (89,2 т/га), Регги (82,6 т/га).*

***Ключевые слова:** картофель, продуктивность, индекс формы, крахмал, дегустация.*

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF GROWING CONDITIONS ON THE CHARACTERISTICS OF TUBERS POTATOES

**F.R. Amerkhanova, E.A. Gimaeva, S.G. Vologin, A.T. Gizatullina,
G.F. Safiullina, E.I. Zakieva, Z. Stashevski**

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture Federal Research Center Kazan Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, e-mail: nu-fain@mail.ru

***Abstract.** The results of the evaluation of 11 varieties of potatoes in contrasting soil and climatic conditions are presented. Varieties capable of forming high productivity, when grown on a low background of mineral nutrition and without irrigation, are the varieties Samba (32.96 t/ha), Dana (23.5 t/ha), Caio (22.9 t/ha). Varieties showing good responsiveness to a high level of mineral nutrition and irrigation are Samba (89.2 t/ha), Reggi (82.6 t/ha).*

***Keywords:** potato, productivity, shape index, starch, tasting.*

Введение. В России картофелеводство – крупная отрасль сельского хозяйства. Его используют как пищевую, техническую и кормовую культуру. Урожайность картофеля в России варьирует от 150 до 300 ц/га. Значительный разброс урожайности складывается из большого разнообразия почвенных и климатических условий страны. На территории Российской Федерации встречается большое разнообразие типов почв. Наиболее распространенными являются серые лесные почвы. В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья основными внешними лимитирующими факторами для картофеля являются относительно короткий период вегетации, засуха в разные периоды вегетации, высокая температура воздуха, переуплотнение и разрушение структуры корне- и клубне обитаемого слоя почвы.

В Республике Татарстан практически ежегодно в разные периоды вегетации растений картофеля наблюдается дефицит почвенной влаги. Очень часто засуха сопровождается высокими температурами воздуха [1]. Действенным инструментом, позволяющим добиться высокой урожайности и премиального качества клубней, является орошение посадок картофеля. Сорта картофеля по-разному реагируют на недостаток влаги и ирригационные мероприятия. Для достижения хороших экономических показателей, необходимо использовать подходящие сорта и технологию, адаптированную для условий Республики Татарстан [2].

Целью данной работы являлась оценка влияния условий выращивания на характеристики клубней картофеля.

Материалы и методы. Для изучения были взяты 11 сортов картофеля (Кортни, Регги, Танго, Самба, Сальса, Зумба, Догода, Дана, Орлан, Блоссом, Кайо), разных групп спелости, созданных в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Клубни для закладки опыта были получены из ЦКП «Биоресурсная коллекция картофеля» ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (регистрационный номер 471948, www.ckr-rg.ru). Характеристики сортов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики исследуемых сортов.

Название сорта	Группа спелости	Форма клубня	Цвет кожуры	Цвет мякоти
Блоссом	раннеспелый	овально-округлый	желтый	светло-желтая
Дана	среднеспелый	овально-округлый	желтый	желтая
Догода	среднеранний	округлый	светло-бежевый	кремовая
Зумба	среднеранний	округло-овальный	желтый	белая
Кайо	среднеранний	удлиненно-овальный	светло-бежевый	кремовая
Кортни	среднеранний	округлый	желтый	светло-желтая
Орлан	среднеспелый	овально-округлый	желтый	желтая
Регги	раннеспелый	удлиненно-овальный	желтый	светло-желтая
Сальса	среднеранний	овальный	желтый	светло-желтая
Самба	среднеранний	овально-округлый	желтый	светло-желтая
Танго	позднеспелый	удлиненно-овальный	красный	светло-желтая

Для проведения испытаний сортов картофеля были заложены питомники в 4 географических точках (таблица 2). Условия выращивания картофеля в географических точках указаны в таблице 2. Первая точка находилась на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН д. Дубровка, Лаишевский район Республика Татарстан. Почва опытного участка д. Дубровка серая лесная, суглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) 2%, рН 5,9, азот щелочно-гидролизующий 81 мг/кг, калий (по Кирсанову) 145 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 310 мг/кг. Предшественник – черный пар. Орошение не применялось.

Вторая точка располагалась на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН с. Большие Кабаны, Лаишевский район, Республики Татарстан. Почва опытного участка с. Большие Кабаны серая лесная, суглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) 4,3%, рН 6,8, азот щелочно-гидролизующий 120 мг/кг, калий (по Кирсанову) 180 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 380 мг/кг. Предшественник – яровая пшеница.

Третья точка испытания была заложена в д. Малые Кошелеи, Чувашской Республики. Почва опытного участка чернозем, по механическому составу легкоглинистый, содержание гумуса 7,1%, рН 5,6, азот щелочно-гидролизующий 154 мг/кг, калий (по Кирсанову) 291,4 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 380 мг/кг. Предшественник – чистый пар.

Четвертая точка полевого питомника экологического испытания находилась на базе ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН с. Сокуры, Лаишевский район, Республики Татарстан. Почва опытного участка д. Сокуры серая лесная, суглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) 3,1%, рН 6,3, азот щелочно-гидролизующий 78 мг/кг, калий (по Кирсанову) 106 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 310 мг/кг. Предшественник – черный пар.

Технология выращивания картофеля общепринятая для региона. Количество растений на делянке 20 шт. Схема посадки 0,75 x 0,26 см. Площадь питания одного растения 0,2 м². Повторность трехкратная.

Таблица 2. Условия выращивания картофеля в географических точках.

Географическая точка	Фон удобрения, мг/кг	Сумма осадков, мм	Орошение		Сумма осадков и орошение, мм
			тип	мм	
д. Дубровка	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄	109	не применялось	0	109
с. Сокуры	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄	109	дождевание	84	193
д. Малые Кошелеи	N ₁₈₂ P ₁₇₂ K ₃₆₆	130	дождевание	261	391,2
пос. Большие Кабаны	N ₁₀₀ P ₂₆₀ K ₂₆₀	109	капельное	284	393

Анализ структуры урожая и морфометрический анализ клубней картофеля проводили с помощью аппаратно-программного устройства Smart Grader Reader (GeJo Grading, Нидерланды). Определение содержания крахмала в клубнях проводили с помощью устройства MEKU E-6100 (Erich Pollahne, Германия) согласно инструкции производителя. Дегустацию клубней картофеля и определение кулинарного типа проводили согласно методике.

Основная часть статьи. Сорты картофеля с разными генетическими характеристиками по-разному реагируют на засуху с точки зрения клубнеобразования. Некоторые сорта имеют фиксированный период закладки клубней, в то время как другие могут закладывать клубни несколько раз в течение вегетационного периода при наступлении благоприятных условий [3; 4]. Реакция сорта на водный режим влияет на количество, размер и форму клубней.

Результаты сравнительного изучения продуктивности 11 сортов в зависимости от условий выращивания представлены в таблице 3. При попарном сравнении разница между продуктивностью изученных образцов на богаре и орошаемых участках была статистически достоверна. Орошение позволило удвоить продуктивность исследуемых сортов на низком фоне питания и утроить на высоком фоне питания.

Таблица 3. Продуктивность и индекс формы клубней сортов картофеля в 4-х географических точках

Название сорта	Продуктивность, кг/куст				Индекс формы (длина/ширина)			
	д. Дубровка	с. Сокуры	д. Малые Кошелеи	пос. Большие Кабаны	д. Дубровка	с. Сокуры	д. Малые Кошелеи	пос. Большие Кабаны
Блоссом	0,44	1,05	1,24	1,09	1,16	1,26	1,22	1,26
Дана	0,46	0,62	0,91	1,15	1,23	1,23	1,17	1,17
Догода	0,37	0,86	1,06	1,18	1,22	1,28	1,21	1,20
Зумба	0,34	0,95	1,67	1,10	1,21	1,35	1,21	1,29
Кайо	0,45	1,08	1,00	1,34	1,23	1,40	1,33	1,43
Кортни	0,43	0,93	1,03	1,49	1,15	1,17	1,17	1,15
Орлан	0,37	0,92	1,07	1,33	1,14	1,16	1,15	1,16
Регги	0,33	0,88	0,86	1,61	1,20	1,32	1,24	1,25
Сальса	0,41	0,89	1,44	1,33	1,23	1,33	1,29	1,33
Самба	0,64	0,76	1,14	1,74	1,13	1,21	1,25	1,21
Танго	0,25	0,60	1,36	0,69	1,03	1,13	1,16	1,17

На богаре и низком агрофоне лучшую продуктивность показали следующие сорта – Самба (0,64 кг/куст), Дана (0,46 кг/куст), Кайо (0,45 кг/куст). На участке с орошением дождеванием и низким фоном минерального питания выделились сорта Кайо (1,08 кг/куст), Блоссом (1,05 кг/куст), Зумба (0,95 кг/куст), Кортни (0,93 кг/куст). На участке с орошением дождеванием и высоким фоном минерального питания выделились сорта Зумба (1,67 кг/куст), Сальса (1,44 кг/куст), Танго (1,36 кг/куст), Блоссом (1,24 кг/куст). На участке с капельным орошением и высоким фоном минерального питания выделились сорта Самба (1,74 кг/куст), Регги (1,61 кг/куст), Кортни (1,49 кг/куст), Кайо (1,34 кг/куст).

Результаты и обсуждения. В засушливых условиях 2023 года на орошаемом участке у всех изучаемых сортов отмечено повышение урожайности, в среднем в 2,75 раза. Рост урожайности обеспечило повышение как количества (2 раза), так и массы (1,6 раза) клубней. По сравнению с богарой на капельном орошении продуктивность у сорта Орлан выросла в 3,6 раза, у сорта Блоссом – в 3,1 раза. Максимальную отзывчивость на орошение при низком уровне минерального питания на богаре показали сорта Кортни (4,5 раза) и Танго (3,9 раза).

Важной характеристикой сорта является размер и форма клубней. Форма клубней генетически детерминирована, но может в широких пределах изменяться в зависимости от условий выращивания. Форма клубня определяется соотношением трех показателей: длина(Д), ширина(Ш), толщина(Т). Форма клубня картофеля в зависимости от сорта и условий выращивания варьирует от круглой до очень длинной. Индекс формы клубня вычисляется по соотношению длины к ширине (таблица 3). Согласно данным литературы, индекс формы может значительно варьировать в зависимости от агроклиматических условий в период вегетации. При неблагоприятных засушливых условиях индекс формы клубня снижается. Анализ индекса формы клубней показал, что на богаре у большинства нами изученных сортов форма была округло-овальной. На орошении у сортов Кайо, Регги, Сальса форма клубня переходила из округло-овальной в овальную. Максимальное увеличение индекса формы на 16 % установлено у сорта Кайо, у сорта Регги на 9% и Сальса на 8%.

Клубни картофеля, наряду с другими крахмалосодержащими культурами, являются сырьем для производства крахмала. Крахмал является главной составной частью клубней картофеля и основным углеводом. Содержание крахмала в столовых сортах картофеля колеблется от 8 до 17 %. В сортах, предназначенных для производства крахмала, его содержание составляет от 15 до 25 %. Содержание крахмала дает возможность определить, для каких целей пригоден сорт картофеля. Самая высокая крахмалистость (выше 20%) требуется для сортов пригодных для производства крахмала, сухого картофельного пюре, хрустящего картофеля, картофеля «фри» и для столового картофеля тип варки D. Такой картофель после варки бывает рассыпчатым. Значительная часть картофельного крахмала закупается за рубежом. В импорте в страну 56% приходится на картофельный крахмал, он поступает в Россию из Дании, Республики Беларусь, Германии, Франции и Польши [5].

Результаты анализа содержания крахмала в клубнях картофеля у 11 сортов, выращенных в 4-х географических точках, представлены в 4 таблице. У большинства сортов при выращивании на участке с орошением наблюдается небольшое повышение содержание крахмала. Наибольшая разница между орошением и богарой отмечалась у сорта Танго (22,6 %-20,3%), Дана (16,7%-13,3%). У ряда сортов содержание крахмала было выше на богаре, чем на орошении: Догода (18,2%-14,2%), Зумба (13,7-13,2%), Орлан (15,2%-12,10%).

На основании полученных экспериментальных данных продуктивности сортов и содержания крахмала в клубнях был проведен расчет выхода крахмала с единицы площади.

По выходу крахмала на богаре выделился сорт Самба (4,71 т/га). И максимальный выход крахмала по опыту был у сорта Танго (15,8 т/га), Самба (12,75 т/га) на высоком фоне минерального питания и капельном орошении в точке с. Большие Кабаны. Таким образом, для обеспечения высокого выхода крахмала с единицы площади важно сочетание высокого содержания крахмала с высокой урожайностью сорта.

Органолептический анализ картофеля проводили на клубнях, выращенных на богаре (д. Дубровка). Оценивали картофель по наиболее значимым показателям, таким как консистенция мякоти, мучнистость, водянистость, запах, вкус, разваримость и потемнение сырой и вареной мякоти. На потемнение вареную мякоть оценивали через два часа после приготовления, а сырую через 24 часа после разрезания. Каждый показатель оценивался по 9-балльной шкале. Вкус и запах оценивают еще у неостывших клубней. Вкус мякоти: 7-9 - очень хороший; 5-6 - хороший; 4 - удовлетворительный; 3-2 - плохой; 1 - очень плохой.

Таблица 4. Содержание крахмала в клубнях сортов картофеля в географических точках

№	Наименование сорта	Содержание крахмала, %			
		д. Дубровка	с. Сокуры	д. Малые Кошелеи	пос. Большие Кабаны
1	Блоссом	13,40	11,50	13,40	11,30
2	Дана	13,30	16,70	15,90	16,20
3	Догода	18,20	15,80	14,20	14,80
4	Зумба	13,70	12,80	13,30	13,20
5	Кайо	13,10	12,30	15,60	13,80
6	Кортни	16,50	15,30	15,60	16,60
7	Орлан	15,20	13,60	14,70	12,10
8	Регги	15,20	13,90	16,30	14,70
9	Сальса	13,70	13,10	12,30	13,40
10	Самба	14,30	15,40	13,30	14,30
11	Танго	20,30	19,80	22,60	22,60

Кулинарный тип определяли по совокупности вышеупомянутых показателей. Выделяют 4 типа столового картофеля: А – салатный, клубни не развариваются; В – универсальный, клубни слабо развариваются (пригоден для поджаривания, отваривания, приготовления супов в домашних условиях); С – мучнистый, клубни хорошо развариваются (пригоден для пюре, запекания в индустрии питания); D – сильномучнистый, клубни полностью развариваются (пригоден на корм животным, производства крахмала).

Заключение. На богаре максимальная продуктивность показана у сорта Самба (0,64 кг/куст), Дана (0,46 кг/куст), Кайо (0,45 кг/куст). В условиях капельного орошения и высоком фоне минерального питания выделился сорт Самба (1,74 кг/куст), Кортни (1,49 кг/куст), Кайо (1,34 кг/куст). На богаре у большинства изученных сортов форма клубня была округло-овальной. На орошении у сортов Кайо (16%), Регги (9%), Сальса (8%) форма клубня переходила из округло-овальной в овальную. По накоплению крахмала во всех средах выделился сорт Танго (20,3%-22,6%). По выходу крахмала на богаре выделился сорт Самба (4,7 т/га), на орошаемом участке Танго (15,8 т/га). Оптимальным сочетанием потребительских и вкусовых характеристик обладали сорта Самба и Дана.

Библиографический список

1. Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке: справочник / О.Л. Шайтанов, М.Ш. Тагиров. – Казань: изд. «Фолиант», 2018. – 66 с.
2. Шляхов, В.А. Возделывание картофеля при капельном орошении / В.А. Шляхов, В.В. Коринец, В.М. Ермаков // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 10. – С. 34-35.
3. Celis-Gamboa C, Struik PC, Jacobsen E, Visser RGF (2003) Temporal dynamics of tuber formation and related processes in a crossing population of potato (*Solanum tuberosum*). *Ann Appl Biol* 143(2):175–186. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00284.x>
4. Walworth JL, Carling DE (2002) Tuber initiation and development in irrigated and non-irrigated potatoes. *Am J Potato Res* 79(6):387–395. <https://doi.org/10.1007/bf02871683>
5. Semeijn, C. Potato Starch / C. Semeijn, Buwalda, P.L. // *Starch in Food: Structure, Function and Applications* / Eds. Malin Sjöö and Lars Nilsson. – In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, *Starch in Food (Second Edition)*: Woodhead Publishing, 2018. – P. – 353-372.

ОЦЕНКА ЗАРУБЕЖНОГО ГЕНОФОНДА ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ

Н.Ш. Гараева, М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: cimba93@inbox.ru

Аннотация. В статье дан анализ 60 зарубежных сортов озимой тритикале из мировой коллекции ВИР по параметрам адаптивности и урожайности. Выделены и рекомендованы для использования в программе гибридизации перспективные образцы, отличившиеся по урожайности, стрессоустойчивости и селекционной ценности генотипа.

Ключевые слова: озимая тритикале, зарубежный генофонд, урожайность, стрессоустойчивость, селекционная ценность генотипа.

ASSESSMENT OF THE FOREIGN GENE POOL OF WINTER TRITICALE IN BREEDING FOR ADAPTABILITY

N.Sh. Garaeva, M.L. Ponomareva, S.N. Ponomarev

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail: cimba93@inbox.ru

Abstract. In this article, 60 foreign winter triticale varieties from the VIR World Collection were analysed for adaptability and yield. Promising samples, distinguished by yield, stress tolerance and breeding value of the genotype, were selected and recommended for use in the hybridisation programme.

Key words: winter triticale, foreign gene pool, yield, stress tolerance, breeding value of a genotype.

Введение. Достигнутые научно-практические результаты в области селекции тритикале ставят ее в ряд наиболее востребованных по хозяйственному значению злаковых зерновых культур. И в первую очередь это связано с тем, что человечество до сих пор не может обеспечить себя необходимыми продуктами питания в достаточном количестве, и вынуждено искать новые источники. В этом смысле тритикале может послужить хорошую роль, поскольку она обладает рядом достоинств – высоким потенциалом продуктивности, повышенным содержанием белка и отдельных аминокислот, высокой питательной ценностью.

Несмотря на явные преимущества тритикале, полученные от родительских форм, данная культура имеет и ряд недостатков. Так, обладая высоким генетическим потенциалом урожайности [1, 2], тритикале не может ее реализовать в полной мере. Связано это с рядом причин: во-первых, с нестабильностью урожая по годам в связи с флуктуирующими погодными условиями; во-вторых, с ограниченностью генетических ресурсов, т.к. в отличие от других культур разнообразие тритикале представлено только селекционными сортами, линиями и популяциями; в-третьих, с начавшимся усилением вредоносности грибных и бактериальных болезней, к которым прежде культура была достаточно устойчива [3].

Целью работы являлось подбор перспективных сортов озимой тритикале зарубежной селекции из коллекции ВИР по параметрам урожайности и адаптивности.

Материалы и методы. Экспериментальная работа выполнена в лаборатории селекции озимой ржи и тритикале ТатНИИСХ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН. Полевые исследования образцов озимой тритикале проведены на селекционном севообороте института, расположенном в Лаишевском районе Республики Татарстан. Посевы

размещались на серых лесных хорошо окультуренных почвах, предшественник – чистый пар. Агротехнический регламент соответствовал общепринятым нормам для озимой тритикале. Посев осуществляли сеялкой ССФК-8 на делянках площадью 2,5 м² с нормой высева 5 млн всхожих семян/га в двукратной повторности. Сроки сева – последняя пятидневка августа.

В исследовании использовали 60 иностранных образцов из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) различного эколого-географического и генетического происхождения; стандартом служил сорт Башкирская короткостебельная.

Организацию полевых испытаний и биометрические измерения осуществляли в соответствии с методическими разработками ВИР [4].

Годы исследований (2018-2021) различались как по погодным условиям, так и по эпидемиологической ситуации с проявлением болезней вплоть до эпифитотий.

Полученные данные по урожайности зерна подвергали статистическому анализу методом А. В. Кильчевского и Л. В. Хотылевой [5], вычисляя показатели: ОАС_i (общая адаптивная способность генотипа) и СЦГ_i (селекционная ценность генотипа). Уровень стрессоустойчивости рассчитывался по формуле ($Y_{ст} = Y_{max} - Y_{min}$).

Результаты и обсуждение. Реализуемая сортом урожайность всегда является результатом взаимодействия между продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, как абиотического, так и биотического характера. В благоприятных условиях преимущество имеют сорта с высокой потенциальной продуктивностью или с отзывчивостью на улучшение условий среды, тогда как при неблагоприятных или экстремальных внешних воздействиях урожайность должна сочетаться с достаточно высокой экологической устойчивостью. Обеспечение стабильности высоких урожаев при выращивании озимой тритикале в варьирующих неблагоприятных условиях внешней среды остается нерешенной проблемой, которая приобретает особый смысл для Средневолжского региона, основные зоны сельскохозяйственного производства которого характеризуются крайне неравномерной влагообеспеченностью, высокой изменчивостью факторов перезимовки и сложной фитопатогенной ситуацией. Как правило, отечественные сорта тритикале всегда имеют большую устойчивость к таким абиотическим стрессам, таким как холода/морозы, засуха, недостаток питательных веществ в почве, нежели зарубежные сорта. Иностранные сорта обладают большей урожайностью, но не реализуют ее из-за низкой зимостойкости и адаптивности.

Таблица 1. Генофонд зарубежных сортов озимой тритикале

Название сорта	Происхождение
Башкирская короткостебельная (стандарт)	Республика Башкортостан
Дубрава, Идея, Мара, Михась, Модуль, Рунь, Алесь, Вектор, Кастусь, Сокол, Ясь, Адасть, Антось, Микола, Импульс, Прометей, Марс, Кристалл, Руно, Утро, Амулет, Эра, Лето, Пятрусь, Динамо, Жниво, Парус, Крошка, Балтико	Беларусь
АД 1 (кормовой), Одесский кормовой, ПРАД (Устим. 2), МАД 1, № 4297, № 4314, АД 52, АДМ 9, АДМ 7, АДМ 8, Полесский 7, Полесский 10	Украина
Lasho, Tufus, Korpus	Германия
Kolor	Чехия
КАД 4056, Инген 93, Линия 96	Молдавия
Colina, Ozozko	Румыния
Lupus, Timbo, Magnat, Kortego, Bellac, Lamberto, Nord	Франция
SW Falmoro, SW Algalo	Швеция
KS 88 T 142	США

Нами проведена оценка адаптивной способности по урожайности зерна 60 зарубежных образцов озимой тритикале из коллекции ВИР, поступившим из 9 стран, в сравнении со стандартом (таблица 1).

Распределение по урожайности показало, что 3% коллекционных образцов имели крайне низкое значение признака (240-300 г/м²) и 29% – от 301 до 400 г/м² (рисунок 1). В группу с продуктивностью 401–500 г/м² вошли 29 образцов (48%), а свыше 500 г/м² – 12 образцов (20% от числа изученных). Таким образом, основная группа иностранных образцов из изученных генетических ресурсов показала среднюю урожайность – от 4 до 5 т/га. Мы же при создании сортов уже стремимся создавать сорта с потенциалом продуктивности 8-10 т/га. Это говорит о том, что напрямую эти образцы использовать как готовые сорта не рационально, они могут служить только как источники для гибридизации.

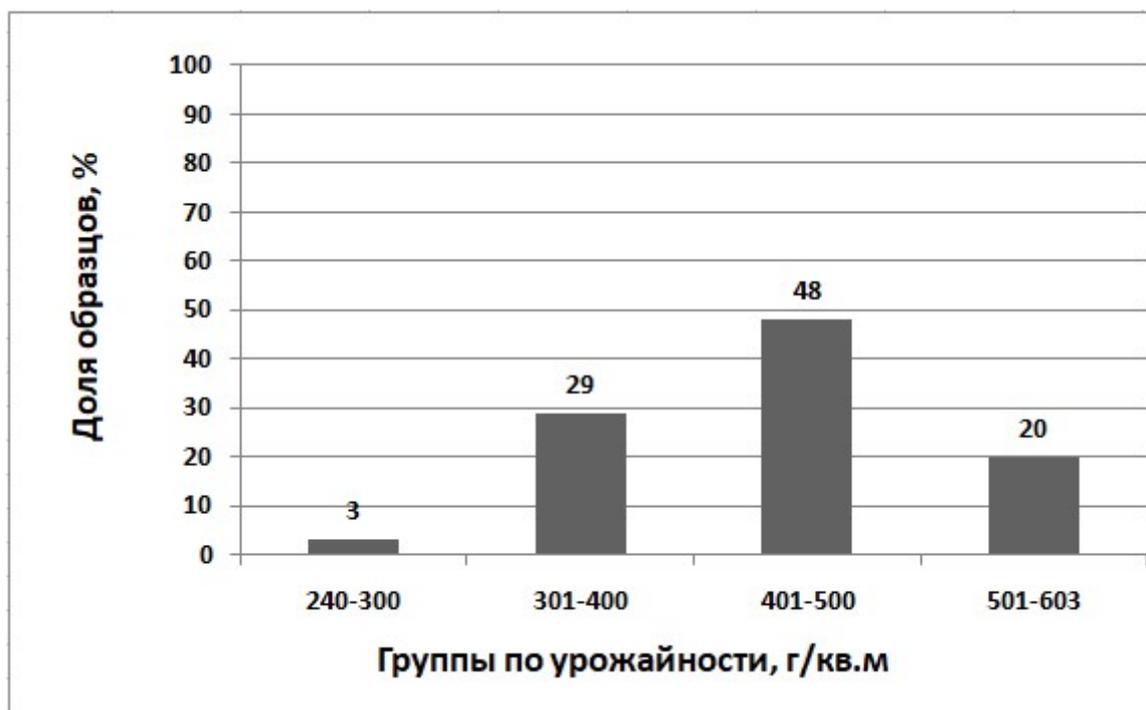


Рисунок 1. Распределение 61 образца озимой тритикале по группам в зависимости от урожайности (среднее за 3 года)

Остановимся подробнее на последней группе с наивысшей урожайностью среди изученных образцов. В таблице 2 приведены показатели лучших сортов по данному признаку (среднее за 3 года). Среднее значение массы зерна с 1 м² на межсортовом уровне составило 437,3 граммов. Достоверно превысили стандарт Башкирская короткостебельная по этому показателю (462,7 г/м²) всего 8 образцов – это сорта Жниво, АДМ 9, Вектор, Прометей, Утро, Эра, Импульс, Nord. Все сорта кроме АДМ 9 (Украина) и Nord (Франция) относятся к белорусской селекции.

При оценке исходного материала учитывалась общая адаптивная способность генотипа, которая характеризует среднюю величину признака в различных условиях среды и позволяет выделить сорта, обеспечивающие максимальный средний урожай во всей совокупности сред. В наших исследованиях наибольшее значение эффектов ОАС_i из выбранных генотипов отмечено у сорта Жниво (165,4), а наименьшее – у стандарта (25,4). Для включения в селекционную программу подобраны генотипы Жниво, АДМ 9, Вектор, Прометей, Утро и Эра, сочетающие высокую продуктивность и высокую средовую устойчивость.

Селекционная ценность генотипа (СЦГ_i) не менее значимый параметр, широко используемый селекционерами, который позволяет выявить сорта, сочетающие продуктивность и стабильность. Лучшим будет считаться тот генотип, который совмещает высокую ОАС, демонстрирует наибольшую урожайность в благоприятных условиях произрастания и обеспечивает высокую стабильность максимального выражения признака.

Анализ показывает, что высокоурожайные образцы зарубежного происхождения не всегда обладали высокой адаптивностью к изменяющимся условиям среды. Так, сорта Nord, Эра и Импульс, составляющие тройку лидеров по СЦГ_i, имели урожайность 526-538,7 г/м². Наилучшим сочетанием эффектов ОАС_i и селекционной ценности генотипа обладали образцы Жниво, АДМ 9 и Эра, сформировавшие наивысшую продуктивность (602,7; 577,3 и 538,7 г/м² соответственно) и параметры, определяющие стабильность (СЦГ_i = 344,3; 330,5; 387,7 соответственно).

Таблица 2. Урожайность и параметры адаптивной способности наиболее урожайных образцов озимой тритикале

№ по каталогу ВИР	Название	Урожайность, г/м ²	ОАС _i	СЦГ _i	Стрессоустойчивость
-	Башкирская к/с (ст.)	462,7	25,4	206,7	396
-	Жниво	602,7*	165,4	344,3	410
3421	АДМ 9	577,3*	140,0	330,5	380
3756	Вектор	556,7*	119,4	296,1	430
3900	Прометей	542,7*	105,4	337,8	364
3926	Утро	540,7*	103,4	322,3	382
3957	Эра	538,7*	101,4	387,7	240
3899	Импульс	526,0*	88,7	357,1	292
-	Nord	526,0*	88,7	416,2	186
3610	Полесский 10	522,7	85,4	220,6	532
3956	Амулет	511,3	74,0	258,5	430
3753	Bellac	511,3	74,0	240,9	462
-	Динамо	502,7	65,4	323,7	316
	НСР₀₅	60,1			

Примечание: * - достоверно превысили стандарт на 5%-ном уровне значимости

Повышение показателей стабильности урожайности во многом зависит от отзывчивости на благоприятные условия выращивания и устойчивости к конкретным стрессовым факторам, действующим на растения озимой тритикале в данном регионе. Поэтому нами проанализированы параметры, характеризующие устойчивость этого признака.

Стрессоустойчивость ($Y_{\max} - Y_{\min}$) отражает колебания урожайности по годам, независимо от ее величины. Сравнительно невысокие колебания отмечены только у сортов Nord (Франция) и Импульс (Беларусь), при этом они незначительно превосходили стандарт Башкирская короткостебельная по урожайности. В целом для большинства изученных сортов отмечалась значительная разность между максимальной и минимальной урожайностью, что свидетельствует о недостаточной устойчивости генотипов тритикале к неблагоприятным факторам среды.

Таким образом, проанализировав 12 наиболее урожайных в наших условиях сортов зарубежной селекции в сравнении со стандартом Башкирская короткостебельная, нами отобраны

группы сортов, отличившиеся сочетанием тех или иных признаков. По совокупности изученных признаков выделился лишь сорт Эра, имевший хорошие средние показатели по всем направлениям.

Заключение. Оценка 60 сортов озимой тритикале зарубежного происхождения из коллекции ВИР в Средневолжском регионе РФ показала, что лишь 12 из них (20% от изученного генофонда) имеют удовлетворительную для зоны исследований урожайность зерна. Отобранные наиболее урожайные образцы проанализированы по параметрам адаптивности. Сорта Жниво, АДМ 9, Вектор, Прометей, Утро и Эра выделены по высокой общей адаптивной способности. Наилучшим сочетанием эффектов ОАС_i и селекционной ценности генотипа обладали образцы Жниво, АДМ 9 и Эра. Сравнительно невысокие колебания отмечены только у сортов Nord (Франция) и Импульс (Беларусь), которые имели более высокую стрессоустойчивость по сравнению с другими сортами, но незначительно превосходили стандарт Башкирская короткостебельная по урожайности. По совокупности изученных адаптивных характеристик выделился лишь сорт Эра. Перечисленные сорта, отличающиеся высокой общей адаптивной способностью и обеспечивающие максимальный средний урожай по всей совокупности сред, а также стрессоустойчивые генотипы рекомендуются для включения в программу гибридизации озимой тритикале в последующие годы.

Библиографический список

1. Гординская Е. А., Крохмаль А. В., Грабовец А. И. [и др.]. Характеристика биологического потенциала сортов озимого тритикале // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2021. – № 2(38). – С. 158-164. DOI 10.24412/2309-348X-2021-2-158-164.
2. Медведев А. М., Тихонова В. К. О результатах и перспективах селекции озимой тритикале в Подмоскowie // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2024. – № 1(49). – С. 5-9. DOI 10.24412/2309-348X-2024-1-5-9.
3. Асеева Т. А., Зенкина К. В., Трифунтова И. Б. [и др.]. Грибные болезни на зерновых культурах в муссонном климате Дальнего Востока // *Достижения науки и техники АПК*. – 2020. – Т. 34. № 12. – С. 12-18. DOI 10.24411/0235-2451-2020-11202.
4. Мережко А. Ф., Удачин Р. А., Зуев Е. В. [и др.]. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания. – Санкт-Петербург: ВИР, 1999. – 82 с.
5. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение 1. Обоснование метода // *Генетика*. – 1985. – Т. 21. № 9. – С. 1481-1490.

ИЗУЧЕНИЕ ДОНОРОВ ГЕНОВ RHT, ПРИ ИХ ИНТРОГРЕССИИ В ШИРОКОАДАПТИРОВАННЫЕ СОРТА ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ

А.Г.Дебёлый, Е.В.Агаева

ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», г. Краснодар, Россия, temmimc2010@gmail.com

Аннотация. На примере сортов, созданных в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, а также коллекционных сортов, проведена интрогрессия генов карликовости с целью создания почти изогенных линий с адаптированными генами Rht 4, 5, 13, 17.

Ключевые слова: гены карликовости, гены Rht, озимая пшеница, селекция.

STUDY OF RHT GENE DONORS DURING THEIR INTROGRESSION INTO WIDELY ADAPTED VARIETIES OF SOFT WINTER WHEAT

A.G. Debelyi, E.V. Agueva

Federal State Budgetary Scientific Institution "National Grain Center
named after P.P. Lukyanenko", Krasnodar, Russia, e-mail: temmimc2010@gmail.com

Annotation. Using the example of varieties created at the Scientific Center named after P.P. Lukyanenko, as well as collection varieties, introgression of dwarfing genes will be carried out in order to create almost isogenic lines with adapted Rht 4, 5, 13, 17 genes.

Keywords: dwarfism genes, Rht genes, winter wheat, selection.

Введение. В пятидесятых и шестидесятых годах в мировом земледелии произошла «зеленая революция», обусловившая значительное увеличение валового сбора зерна мягкой пшеницы в развивающихся странах (Мексика, Колумбия, Индия, Пакистан и ряд других стран Южной и Юго-Восточной Азии). Для увеличения урожайности селекционерами были успешно использованы образцы пшеницы, толерантные к длине дня, устойчивые к полеганию и обладающие высокой продуктивностью, обусловленной отзывчивостью интенсивных сортов пшеницы на высокие дозы минеральных удобрений [1]. Основой «зеленой революции», обеспечившей впечатляющий рост урожайности пшеницы, послужили гены Rht (Reduced height), ответственные за снижение высоты растений и образование утолщенного стебля. Растения такого типа в меньшей степени конкурируют друг с другом в посевах и требуют минимальных затрат ресурсов на производство единицы сухого вещества [2]. Мутантные аллели этих генов обуславливают существенное уменьшение высоты растения за счёт укорочения длины междоузлий. Это позволяет растению удерживать более тяжелый колос и не полегать, несмотря на то, что механическая устойчивость стебля короткостебельных сортов пшеницы не выше, чем у обычных и даже высокорослых сортов [3]. Большие достижения по созданию сортов двухгенных «карликов» были получены в Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко. Созданные сорта, различаются по гаплотипам Rht генов. Например, возделываемые в производстве сорта Гром, Таня, Кольчуга, Школа, Победа 75 имеют гаплотипы Rht 8 + Rht 11; Краснодарская 99, Грация, Ваня, Граф – Rht 2 + Rht 8; Бригада, Антонина, Баграт, Батько – Rht 1 + Rht 8. У каждого из этих гаплотипов есть определенные недостатки. Поэтому цель нашей работы состоит в переносе новых (для нашей селекции программы) генов карликовости (Rht 4, Rht 5, Rht 13, Rht 17) в адаптированный генофонд сортов Краснодарской селекции [4].

Материалы и методы. Для нашего исследования сортами реципиентами были выбраны широко распространённые в производстве сорта селекции Национального центра зерна имени

П.П. Лукьяненко и коллекционные образцы, такие как Таня, Гром, Тимирязевка 150, Стиль 18, Эмма, Мироновская 808 и Безостая 1. Донорами генов Rht использовались почти изогенные линии сорта Мироновская 808 с генами Rht 1, Rht 2, Rht 4, Rht 5, Rht 8, Rht 9, Rht 13, Rht 17. Посев был произведён в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания (2019), по предшественнику занятой пар, сплошной и широкорядной схемой посева. Руководствуясь агротехнологической картой, под основную обработку почвы было внесено удобрение в дозировке $N_{32}P_{32}K_{32}$, а во время весеннего периода вегетации были выполнены две азотных подкормки $N_{35}+N_{35}$. В полную спелость все исследуемые образцы были убраны вручную вместе с корнем по 25 растений для проведения структурного анализа.

Основная часть. В сплошном посеве средняя высота растений варьировала от 111 – 112 см у линий с генами Rht 1 и Rht 2 (табл.1), до 99 – 90 см у линий с Rht 13 и Rht 17, а также до 83 – 79 см у образцов с Rht 4 и Rht 5. Продуктивная кустистость всех генов карликовости была равна 9 стеблям с максимальным значением 12 у образца с геном Rht 5 и минимальным 7 у образцов с генами Rht 1 и Rht 8.

Таблица 1. Характеристика доноров карликовости при сплошном посеве

Донор	Высота, см	Кустистость, шт	
		общая	продуктивная
Rht 1	111	8	7
Rht 2	112	8	8
Rht 4	83	11	10
Rht 5	79	13	12
Rht 8	102	7	7
Rht 9	102	8	8
Rht 13	99	10	9
Rht 17	90	9	9

Сравнение высоты растений при разных схемах посева показало снижение этого показателя в среднем на 12 см. Причём у линии с Rht 4 она уменьшилась на 15 см, у линии с Rht 17 на 17 см и у линии с геном Rht 13 на 20 см (табл. 2). Общую тенденцию нарушает образец с геном Rht 5. Таким образом, у используемых нами источников наблюдалась разная норма реакции при изменении густоты стояния растений.

Таблица 2. Сравнительная характеристика высоты растений (см) доноров карликовости при разных способах посева

Донор	Способ посева		Отклонение от сплошного, см
	Сплошной	Широкорядный	
Rht 4	83	67	-16
Rht 5	79	84	+5
Rht 13	99	79	-20
Rht 17	90	73	-17
Средняя	88	76	-12

Результаты. Гибриды первого поколения были созданы нами в поле с применением ручной кастрации и опыления твелл – методом. По каждому донору Rht была сделана серия скрещиваний, которая включала в себя 7 комбинаций, одинаковых по каждому из генов. В результате своевременного опыления мы получили различную эффективность завязываемости гибридных зерен. Так с донором Rht 13 значение процента завязываемости было наивысшим и составило 38%, с геном Rht 4 – 35%, а с генами Rht 17 и Rht 5 – 19 и 17 % соответственно.

Наилучший результат по завязываемости зерен из всех доноров был получен в комбинации, где в качестве отца использовали сорта классической селекции Безостая 1 и Мироновская 808.

Библиографический список

1. И. С. Сухих, В. Ю. Вавилова, А. Г. Блинов, Н. П. Гончаров Разнообразие и фенотипический эффект аллельных вариантов генов короткостебельности RHT у пшениц // Генетика. – 2021. – Том 57. №2. – С. 1-13.
2. Т.Е. Билова, Д.Н. Рябова, И.Н. Анисимова. Молекулярные основы признака карликовости у культурных растений // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Том 51. № 5. – С. 574-581.
3. Paollilo D.J., Niklas K.J. Effects of Rht-dosage on the breaking strength of wheat seedling leaves // Am. J. Botany. – 1996. – V. 83. № 5. – P. 567–572. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb12740.x>
4. Беспалова, Л. А. Вклад генетики в "зеленые прорывы" в селекции / Л. А. Беспалова // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы : Сборник тезисов Международного Конгресса, Санкт-Петербург, 18–22 июня 2019 года. – Санкт-Петербург: ООО "Издательство ВВМ", 2019. – С. 423. – EDN SDZNOG.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНА СОРТООБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ТАТАРСКОГО НИИСХ

Д. С. Дюрбин, В.И. Блохин

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: 19dyurbik83@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – сравнение и выявление в различных условиях возделывания высоко продуктивных по урожайности зерна сортообразцов ярового ячменя в питомнике конкурсного сортоиспытания. Выделены высокопродуктивные сортообразцы: в 2021 г к-123-19 (1,93 т/га), к- 154-19 (1,95 т/га), к-15-14 (1,85 т/га); в 2022 г к-154-19 (5,19 т/га), к-155-19 (5,10 т/га), к-141-19 (5,06 т/га); в 2023 г многорядный к -138-18 (4,71 т/га) и двурядный к-141-19 (4,34 т/га).

Ключевые слова: яровой ячмень, сортообразец, метеорологические условия, продуктивность

GRAIN PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY VARIETIES SELECTION OF TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

D.S. Dyurbin, V.I. Blokhin

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail: 19dyurbik83@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to compare and identify highly productive spring barley varieties of the competitive trial nursery under different cultivation conditions. Highly productive varieties в 2021 г к-123-19 (1,93 т/га), к- 154-19 (1,95 т/га), к-15-14 (1,85 т/га); в 2022 г к-154-19 (5,19 т/га), к-155-19 (5,10 т/га), к-141-19 (5,06 т/га); в 2023 г многорядный к -138-18 (4,71 т/га) и двурядный к-141-19 (4,34 т/га) were identified.

Key words: spring barley, varietal sample, meteorological conditions, productivity

Введение. В Республике Татарстан, как и по всей России, происходят изменения климатических факторов среды, которым характерно частое проявление засух с высокими температурами воздуха при дефиците осадков, особенно в критические межфазовые периоды, что отрицательно сказывается на формирование высокой продуктивности зерна. Создание и внедрение новых сортов с комплексом полезных признаков и максимально возможным уровнем продуктивности, на основе применения новых и совершенствуя старые методы селекции с использованием нового исходного материала, частично решит эту проблему [1]. Сложность совместить в одном генотипе высокую урожайность и качество зерна и устойчивость к стрессовым факторам заключается в том, что существует отрицательная корреляционная связь между высокой продуктивностью генотипа и его устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды, поэтому нужны генетически разноплановые сорта [2]. Создание сортов ярового ячменя, способные максимально и эффективно использовать климатический ресурс региона возделывания, проявлять толерантность к стрессовым условиям среды, обеспечивать достаточно высокую реализацию биологического потенциала продуктивности, является актуальной работой в селекции.

Целью наших исследований было сравнение и выявление высоко продуктивных по урожайности зерна сортообразцов ярового ячменя питомника конкурсного испытания в различных условиях возделывания.

Материалы и методика исследований. Исходным материалом для исследований послужили 163 сортообразца питомника конкурсного испытания ярового ячменя селекции Татарского НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Экспериментальная часть работы проводилась в 2021-2023 гг. (севооборот селекции ярового ячменя) с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района Республика Татарстан, оценки и учеты велись согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса.

Почвы опытных участков серые лесные, среднесуглинистые. Пахотный слой (0...18 см) характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус 3,35...3,52% (ГОСТ 26213 – 91); азот щёлочно-гидролизуемый 85,0...94,0 мг/кг (по А.Х. Корнфилду); подвижный фосфор 251...287мг/кг и обменный калий 149...167 мг/кг (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207 – 91); гидролитическая кислотность 3,7...5,9 ммоль/100 г (по методу Каппена в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212 – 91); рН солевая 5,7...6,0.

Результаты исследований.

Вегетация растений ярового ячменя в 2021 г. проходила в особых условиях, среднесуточная температура воздуха за период вегетации превысила среднемноголетние показатели для сортообразцов ранней группы спелости на +4,3, средней +4,6 и позднеспелой +4,8°C. Максимальные отклонения наблюдались в начальные межфазные периоды развития посев-всходы (+6,6°C) и всходы-кущение (+11,3°C). В целом межфазные периоды вегетации растений ярового ячменя «всходы-полная спелость», характеризовался как экстремально сухой (ГТК 0,21) по градации О.Л. Шайтанова, [3]. В острозасушливые и засушливые годы даже внесение полного минерального удобрения способствует не высокому повышению урожайности ярового ячменя на 0,65...1,04...1,19 т/га, во влажные годы составляет 5,7 - 6,8 кг/зерн. ед., [4,5].

В 2021 г. 15 сортообразцов из 63 изученных, превысили по урожайности стандарт (1,41 т/га) на 14,9...38,3%, табл. 1.

Таблица 1. Урожайность зерна сортообразцов ярового ячменя КСИ, 2021 г.

Сортообразец	Урожайность зерна, т/га	Прибавка к стандарту		Группа спелости
		т/га	%	
Нур – стандарт	1,41	-	-	среднеспелая
К-51-19	1,69	0,28	19,9	раннеспелая
К-111-19	1,77	0,36	25,5	раннеспелая
К-123-19	1,93	0,52	36,9	раннеспелая
К-129-19	1,71	0,30	21,3	среднеспелая
К-141-19	1,80	0,39	27,7	среднеспелая
К-154-19	1,95	0,54	38,3	среднеспелая
К-155-19	1,85	0,44	31,2	среднеспелая
К-161-19	1,65	0,24	17,0	среднеспелая
К-49-18	1,62	0,21	14,9	среднеспелая
К-96-18	1,65	0,24	17,0	среднеспелая
К-214-18	1,79	0,38	27,0	среднеспелая
К-20-17	1,62	0,21	14,9	среднеспелая
К-48-16	1,73	0,32	22,7	среднеспелая
К-15-14	1,85	0,44	31,2	среднеспелая
К-138-18 мн.*	1,64	0,23	16,3	позднеспелая
НСР 0,05	0,09			
F _{факт.} критерий Фишера	48,33			
F _{st} для P=0,05	1,60			

мн.* - многорядный

Максимальную урожайность 1,95 т/га сформировал полу интенсивный двурядный морфобиотип к-154-19 среднеспелой группы, дополнительно получено 0,54 т/га зерна.

Период вегетации 2022 г. характеризовался как сильно засушливый для раннеспелой и среднеспелой группы сортов (ГТК = 0,64 и 0,60, соответственно) и сухой - позднеспелых морфобиотипов (ГТК = 0,57).

Наибольшее отклонение среднесуточной температуры воздуха наблюдалось в период «посев-всходы» на 3,6°С, в этот период осадков выпало на 38% больше среднемноголетней нормы.

Максимальную урожайность в 2022 г. сформировал полу интенсивный двурядный сорттообразец к-154-19 (5,19 т/га), что на 26% стандарта (4,12 т/га), табл. 2.

Таблица 2. Урожайность зерна сортообразцов ярового ячменя КСИ, 2022 г.

Сортообразец	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Группа спелости
		т/га	%	
Финист	4,12	-	-	раннеспелая
К-67-20	5,01	0,89	21,6	раннеспелая
К-70-20	4,74	0,62	15,0	раннеспелая
К-103-20	4,71	0,59	14,3	среднеспелая
К-109-20	4,95	0,83	20,1	среднеспелая
К-132-20	4,72	0,60	14,6	среднеспелая
К-186-20	4,93	0,81	19,7	среднеспелая
К-38-19	4,77	0,65	15,8	среднеспелая
К-111-19	4,97	0,85	20,6	раннеспелая
К-138-19	4,69	0,57	13,8	среднеспелая
К-141-19	5,06	0,94	22,8	среднеспелая
К-154-19	5,19	1,07	26,0	среднеспелая
К-155-19	5,10	0,98	23,8	среднеспелая
К-49-18	5,01	0,89	21,6	среднеспелая
К-203-18	4,73	0,61	14,8	среднеспелая
К-214-18	5,06	0,94	22,8	среднеспелая
К-218-18	4,95	0,83	20,1	среднеспелая
К-3-17	4,81	0,69	16,7	среднеспелая
К-99-17	4,78	0,66	16,0	среднеспелая
Тевкеч	4,83	0,71	17,2	среднеспелая
К-86-20 мн.	4,63	0,51	12,4	среднеспелая
К-2-19 мн.	4,67	0,55	13,3	среднеспелая
К-138-18 мн.	4,87	0,75	18,2	позднеспелая
НСР _{0,05}	0,46			
среднее	4,61			

Из раннеспелой группы по урожайности выделились сортообразцы к-67-20 (5,01т/га) и к-111-19 (4,97т/га), превысив стандарт на 0,89 и 0,85 т/га, соответственно.

Среднесуточная температура воздуха период вегетации 2023 г. превысила среднемноголетние показатели для раннеспелой группы на 11,6%, среднеспелой 5,2% и позднеспелой 6,7%. Максимальное отклонение среднесуточной температуры воздуха наблюдалось в начальные фазы развития, «посев-всходы» 4,8°С (44,4%) и «кущение - выход в трубку» 6,0-6,5°С, для сортов трёх групп спелости.

В 2023 г. изучен 71 сортообразец ярового ячменя, средняя урожайность зерна составила 3,71 т/га. Достоверно превысили стандарт по данному показателю 16 сортообразцов. Прибавка к стандарту составила 0,34 ... 1,15 т/га или 9,6-32,3%.

Максимальную урожайность (4,71 т/га) зерна формировал многорядный позднеспелый интенсивный морфобиотип к-138-18, прибавка зерна к стандарту составила 1,15 т/га. Из раннеспелой группы сортов по урожайности выделился сортообразец к-7-20 (4,02 т/га).

Таблица 3. Урожайность зерна сортообразцов ярового ячменя КСИ, 2023 г.

Сортообразец	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Группа спелости
		т/га	%	
Финист - ст.	3,56	-	-	раннеспелая
К-7-20	4,02	0,46	12,9	раннеспелая
К-100-20	3,70	0,14	3,9	раннеспелая
К-156-20	3,98	0,42	11,8	среднеспелая
К-161-19	3,93	0,37	10,4	среднеспелая
К-5-20	3,99	0,43	12,1	среднеспелая
К-67-20	3,96	0,40	11,2	среднеспелая
К-186-20	3,90	0,34	9,6	среднеспелая
К-138-19	4,00	0,44	12,4	среднеспелая
К-141-19	4,34	0,78	21,9	среднеспелая
К-154-19	4,13	0,57	16,0	среднеспелая
К-155-19	4,02	0,46	12,9	среднеспелая
К-203-18	4,05	0,49	13,8	среднеспелая
Тевкеч мн.м	4,02	0,46	12,9	среднеспелая
К-161-20 мн.	3,97	0,41	11,5	среднеспелая
К-89-19 мн.	3,95	0,39	11,0	среднеспелая
К-138-18 мн.	4,71	1,15	32,3	позднеспелая
средняя	3,71			
НСР _{0,05}	0,33			

Заключение. Исследованиями установлено, что максимальная урожайность зерна сортообразцов ярового ячменя в конкурсном испытании формировалась в более благоприятном 2022 г. (4,63...5,19 т/га), дополнительно получено с каждого гектара посева 0,51...1,07 т зерна. Выделены высоко урожайные сортообразцы в засушливых условиях возделывания: среднеспелый к-154-19 (1,95 т/га) и раннеспелый к-123-19 (1,93 т/га). В благоприятном по погодным условиям для формирования урожайности отмечены сортообразцы: к-67-20 (5,01 т/га), к-141-19 (5,00 т/га), к-155-19 (5,10 т/га), к-49-18 (5,01 т/га), к-214-18 (5,06 т/га), к-138-18 многорядный (4,71 т/га).

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка береговых агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды». № регистрации 122011800138-7

Библиографический список

1. Андреев А.А. Выделение источников ценных качеств при подборе родительских пар на основе биометрических расчетов / А.А. Андреев, М.К. Драчева, Ю.В. Зеленёва [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3(62). – С. 39-43.
2. Блохин В. И. Справочник технологии возделывания ячменя / В. И. Блохин, И.С. Ганиева, М.А. Ланочкина. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2020. – 64 с.
3. Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш. Основные тенденции изменения климата в Татарстане в XXI веке. – Казань: «Фолиант», 2018. – С. 35.
4. Митрофанов Д.В., Скороходов В.Ю. и др. Эффективность минеральных удобрений и подкормки ранних яровых зерновых культур препаратом «Агроверм» в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета. – 2020. – № 6 (86). – С. 41-44. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-86-6-41-44
5. Гаевая Э. А. Урожайность ярового ячменя в зависимости от погодных условий Ростовской области // Известия Оренбургского Государственного Аграрного Университета. – 2017. – № 4 (66). – С.71-75.

КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЖУРЫ И МЯКОТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

**Э.И. Закиева, Ф.Р. Амерханова, Е.А. Гимаева, Г.Ф. Сафиуллина,
А.Т. Гизатуллина, З. Сташевски, С.Г. Вологин**

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр
Российской академии наук», Казань, Россия, e-mail: sh-end@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты оценки цвета кожуры и мякоти клубней картофеля у сортов селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Цвет кожуры и мякоти сырых и вареных клубней измеряли с помощью портативного колориметра NR20XE. Показано влияние условий выращивания на цвет кожуры и сырой мякоти клубней картофеля. Значительное изменение окраски кожуры в зависимости от условий выращивания установлено у сортов Догода ($\Delta E=9,1$) и Дана ($\Delta E=4,9$). Максимальные различия по окраске сырой мякоти определены у сортов Сальса ($\Delta E=5,7$), Регги ($\Delta E=5,5$) и Самба ($\Delta E=5,2$). Минимальные изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на богаре (с. Дубровка), через 10 минут после среза и после 24 часовой экспозиции показаны у сортов Сальса ($\Delta E=2,5$), Зумба ($\Delta E=3$) и Дана ($\Delta E=3,9$). На орошаемом участке окраска сырой мякоти меньше всего изменялась у сортов Дана ($\Delta E=5$) и Сальса ($\Delta E=8,1$). Минимальное изменение окраски мякоти вареных клубней картофеля, выращенных на богаре (с. Дубровка), после 2 часовой экспозиции установлено у сортов Дана ($\Delta E=4,8$), Кортни ($\Delta E=5$) и Самба ($\Delta E=5,1$).

Ключевые слова: картофель, сорта, колориметр, цвет

COLORIMETRIC ANALYSIS OF THE PEEL AND PULP OF POTATO TUBERS

**Zakieva E.I., Amerkhanova F.R., Gimaeva E.A., Safiullina G.F.,
Gizatullina A.T., Stashevski Z., Vologin S.G**

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture Federal Research Center Kazan Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia, e-mail: sh-end@mail.ru

Abstract. The results of assessing the color of the peel and pulp of potato tubers in varieties selected by the Tatar Scientific Research Institute of Agriculture Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences are presented. The color of the skin and pulp of raw and cooked tubers was measured using a portable colorimeter NR20XE. The influence of growing conditions on the color of the peel and raw pulp of potato tubers is shown. A significant change in peel color depending on growing conditions was found in the Dogoda ($\Delta E=9.1$) and Dana ($\Delta E=4.9$) varieties. The maximum differences in the color of raw pulp were determined in the varieties Salsa ($\Delta E=5.7$), Reggae ($\Delta E=5.5$) and Samba ($\Delta E=5.2$). Minimal changes in the color of the raw pulp of tubers grown in dry land (Dubrovka village), 10 minutes after cutting and after 24 hours of exposure, are shown in the varieties Salsa ($\Delta E=2.5$), Zumba ($\Delta E=3$) and Dana ($\Delta E=3.9$). In the irrigated area, the color of the raw pulp changed the least in the Dan ($\Delta E=5$) and Salsa ($\Delta E=8.1$) honeycombs. A minimal change in the color of the pulp of boiled potato tubers grown in dry land (Dubrovka village) after a 2-hour exposure was found in the varieties Dana ($\Delta E=4.8$), Courtney ($\Delta E=5$) and Samba ($\Delta E=5.1$).

Key words: potatoes, varieties, colorimeter, color

Введение. Цвет кожуры и мякоти картофеля – одни из главных признаков для потребителей, который часто является определяющим при выборе и покупке. Однако, цвет клубней может варьировать в широком диапазоне спектра и визуальная оценка цветовых характеристик

является достаточно субъективной, так как зависит от освещения и восприятия человека. Кроме того, для описания цвета существует достаточно много синонимичных понятий и терминов, в связи с чем интерпретация данных, полученных путем визуальной оценки, является весьма затруднительной.

Перспективным способом решения проблемы определения окраски кожуры и мякоти клубней является использование инструментов и придание количественного выражения цвету с помощью цветового пространства CIE Lab. CIE Lab – математическая система оценки цвета, использует трёхцветные значения, являющиеся искусственной интерпретацией того, что видит человеческий глаз. Данная цветовая модель не зависит от устройства, которым производятся замеры.

Предполагается, что стандартный наблюдатель распознает цветовую разницу по следующим показателям: $0 < \Delta E < 1$ - не видит разницы, $1 < \Delta E < 2$ - только опытный наблюдатель замечает разницу, $2 < \Delta E < 3.5$ - также неопытный наблюдатель замечает разницу, $3.5 < \Delta E < 5$ - наблюдатель замечает явное цветовое различие, $5 < \Delta E$ - наблюдатель воспринимает цвета как совершенно разные [1, 2].

Целью данной работы являлось проведение сравнительного колориметрического анализа кожуры и мякоти клубней картофеля, выращенных на богаре и орошаемом участке.

Таблица 1. Характеристика сортов картофеля

Материалы и методика. В работе были использованы сорта картофеля селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН: Кортни, Регги, Танго, Самба, Зумба, Сальса, Догода, Орлан, Блоссом, Дана и Кайо (Таблица 1). Клубни получены из ЦКП «Биоресурсная коллекция картофеля» ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (регистрационный номер 471948, www.ckr-rf.ru). Для посадки использовали клубни категории ПП1. По 20 клубней каждого образца. Выращенные клубни нового урожая были убраны и заложены на хранение при температуре +2-+4 °С. Колориметрический анализ клубней проводили через 3 месяца после закладки на хранение. Для определения цветовых характеристик клубней от каждого образца было взято по 3 клубня.

Характеристика сортов картофеля представлена в таблице 1. Окраска кожуры, основания глазка и мякоти клубней взяты из описания селекционных достижений (в соответствии с методикой RTG/0023/2 от 26.12.2005) ФГБУ «Госсорткомиссия».

Таблица 1. Характеристика сортов картофеля

№	Наименование сорта	Группа спелости	Цвет кожуры	Окраска основания глазка	Цвет мякоти	Год включения в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию
1	Блоссом	раннеспелый	желтый	желтое	светло-желтый	В ГСИ с 2022
2	Дана	среднеспелый	желтый	желтое	желтый	В ГСИ с 2022
3	Догода	среднеранний	светло-бежевый	белое	кремовый	В ГСИ с 2022
4	Зумба	среднеранний	желтый	белое	белый	2020
5	Кайо	среднеранний	светло-бежевый	белое	кремовый	В ГСИ с 2022
6	Кортни	среднеранний	желтый	желтое	светло-желтый	2016
7	Орлан	среднеспелый	желтый	желтое	желтый	2024
8	Регги	раннеспелый	желтый	красное	светло-желтый	2016
9	Сальса	среднеранний	желтый	красное	светло-желтый	2021
10	Самба	среднеранний	желтый	желтое	светло-желтый	2019
11	Танго	позднеспелый	красный	красное	светло-желтый	2019

Клубни были выращены в 2 географических точках. Первая точка находилась на территории экспериментальной базы ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН д. Дубровка, Лаишевский район Республика Татарстан. Почва опытного участка д. Дубровка серая лесная, суглинистая, содержание гумуса (по Тюрину) 2,0 %, рН 5,9, азот щелочногидролизующий 81 мг/кг, калий (по Кирсанову) 145 мг/кг, фосфор (по Чирикову) 310 мг/кг. Предшественник – черный пар. Вторая точка испытания была заложена в д. Малые Кошелеи, Комсомольского района Чувашской Республики. Почва опытного участка чернозем, по механическому составу легкоглинистый, содержание гумуса 7,1 %, рН 5,6, азот щелочногидролизующий 154 мг/кг, калий 291,4 мг/кг, фосфор 380 мг/кг. Предшественник – чистый пар (Таблица 2).

Таблица 2. Условия выращивания картофеля в географических точках

Географическая точка	Фон удобрения, мг/кг	Сумма осадков, мм	Орошение		Сумма осадков и орошения, мм
			тип	мм	
д. Дубровка	N ₄₀ P ₁₀₄ K ₁₀₄	109	не применялось	0	109
д. Малые Кошелеи	N ₁₈₂ P ₁₇₂ K ₃₆₆	130	дождевание	261	391,2

Технология выращивания картофеля общепринятая для региона. Количество растений на делянке опытного участка составило 20 шт. Схема посадки 0,75 x 0,26 м. Площадь питания одного растения 0,19 м². Размер делянки 3,9 м².

Цвет кожуры и мякоти клубней измеряли с помощью портативного колориметра (NR20XE, Shenzhen 3nh Technology Co. Ltd., Китай) с диаметром измерительного отверстия 20 мм. Перед измерением цвета колориметр калибровали по стандартной белой плитке. Измерения цвета проводились для каждого образца путем помещения апертуры колориметра над внешней поверхностью образца. Апертура колориметра была расположена вертикально на поверхности клубня картофеля с целью минимизировать рассеивание света в окружающую среду. Измерения цвета каждого образца картофеля проводили на трех клубнях и рассчитывали средние значения трех повторений. Измерения проводили в цветовом пространстве CIE L* a* b*: L* яркость от черного (0) до белого (100), a* значение составляющей цвета от красного (+100) до зеленого (-100), b* значение составляющей цвета от желтого (+100) до синего (-100). ΔL + означает более яркий, а ΔL - означает более темный цвета. Δa + означает красноватый, Δa - означает зеленоватый. Δb + означает желтоватый, Δb - означает голубоватый цвета.

Для расчета общего изменения цвета ΔE кожуры и мякоти клубней картофеля использовали следующую формулу:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

L, L₀ – яркость клубней,

a, a₀ – краснота клубней,

b, b₀ – желтизна клубней,

ΔE – общая цветовая разница.

Результаты и обсуждение. Результаты колориметрического анализа кожуры клубней картофеля, выращенных на богаре (д. Дубровка) и орошаемом участке (д. Малые Кошелеи) представлены в 3 таблице. За контроль при расчетах ΔL, Δa, Δb, ΔE был взят вариант опыта д. Дубровка. Сорта Догода, Дана, Орлан, Зумба, Блоссом и Сальса на орошаемом участке формировали клубни с более яркой (светлой) кожурой. Сорт Самба более яркие клубни формировал на богаре. У сортов Регги, Кайо, Кортни и Танго изменения яркости кожуры в зависимости от условий возделывания были ниже уровня различимости человеческим глазом.

Различимые глазом изменения значения красно-зеленой составляющей цвета кожуры клубней картофеля (а) показаны у сорта Догода. У данного сорта на орошаемом участке снизилась значение красной составляющей цвета кожуры.

Различимые глазом изменения значения желто-синей составляющей цвета кожуры клубней картофеля (b) установлены у сорта Дана. У данного сорта на орошаемом участке повысилось значение желтой составляющей цвета кожуры.

Значительное изменение окраски кожуры клубней, полученных на богаре по сравнению с клубнями, полученными на орошаемом участке установлено у сортов Догода ($\Delta E=9,1$), Дана ($\Delta E=4,9$) и Орлан ($\Delta E=4,4$).

Таблица 3. Влияние условий выращивания на цвет кожуры клубней картофеля

Название сорта	Яркость кожуры клубней картофеля (L)		ΔL	Значение красно-зеленой составляющей цвета кожуры клубней картофеля (а)		Δa	Значение желто-синей составляющей цвета кожуры клубней картофеля (b)		Δb	Общая цветовая разница (ΔE)
	д. Дубровка	д. Малые Кошелеи		д. Дубровка	д. Малые Кошелеи		д. Дубровка	д. Малые Кошелеи		
Блоссом	56,2	58,8	-2,6	10,1	10,3	-0,2	27,7	28,3	-0,6	2,7
Дана	55,4	59,2	-3,8	11,4	9,7	1,8	27,4	29,9	-2,4	4,9
Догода	53,5	62,0	-8,5	11,8	8,8	3,0	25,6	26,6	-1,0	9,1
Зумба	55,3	58,0	-2,7	9,9	10,6	-0,7	23,6	23,2	0,4	2,8
Кайо	56,1	55,4	0,8	11,0	10,8	0,2	24,2	23,2	1,0	1,3
Кортни	52,9	54,0	-1,0	11,1	11,0	0,1	26,1	25,4	0,7	1,2
Орлан	55,6	59,4	-3,8	11,3	10,3	1,0	25,9	24,0	1,9	4,4
Регги	54,8	54,8	0,0	11,8	11,1	0,7	23,3	23,0	0,3	0,8
Сальса	56,7	58,4	-1,7	11,1	10,4	0,7	25,7	25,4	0,3	1,9
Самба	56,8	53,9	2,9	11,4	11,7	-0,4	26,8	25,9	0,9	3,1
Танго	49,2	48,5	0,7	15,3	14,5	0,8	16,2	15,6	0,6	1,2

Результаты колориметрического анализа цвета мякоти клубней картофеля, выращенных на богаре (д. Дубровка) и орошаемом участке (д. Малые Кошелеи) представлены в 4 таблице. За контроль при расчетах ΔL , Δa , Δb , ΔE был взят вариант опыта д. Дубровка. Сорта Сальса и Регги на богаре формировали клубни с более яркой (светлой) мякотью. Сорта Самба, Кортни, Дана и Блоссом более яркие клубни формировали на орошаемом участке. У сортов Кайо, Орлан, Зумба, Догода и Танго изменения яркости мякоти клубней в зависимости от условий возделывания были ниже уровня различимости человеческим глазом.

Различимые глазом изменения значения красно-зеленой составляющей цвета мякоти клубней картофеля (а) показаны у сорта Регги. У данного сорта на орошение повысилось значение красной составляющей цвета мякоти.

Различимые глазом изменения значения желто-синей составляющей цвета мякоти клубней картофеля (b) установлены у сортов Зумба и Дана. У данных сортов на богаре значение желтой составляющей цвета мякоти было выше, чем на орошаемом участке.

Максимальные различия по окраске сырой мякоти клубней картофеля, выращенных на богаре и орошаемом участке, определены у сортов Сальса ($\Delta E 5,7$), Регги ($\Delta E =5,5$) и Самба ($\Delta E = 5,2$).

Таблица 4. Влияние условий выращивания на цвет мякоти клубней картофеля

Название сорта	Яркость мякоти клубней картофеля (L)		ΔL	Значение красно-зеленой составляющей цвета мякоти клубней картофеля (a)		Δa	Значение желто-синей составляющей цвета мякоти клубней картофеля (b)		Δb	Общая цветовая разница (ΔE)
	д. Дубровка	д. Малые Кошелеи		д. Дубровка	д. Малые Кошелеи		д. Дубровка	д. Малые Кошелеи		
Блоссом	64,5	67,6	-3,1	1,4	1,4	0,0	26,6	29,7	-3,1	4,4
Дана	63,6	67,2	-3,6	1,1	0,9	0,2	30,6	27,6	3,0	4,7
Догода	67,9	66,2	1,7	1,5	2,4	-1,0	18,3	18,2	0,1	2,0
Зумба	65,0	66,9	-1,9	1,8	1,5	0,2	20,4	16,5	3,9	4,3
Кайо	67,0	67,0	-0,1	2,4	3,4	-1,0	17,5	18,9	-1,4	1,8
Кортни	64,7	69,3	-4,6	2,0	2,1	-0,1	28,2	26,3	1,8	4,9
Орлан	66,4	67,5	-1,0	2,2	1,8	0,4	25,7	25,1	0,6	1,3
Регги	70,7	65,8	4,9	1,4	3,9	-2,5	28,2	28,8	-0,7	5,5
Сальса	70,1	64,5	5,6	1,6	1,6	0,0	20,2	19,2	1,0	5,7
Самба	64,1	68,9	-4,8	1,8	0,9	0,9	26,6	28,4	-1,8	5,2
Танго	65,4	67,0	-1,6	1,3	0,2	1,1	28,9	29,8	-0,9	2,2

Таблица 5. Изучение изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на богаре (с. Дубровка)

Название сорта	Яркость мякоти клубней картофеля (L)		ΔL	Значение красно-зеленой составляющей цвета мякоти клубней картофеля (a)		Δa	Значение желто-синей составляющей цвета мякоти клубней картофеля (b)		Δb	ΔE
	Через 10 мин.	Через 24 ч.		Через 10 мин	Через 24ч		Через 10 мин	Через 24ч		
Блоссом	64,5	62,1	2,4	1,4	6,0	-4,6	26,6	23,4	3,3	6,1
Дана	63,6	65,5	-1,9	1,1	3,7	-2,5	30,6	28,4	2,2	3,9
Догода	67,9	65,9	2,0	1,5	4,0	-2,6	18,3	20,8	-2,5	4,1
Зумба	65,0	65,0	0,0	1,8	4,4	-2,6	20,4	22,0	-1,6	3,0
Кайо	67,0	44,4	22,5	2,4	7,9	-5,6	17,5	16,9	0,6	23,2
Кортни	64,7	48,3	16,4	2,0	7,9	-6,0	28,2	19,6	8,6	19,5
Орлан	66,4	45,1	21,3	2,2	7,7	-5,5	25,7	15,6	10,2	24,3
Регги	70,7	56,2	14,6	1,4	7,1	-5,7	28,2	18,5	9,6	18,4
Сальса	70,1	71,3	-1,3	1,6	3,6	-2,0	20,2	20,9	-0,7	2,5
Самба	64,1	56,7	7,4	1,8	6,4	-4,7	26,6	21,3	5,3	10,2
Танго	65,4	53,7	11,7	1,3	6,4	-5,1	28,9	22,8	6,1	14,1

Результаты изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на богаре (с. Дубровка) представлены в 5 таблице. За контроль при расчетах ΔL , Δa , Δb , ΔE был взят вариант клубня со срезом через 10 минут. Для картофеля потемнение сырой мякоти клубней при контакте с атмосферным воздухом является отрицательным признаком. Минимальное значение

изменения яркости при 24 часовой экспозиции сырой мякоти клубней установлены у сортов Дана, Сальса, Зумба, Догода и Блоссом.

В результате 24 часовой экспозиции мякоти клубней у всех сортов повысилось значение красной составляющей цвета. У сортов Орлан, Регги, Кортни, Самба и Танго после 24 часовой экспозиции мякоти клубней картофеля установлено значительное снижение желтой составляющей цвета.

Минимальные изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на богаре (с. Дубровка), через 10 минут после среза и после 24 часовой экспозиции показаны у сортов Сальса ($\Delta E = 2,5$), Зумба ($\Delta E = 3$) и Дана ($\Delta E = 3,9$).

Результаты изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на орошаемом участке (д. Малые Кошелеи) представлены в 6 таблице. За контроль при расчетах ΔL , Δa , Δb , ΔE был взят вариант клубня со срезом через 10 минут. Минимальное значение изменения яркости при 24 часовой экспозиции сырой мякоти клубней установлены у сорта Дана.

В результате 24 часовой экспозиции мякоти клубней у всех сортов повысилось значение красной составляющей цвета. У сортов Танго, Регги и Орлан после 24 часовой экспозиции мякоти клубней картофеля установлено значительное снижение желтой составляющей цвета.

На орошаемом участке окраска сырой мякоти меньше всего изменялась у сортов Дана ($\Delta E = 5$) и Сальса ($\Delta E = 8,1$).

Таблица 6. Изучение изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на орошаемом участке (с. Малые Кошелеи)

Название сорта	Яркость мякоти клубней картофеля (L)		ΔL	Значение красно-зеленой составляющей цвета мякоти клубней картофеля (a)		Δa	Значение желто-синей составляющей цвета мякоти клубней картофеля (b)		Δb	ΔE
	Через 10 мин.	Через 24 ч		Через 10 мин.	Через 24 ч.		Через 10 мин.	Через 24 ч.		
Блоссом	67,6	60,1	7,4	1,4	7,8	-6,4	29,7	25,7	4,0	10,6
Дана	67,2	65,8	1,4	0,9	4,6	-3,7	27,6	24,5	3,1	5,0
Догода	66,2	55,4	10,7	2,4	6,2	-3,8	18,2	18,7	-0,5	11,4
Зумба	66,9	51,4	15,5	1,5	6,2	-4,6	16,5	17,6	-1,1	16,2
Кайо	67,0	37,5	29,6	3,4	7,7	-4,3	18,9	13,1	5,8	30,4
Кортни	69,3	55,2	14,1	2,1	5,9	-3,8	26,3	21,1	5,2	15,5
Орлан	67,5	45,0	22,5	1,8	7,8	-6,1	25,1	17,1	7,9	24,6
Регги	65,8	56,3	9,5	3,9	6,5	-2,6	28,8	20,1	8,7	13,2
Сальса	64,5	57,5	7,0	1,6	5,7	-4,0	19,2	19,4	-0,2	8,1
Самба	68,9	58,7	10,2	0,9	6,2	-5,4	28,4	22,9	5,5	12,8
Танго	67,0	57,9	9,1	0,2	5,5	-5,3	29,8	20,8	9,1	13,9

Результаты изменения окраски мякоти вареных клубней, выращенных на богаре (д. Дубровка) представлены в 7 таблице. За контроль при расчетах ΔL , Δa , Δb , ΔE был взят вариант клубня со срезом через 10 минут. У всех исследованных сортов, после 2 часовой экспозиции яркость мякоти вареных клубней повысилась.

Значение красно-зеленой составляющей цвета мякоти вареных клубней картофеля (a) до и после 2 часовой экспозиции у всех сортов было стабильным.

Значение желтой составляющей цвета мякоти вареных клубней картофеля (b) после 2 часовой экспозиции повысилось у сортов Блоссом, Сальса и Зумба.

Минимальное изменение окраски мякоти вареных клубней картофеля, выращенных на богаре (с. Дубровка), после 2 часовой экспозиции установлено у сортов Дана ($\Delta E=4,8$), Кортни ($\Delta E=5$) и Самба ($\Delta E=5,1$).

Таблица 7. Изучение изменения окраски мякоти вареных клубней картофеля, выращенных на богаре (с. Дубровка)

Название сорта	Яркость мякоти вареных клубней картофеля (L)		ΔL	Значение красно-зеленой составляющей цвета мякоти вареных клубней картофеля (a)		Δa	Значение желто-синей составляющей цвета мякоти вареных клубней картофеля (b)		Δb	ΔE
	Через 10 мин.	Через 2 ч.		Через 10 мин.	Через 2 ч.		Через 10 мин.	Через 2 ч.		
Блоссом	58,4	65,5	-7,0	-2,6	-3,1	0,5	19,5	25,3	-5,8	5,9
Дана	61,2	65,2	-4,0	-2,7	-3,2	0,6	22,9	25,7	-2,8	4,8
Догода	61,3	64,0	-2,7	-2,9	-2,9	0,0	10,7	12,1	-1,3	7,1
Зумба	57,4	69,2	-11,8	-2,7	-2,5	-0,2	11,2	14,3	-3,1	12,0
Кайо	51,6	65,2	-13,6	-2,8	-2,8	0,0	8,4	11,3	-2,9	7,6
Кортни	54,3	71,4	-17,1	-2,1	-2,8	0,8	20,0	22,7	-2,7	5,0
Орлан	61,8	67,1	-5,3	-2,7	-2,6	-0,1	18,9	20,4	-1,5	5,6
Регги	61,7	66,2	-4,5	-2,6	-2,5	-0,1	19,5	22,5	-3,0	6,1
Сальса	60,0	67,4	-7,4	-3,5	-3,1	-0,5	11,4	15,4	-4,0	7,4
Самба	52,3	56,6	-4,3	-3,3	-3,5	0,3	17,0	18,0	-1,1	5,1
Танго	64,8	73,0	-8,2	-1,9	-2,3	0,4	21,5	24,6	-3,1	6,8

Заключение. Показано влияние условий выращивания на цвет кожуры и сырой мякоти клубней картофеля. Значительное изменение окраски кожуры в зависимости от условий выращивания установлено у сортов Догода ($\Delta E=9,1$) и Дана ($\Delta E=4,9$). Максимальные различия по окраске сырой мякоти определены у сортов Сальса ($\Delta E=5,7$), Регги ($\Delta E=5,5$) и Самба ($\Delta E=5,2$). Минимальные изменения окраски сырой мякоти клубней, выращенных на богаре (с. Дубровка), через 10 минут после среза и после 24 часовой экспозиции показаны у сортов Сальса ($\Delta E=2,5$), Зумба ($\Delta E=3$) и Дана ($\Delta E=3,9$). На орошаемом участке окраска сырой мякоти меньше всего изменялась у сортов Дана ($\Delta E=5$) и Сальса ($\Delta E=8,1$). Минимальное изменение окраски мякоти вареных клубней картофеля, выращенных на богаре (с. Дубровка), после 2 часовой экспозиции установлено у сортов Дана ($\Delta E=4,8$), Кортни ($\Delta E=5$) и Самба ($\Delta E=5,1$).

Библиографический список

1. Червяк София Николаевна. Оценка цвета розовых вин с помощью системы CIELAB. // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2020. – № 62(2).
2. Методические рекомендации, по специализированной оценке, сортов картофеля. – Минск, 2003
3. Analyse de la couleur des vins rosés par Chromamétrie CIE Lab [Электронный ресурс]: <https://www.vinseo.com/wp-content/uploads/2016/09/Documentation-cielab.pdf> (дата обращения: 24.07.2019)
4. Li Si-Yu, Zhu Bao-Qing, Li Li-Jun, Duan Chang-Qing. Extensive and objective wine color classification with chromatic database and mathematical models // International journal of food properties. – 2017. – V. 20, № 53. – PP. 52647–5265.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ИНФИЦИРОВАНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ФУЗАРИОЗА КОЛОСА (*FUSARIUM GRAMINEARUM*)

И.О. Иванова, М.Л. Пономарева

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: 010719992010@mail.ru

Аннотация. Фузариоз колоса является одной из наиболее вредоносных болезней озимой ржи, приобретающих широкое распространение в последние годы. В ходе работы было проведено сравнение различных способов внесения и сохранения инокулята *Fusarium graminearum* в зависимости от уровня устойчивости сорта и стадии заражения для оптимизации инфекционного фона к этому заболеванию.

Ключевые слова: Фузариоз колоса, *Fusarium graminearum*, озимая рожь, устойчивость, инокулят, заражение, изоляция.

COMPARISON OF THE VARIOUS METHODS OF INFECTION OF WINTER RYE WITH THE PATHOGEN OF FUSARIUM HEAD BLIGHT (*FUSARIUM GRAMINEARUM*)

I.O. Ivanova, M.L. Ponomareva

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture of the KazanSC of RAS,
Kazan, Russian Federation, e-mail: 010719992010@mail.ru

Abstract. *Fusarium head blight is one of the most harmful diseases of winter rye, which has become widespread in recent years. A comparison of different methods of application and preservation of Fusarium graminearum inoculum was conducted in order to determine the most effective approach in terms of the level of resistance of the variety and stage of infection. This was done with the aim of optimising the infectious background to this disease.*

Keywords: *Fusarium head blight, Fusarium graminearum, winter rye, resistance, inoculum, infestation, isolation.*

Введение. В последнее время грибы рода *Fusarium* приобретают широкое распространение в зонах возделывания озимой ржи. Паразитируя практически на всех органах злаковых культур, грибы, относящиеся к этому роду, могут вызывать такие опасные заболевания, как корневая гниль, фузариоз колоса и фузариозный ожог листьев [1]. Источниками распространения и контаминации фузариозом могут служить зараженные семена, почва и выращенные на ней растения [2]. Характерными признаками поражения фузариозом являются гибель всходов и проростков, щуплость зерна, снижение урожайности, сморщенность и деформация зерновки, пустоколосость, белостебельность, а также выраженная задержка роста растений [3].

Зерна, пораженные фузариозом, имеют небольшой вес, неправильную форму, а так же довольно часто могут содержать микотоксины – вторичные метаболиты, вырабатываемые грибами рода *Fusarium*. Потребление продуктов, содержащих чрезмерное количество фузариотоксинов, может привести к осложнениям в виде целого ряда токсических реакций, от острой токсичности до долгосрочных или хронических нарушений здоровья. Основными источниками контаминации зерна являются дезоксиниваленол, зеараленон, 3-ацетил-дезоксиниваленол, токсин Т-2 и токсин НТ-2.

Важным моментом при создании инфекционного фона на устойчивость к фузариозу колоса является подбор наиболее оптимальных условий: фазы развития растений, предшествующей заражению, способов инфицирования и сохранения инфекции, а также шкал оценивания

заболевания. Известны различные методы оценки пораженных фузариозом колосьев озимой ржи. Т.К. Шешегова с соавторами в своей работе использовали 5-ти балльную оценку поражения колосьев, где 0 - отсутствие поражения, 1 - 10% поражение, 2 - 30%, 3 - 50%, 4 - 70%, 5 - более 90% пораженных колосьев [4]. Т. Miedaner применяет 9-ти балльную систему оценки, где 1 - нет симптомов поражения, 9 - колос полностью поражен [5].

Существуют различные суждения относительно наиболее чувствительной фазы для заражения. В большинстве исследований крайне вредоносным считается заражение колосьев в фазу начала цветения, в этом случае на колосьях наблюдается наиболее сильное поражение [6]. Однако в литературе встречаются публикации о том, что позднее заражение фузариозом может также привести к значительному развитию патогена наряду с накоплением в зерне микотоксинов, хотя и с ограниченным развитием симптомов [7].

Цель работы – провести сравнение различных способов внесения и сохранения инокулята *Fusarium graminearum* в зависимости от уровня устойчивости сорта и стадии заражения для оптимизации инфекционного фона к этому заболеванию.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на 3 образцах озимой ржи собственной селекции разной степени устойчивости: Татарская 1 (устойчивый), Тантана (среднеустойчивый) и Подарок (умеренно восприимчивый). Для заражения использовали инокулят – суспензию конидий микотоксинообразующего штамма *Fusarium graminearum* MFg 58651 из коллекции ВИЗР. Фазу растений определяли по наличию и цвету пыльников у колосьев стандарта Тантана. Оценка зараженности колосьев проводилась на 10–12 день после инфицирования.

Для искусственного инфицирования выбирали по 25 колосьев изучаемых сортов, как и для контроля (обработка водой), равноценных по стадии развития. Во избежание заражения сопутствующей инфекцией использовали второй контроль – опрыскивание колосьев фунгицидом Зантара (0,8 л/га) за 1 сутки до инфицирования фузариозом колоса. Для подготовки штамма *F. graminearum* MFg 58651 предварительно выращивали на картофельно-сахарозном агаре (КСА) в течение 7 дней при температуре 25°C. Внесение инокулята (концентрация 10⁵ конидий/мл) проводили тремя методами: путем опрыскивания ручным пульверизатором, инъекцией шприцем без иглы и смоченными ватными дисками. Для обеспечения оптимальных условий для патогенеза изоляцию инфицированных колосьев также проводили 3 способами с помощью: пергаментных изоляторов, полиэтиленовых пакетов и бязевых мешков.

Для инфицированных и контрольных колосьев проводилась фенотипическая оценка устойчивости по 9-ти балльной шкале, предложенной Miedaner и его коллегами, где 1 – нет видимого поражения колосьев, 9 – все колоски максимально поражены.

В таблице 1 приведено описание различных вариантов заражения, использованных в ходе работы.

Таблица 1. Способы инфицирования колосьев озимой ржи (в фазу начала цветения) штаммом *Fusarium graminearum* MFg 58651 и создания условий для развития фузариоза колоса

Варианты заражения	Способ инфицирования	Способ изоляции инфицированных колосьев	Контроль
1.1	Опрыскивание колосьев из пульверизатора.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
1.2	Инъекция шприцем без иглы между колосками.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
1.3	Заражение колосьев с помощью ватных дисков, смоченных в суспензии конидий.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
1.4	Опрыскивание колосьев из пульверизатора.	После инокуляции зараженные колосья закрывали светлыми полиэтиленовыми пакетами-маечками объемом 20 л для создания влажной камеры.	Опрыскивание водой

1.5	Опрыскивание колосьев из пульверизатора.	После инокуляции зараженные колосья закрывали бязевыми изоляторами-мешками во избежание плесневения колосьев.	Опрыскивание водой
1.6	Опрыскивание колосьев из пульверизатора после предварительной (за 1 сутки) обработки фунгицидом Зантара (0.8 л/га).	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Обработка фунгицидом Зантара
2.1	Опрыскивание колосьев из пульверизатора до наступления цветения.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
2.2	Опрыскивание колосьев из пульверизатора в начале цветения.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
2.3	Опрыскивание колосьев из пульверизатора через неделю после начала цветения.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой

Результаты и обсуждение. При создании инфекционного фона на устойчивость к фузариозу колоса мы выбирали и модифицировали как известные методы искусственного заражения растений, так и создавали оригинальные способы внесения инокулюма и поддержания интенсивного размножения патогена в растениях, а также предотвращения развития других заболеваний.

Анализируемые сорта озимой ржи Татарская 1, Тантана и Подарок в среднем при заражении различными методами достоверно различались между собой (средний балл поражения 2.67; 2.83 и 2.63, соответственно) (Рисунок 1). Однако при сравнении методов заражения были выявлены существенные различия. Опыт с использованием различных методов показал, что наиболее вредоносным оказался метод 1.4 (средний балл поражения по 3 сортам составил 6.25 балла). Наименьшие показатели пораженности фузариозом колоса имели растения в вариантах 1.5 и 1.6 (1.17 и 1.52 балла, соответственно).

Сравнение способа 1.2 (внесение инфекции непосредственно в колос с помощью инъекции) с методами 1.1 и 1.5, когда инокулюм равномерно распыляется на весь колос, показало, что при использовании первого способа средний уровень заражения выше (3.09 балла), чем двух других (2.17 и 1.17 балла, соответственно). Развитие фузариоза колоса зависело как от скорости проникновения гриба в ткани растения в местах контакта, так и от продолжительности распространения инфекции из таких точек в другие цветки колоса.

Средние показатели пораженности колосьев достоверно отличались друг от друга у экспериментальных групп, различающихся по срокам инфицирования (относительно фазы цветения). Первые признаки заражения фузариозом колоса проявлялись через 8 суток после инфицирования в варианте 1.4, а в остальных вариантах – на 13 сутки. В контрольном варианте признаков поражения фузариозом отмечено не было. Максимальное проявление болезни регистрировали через три недели после инокуляции. В дальнейшем, по мере созревания растений, симптомы инфекции становились менее заметными (слабое обесцвечивание колосков или только колосковых чешуй при изменении цвета созревающего колоса).

Среди них наибольшим проявлением болезни выделялась Фаза 2.2 (начало цветения) – 3.28 балла (Рисунок 2). Сильнее всех был поражен умеренно-восприимчивый сорт Подарок (5.24 балла). В это время открытие цветков увеличивает вероятность возникновения контакта возбудителя с внутренними поверхностями цветковых чешуй и завязью. Слабым уровнем проявления болезни, не отличающимся от контроля, характеризовался последний срок заражения (вариант 2.3 – 1.16 балла).

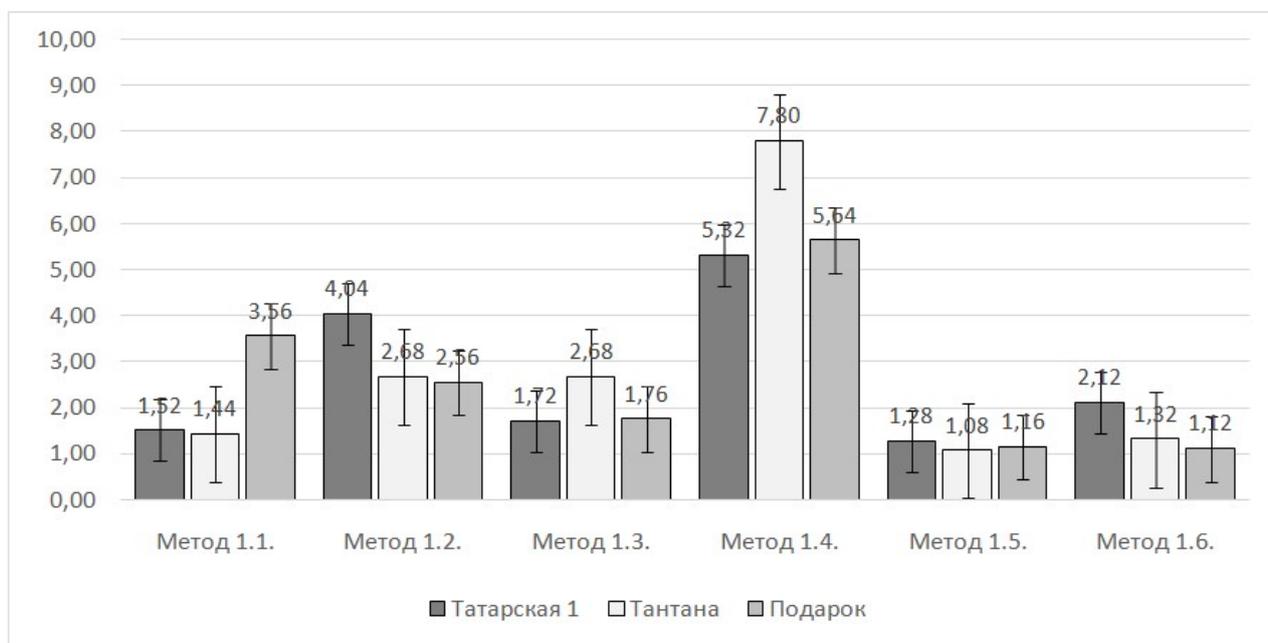


Рисунок 1. Уровень поражения фузариозом колоса сортов озимой ржи (Подарок, Тантана, Татарская 1) при искусственном инфицировании *Fusarium graminearum* MFg 58651 с помощью различных методов заражения и изоляции инокулированных колосьев (1.1-1.6), описанных в таблице 1

Сорт Татарская 1 в среднем по срокам заражения имел наименьший средний балл поражения колосьев (1.81 балл), что существенно отличает его от сорта Подарок, который характеризуется наибольшим поражением (2.79 балла). Сорт Тантана (2.11 баллов) значительно превосходит по устойчивости сорт Подарок, но не существенно отличается от сорта Татарская 1.

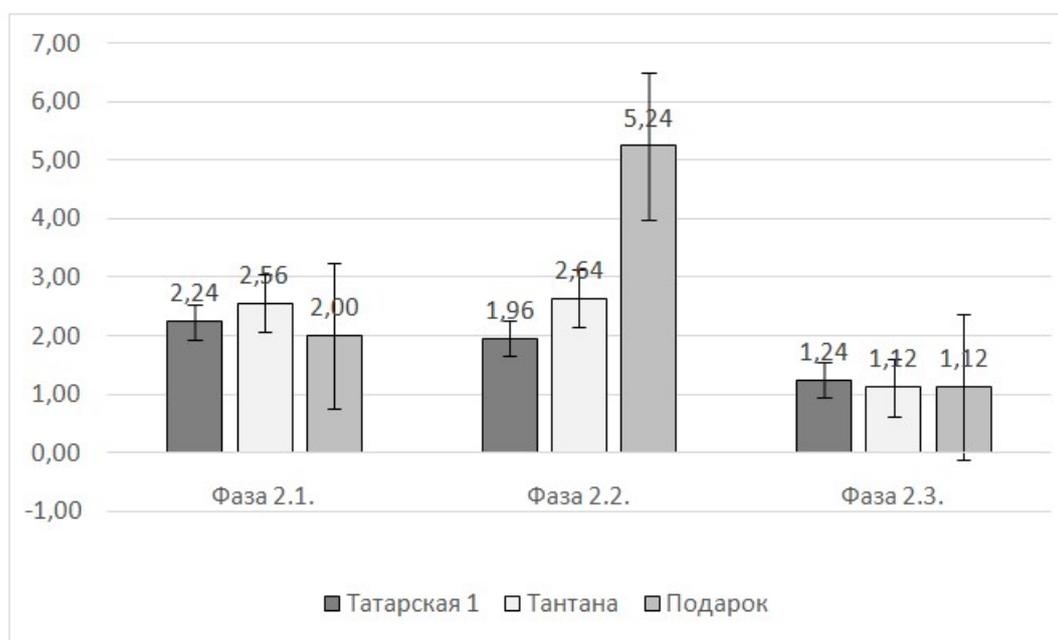


Рисунок 2. Уровень поражения фузариозом колоса сортов озимой ржи (Подарок, Тантана, Татарская 1) при искусственном инфицировании *Fusarium graminearum* MFg 58651 в разные фазы развития колоса (2.1-2.3), описанных в таблице 1

Полученные данные станут экспериментальной основой для проведения многолетнего исследования по анализу селекционного материала на предмет устойчивости к фузариозу колоса.

Заключение. Таким образом, нами оптимизирована система полевых методов оценки и создания искусственного инфекционного фона на устойчивость к фузариозу колоса в полевых условиях с использованием различных приемов. При сравнении различных методов инфицирования трех сортов озимой ржи возбудителем фузариоза *Fusarium graminearum* MFg 58651 установлено, что при создании искусственного инфекционного фона лучшим сроком заражения растений является фаза начала цветения. При тестировании большого количества сортообразцов заражение лучше начинать в более ранние сроки (до цветения), чем откладывать его к концу фазы цветения. Проявление защитных реакций при разных способах инокулирования сортоспецифично, и уровни поражения статистически значимо различаются у разных сортов. Наиболее информативным является способ опрыскивания суспензией конидий (концентрация 10^5 конидий/мл). Развитию инфекции способствует создание влажной камеры большими полиэтиленовыми пакетами.

Библиографический список

1. Радивон В. А. Фузариоз колоса и зерна ярового тритикале в Республике Беларусь // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию: материалы Междунар. науч. конф. – 2021. – С. 95–97.
2. Glinushkin A. P., Ovsyankina A. V., Korniyukov D. A. Integrated Protection of Cereals against Fusarium Species // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. – 2021. – Т. 663. – №. 1. – С. 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012048>
3. Марьина-Чермных О. Г. Динамика поражения болезнью корневая гниль зерновых культур // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2020. – №. 22. – С. 31–35.
4. Шешегова Т. К., Кедрова Л. И., Нурахметова Л. М. Исследование устойчивости озимой ржи к фузариозу колоса в Кировской области // Вестник защиты растений. – 2000. – №. 2. – С. 57-58.
5. Miedaner T., Flamm C., Oberforster M. The importance of Fusarium head blight resistance in the cereal breeding industry: Case studies from Germany and Austria // Plant Breeding. – 2024. – Т. 143. – №. 1. – С. 44-58. <https://doi.org/10.1111/pbr.13098>
6. Шашко Ю. К., Шашко М. Н., Мядель О. В. Изучение вредоносности фузариоза колоса яровой пшеницы при искусственном заражении в зависимости от фазы развития // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – №. 56. – С. 83-90.
7. Karlsson I., Persson P., Friberg H. Fusarium head blight from a microbiome perspective // Frontiers in Microbiology. – 2021. – Т. 12. – С. 628373. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628373>

ВЛИЯНИЕ МОРФОСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СОРТОВ ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Г.И. Иматуллина¹, Л.Р. Климова¹, Ф.З. Кадырова²

¹Татарский НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

²Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

e-mail: morozisummer@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния морфоструктурных элементов на показатель продуктивности. Объектами научно-исследовательской работы являлись сорта зарубежной селекции Надежда и Лилея, а также сорт Татарской селекции Яшьлек. Проведенные исследования показали, что в условиях вегетационного периода 20023 года продуктивность сортов сильно зависела от количества боковых ветвей второго и выше порядка (для сорта Надежда $r=0,93$; для сорта Лилея $r=0,76$), тогда как у сорта Яшьлек продуктивность растений имеет сильную прямую связь с толщиной стебля ($r=0,91$) и диаметром 7-го междоузлия ($r=0,78$).

Ключевые слова: гречиха, морфоструктурные элементы, габитус растения, продуктивность растения

THE INFLUENCE OF MORPHOSTRUCTURAL ELEMENTS ON THE PRODUCTIVITY INDEX OF PLANTS OF VARIETIES OF BUCKWHEAT OF ORDINARY FOREIGN BREEDING

G.I. Imatullina¹, L.R. Klimova¹, S.Z. Kadyrova²

¹Tatar Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific of RAS, Kazan, Russia

²Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: morozisummer@gmail.com

Annotation. The article presents the results of studying the influence of morphostructural elements on productivity. The objects of research work were varieties of foreign breeding Nadezhda and Lilya, as well as a variety of Tatar breeding Yashlek. The conducted studies have shown that in the conditions of the growing season of 20023, the productivity of varieties strongly depended on the number of lateral branches of the second and higher order (for the Nadezhda variety $r=0.93$; for the Lilea variety $r=0.76$), whereas for the Yashlek variety, plant productivity has a strong direct relationship with the thickness of the stem ($r=0.91$) and the diameter of the 7th internode ($r=0.78$).

Keywords: buckwheat, morphostructural elements, plant habitus, plant productivity.

Введение. Гречиха обыкновенная – это энтомофильная перекрестноопыляемая, широко используемая как медоносная и продовольственная культура. Не смотря на годы плодотворной селекции продуктивность растений гречихи остается на достаточно низком уровне и сильно зависит от гидротермических условий в период вегетации [1]. Одним из главных решений данной проблемы остается изучение и изменения габитуса растений [2,3]. Разработка оптимальной архитектоники растений остается приоритетной задачей в селекции гречихи обыкновенной.

Целью исследования было выявить взаимосвязь между морфоструктурными показателями и продуктивностью растений.

Материалы и методы. Для изучения были взяты 2 сорта иностранной селекции: Надежда и Лилея, а также сорт-стандарт Яшьлек, селекции ТатНИИСХ.

По данным, представленным ВИР, сорт Надежда имеет детерминантный тип роста растения, а сорт Лилея – индетерминантный.

Посев образцов был произведен 6 июня 2023 года на делянках экспериментальной базы Татарского НИИСХ, находящейся в Лаишевском муниципальном районе Предкамской зоны Республики Татарстан. Учетная площадь делянки - 1 м², глубина заделки семян 5 см, норма высева – 100 штук/м². Для морфоструктурного анализа были выбраны 20 растений в фазу полной спелости из средней части делянки для исключения краевого эффекта.

Фенологические наблюдения, учет урожая и анализ его структуры осуществляли по методике Государственного сортоиспытания (1985), для проведения статистического и корреляционного анализа использован пакет MS Excel 2019.

Исследования проводились в рамках договора о научном сотрудничестве с Всероссийским научно-исследовательским институтом генетических ресурсов (№ 57д/23 от 22 марта 2023 года). Работа Климовой Л.Р. и Иматуллиной Г.Ф. выполнялась в рамках государственного задания.

Метеорологические условия в год исследования были атипичными для Республики Татарстан. В начале вегетации наблюдались резкие перепады суточных температур с высоких дневных на низкие ночные с одновременным недостатком влаги.

В период цветения наблюдался оптимальный термический режим, однако количество выпавших осадков было в 2,5 раза ниже. В период плодообразования среднесуточная температура выше оптимального значения. В этот период было отмечено 22 дня с температурой выше 25⁰С, при этом количество осадков за 25 дней составило 24 мм. В целом можно отметить, что гидротермические условия 2023 года были неблагоприятными для формирования высокой продуктивности растений гречихи.

Результаты и обсуждение. Продуктивность растения формируется под влиянием множества факторов. Одним из главных факторов является генетически наследуемый габитус растения. Нами были проанализированы параметры главного стебля исследуемых сортов и выявлено, что наиболее высокорослым сортом оказался индетерминантный сорт Лилея (табл 1.). Сорт Яшьлек в основном состоит из растений-фасциатов, характерной чертой которых является ограниченность ростовых процессов, поэтому средняя высота растений была ниже сорта Лилея в 1,4 раза. Детерминантный сорт Надежда сформировал в 2023 году наиболее низкорослые растения.

Нами было отмечено, что селекция иностранных сортов была направлена на увеличение бокового ветвления. Так максимальное число ветвей первого порядка было подсчитано на детерминантном сорте Надежда (4,17). У сорта Лилея было сформировано на 4% меньше ветвей первого порядка, тогда как у сорта Яшьлек на 42%.

В составе сорта-популяции Яшьлек входят растения с редуцированным ветвлением второго и выше порядка. При этом у сортов иностранной селекции среднее количество ветвей второго и выше порядка колеблется в пределах 3,75...3,88 штук.

В связи с этим соотношение количества соцветий на главном стебле и боковых ветвях у сорта Надежда равняется 0,18, у сорта Лилея 0,29, а у сорта Яшьлек 1,48. Весь продуктивный потенциал иностранных сортов сосредоточен на боковых ветвях. Так число плодов с боковых у сорта Надежда в 3,66 раза выше по сравнению с числом плодов на главном стебле. У сорта Лилея данный показатель снижается до значения 2,03. У сорта татарской селекции Яшьлек количество плодов, полученных с боковых ветвей в 3 раза меньше количества плодов с главного стебля.

В связи с более высоким ветвлением средняя масса стебля у сортов иностранной селекции выше, чем у сорта Яшьлек на 46...102%. Однако при таком развитии генеративной сферы растений сортов иностранной селекции в условиях 2023 годы было получено очень низкая масса плодов с растения (0,08 г). У сорта Яшьлек данный показатель превышает иностранные сорта в 23 раза.

Таблица 1. Параметры габитуса растений гречихи обыкновенной в условиях 2023 года

Признак	Надежда (det)	Лиляя	Яшьлек
Высота растений, см	58,42±2,53	87,66 ±2,30	61,79±1,94
Количество ветвей 1-го порядка, шт.	4,17±0,27	4,00±0,22	2,95±0,18
Количество ветвей 2-го и выше порядка, шт.	3,75±0,76	3,88±0,48	0
Число соцветий на главном стебле, шт.	2,21±0,12	2,84±0,19	3,33±0,24
Число соцветий с боковых побегов, шт.	11,8±1,71	9,72±0,99	2,24±0,27
Число плодов с главного стебля, шт.	0,63±0,16	0,80±0,50	41,62±2,92
Число плодов с боковых побегов, шт.	2,31±0,72	1,62±0,57	13,71±2,77
Масса стебля, г	3,58±0,65	4,97±0,54	2,45±0,20
Масса плодов с растения, г	0,08±0,02	0,08±0,03	1,85±0,16

Проведенный множественный корреляционный анализ сорта Надежда выявил тесную взаимосвязь значимую на уровне $\alpha=0,01$ массы плодов с количеством плодов на ветвях второго и выше порядка ($r=0,93$). Количество соцветий у сорта Надежда находится в прямой сильной зависимости от высоты растений ($r=0,76$), длины первого междоузлия ($r=0,83$) и количества ветвей второго и выше порядка ($r=0,86$).

Взаимосвязь продуктивности сорта Лиляя полностью зависит от бокового ветвления. Так коэффициент Пирсона для расчета взаимосвязи между количеством соцветий на растении и количеством боковых ветвей составил $r=0,98$, а между количеством плодов, массой плодов на растении и количеством боковых ветвей второго и выше порядка $r=0,76$.

Более сложная картина между показателями продуктивности и параметрами растения складывается у сорта Яшьлек. Так количество соцветий на растении имеет прямую сильную связь с количеством узлов на главном стебле ($r=0,77$) и диаметром 7-го междоузлия ($r=0,79$). Также диаметр 7-го междоузлия влияет на количество ($r=0,78$) и массу плодов с растения ($r=0,76$). Высокий коэффициент корреляции Пирсона был получен между массой плодов на растении и весом соломы ($r=0,91$).

Заключение. В заключении можно сделать вывод о том, что в условиях вегетационного периода 2023 года габитус растений сортов иностранной селекции Надежда и Лиляя представляет собой сильно ветвящийся стебель, основная часть генеративной сферы у этих сортов расположена на боковых ветвях. У сорта татарской селекции Яшьлек в основном представлены ограниченно ветвящиеся растения. Большая часть соцветий и плодов формируется на главном стебле. Проведенный множественный корреляционный анализ показал, что продуктивность сортов в независимости от типа роста зависит от развития ветвей 2 и выше порядка, тогда как у сорта Яшьлек продуктивность растения от диаметра 7-го междоузлия и толщины соломины.

Библиографический список

1. Фесенко А.Н., Амелин А.В., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Видовые и сортовые особенности формирования плодов и семенной продуктивности у растений гречихи// Труды Кабанского государственного аграрного университета. 2020. №85. С.260-265. <https://doi.org/110.21515/1999-1703-85-260-265>.
2. Амелин А.В, Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И., Мазалов В.И. Морфо-анатомические и физиолого-биохимические параметры семян гречихи в связи с селекцией на высокую и качественную урожайность// Аграрный научный журнал. 2021. № 9. С. 4-8. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i9pp4-8>.
3. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Кадырова Ф.З., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Физиолого-генетические аспекты селекции гречихи на адаптивность. Орел: Издательство Картуш, 2021. 408 с.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
СЕЛЕКЦИИ ТАТАРСКОГО НИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН**

**Е.С. Кириллова, С.Н. Пономарев, Н.З. Василова, Дан. Ф. Асхадуллин,
Дам. Ф. Асхадуллин, Э.З. Багавиева**

Татарский НИИСХ – ОСП ФИЦ «Казанский НЦ РАН», e-mail: el.kir7777@gmail.com

***Аннотация.** Сорт мягкой яровой пшеницы Хазинэ по результатам 4-х летних испытаний показал очень высокие хлебопекарные качества. Общая хлебопекарная оценка, средняя по годам составила 4,84 балла, эластичность мякиша – 4,85 балла, пористость – 4,93 балла, объем хлеба – 579 мл. Сортной особенностью сорта Сакара является потенциальная способность накапливать высокое содержание белка (15,9-18,5%); высокая сила муки ($W=264-465$ е. а.) и высокая упругость теста, ($P/L = 2,09-3,96$). Качество зерна сорта Надира соответствует требованиям «филлера» и «ценной» пшеницы.*

***Ключевые слова:** пшеница мягкая, экологическое сортоиспытание, сила муки, качество, белок, клейковина, водопоглощение, валориметрическая оценка.*

**TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SOFT SPRING WHEAT VARIETIES BREEDING
OF TATAR SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE**

**E.S. Kirillova, S.N. Ponomarev, N.Z. Vasilova, Dan. F. Askhadullin,
Dam. F. Askhadullin, E.Z. Bagavieva**

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRS Kazan Scientific Center RAS,
Kazan, Russia, e-mail: el.kir7777@gmail.com

***Abstract.** According to the results of 4-year tests, the Hazine soft spring wheat variety showed very high baking qualities. The overall baking score, the average for the years was 4,84 points, the elasticity of the crumb was 4,85 points, the porosity was 4,93 points, the volume of bread was 579 ml. The varietal feature of the Sakara variety is the potential ability to accumulate a high protein content (15,9-18,5%); high flour strength ($W=264-465$ e. a.) and high dough elasticity ($P/L = 2,09-3,96$). The quality of Nadir grain meets the requirements of filler and valuable wheat.*

***Keywords:** soft wheat, ecological variety testing, flour strength, quality, protein, gluten, water absorption, calorimetric assessment.*

Введение. При технологической оценке пшеницы учитывают требования, предъявляемые к зерну и продуктам его переработки мукомольной, хлебопекарной, макаронной и другими отраслями промышленности, сырьем для которых является пшеница или мука [5]. Особую важность для внутренних нужд страны, а также для экспорта представляет ценная пшеница с генетически детерминированными высокими хлебопекарными качествами, а также сильная пшеница, способная улучшать слабые в хлебопекарном отношении партии зерна.

Наиболее важными технологическими свойствами зерна мягкой пшеницы являются водопоглотительная способность муки, устойчивость теста к замесу, упругость и растяжимость теста и их соотношение, способность давать ароматный хлеб большого объема с хорошей структурой мякиша. Эти характеристики муки и теста оценивают прямым методом – лабораторной выпечкой хлеба и косвенными методами, среди которых наиболее распространены альвеография и фаринография.

На качество зерна большое влияние оказывают условия его формирования. Стабильно высокие физические свойства теста и показатели хлебопекарных качеств зерна в разнообразных условиях возделывания устойчиво сохраняют лишь немногие сорта пшеницы [4].

Цель исследования заключается в оценке биохимических и физических показателей качества зерна сортов мягкой яровой пшеницы, реологических свойств теста и хлебопекарных свойств муки в условиях Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследования. Опыты проведены в питомнике экологического сортоиспытания на полях ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в 2019-2022 гг. в Предкамской зоне Республики Татарстан. Объекты исследования – сорта яровой пшеницы: Надира- фиолетово-зерная мягкая пшеница с повышенным содержанием флаваноидов и антоцианов, Хазинэ – мягкая пшеница с повышенным содержанием каротиноидных пигментов, Сакара – шарозерная пшеница. В качестве стандарта использован сорт мягкой пшеницы Йолдыз.

Метеорологические условия в годы исследования в период формирования и налива зерна существенно различались. По влагообеспеченности и температурному режиму более благоприятными были 2019 и 2022 годы, 2020 – засушливый, 2021 – очень засушливый.

Анализ качества зерна и муки проводили по общепринятым методикам и ГОСТам: массовая доля сырой клейковины в зерне - по ГОСТ 54458-2011 (ручной метод); качество клейковины – по индексу деформации клейковины в единицах прибора ИДК-1; массовая доля белка в зерне – по ГОСТ 108460-91 (по методу Къельдаля); реологические свойства теста – на альвеографе по ГОСТ Р 51415-99 и фаринографе по ГОСТ Р 51404-99; стекловидность – ГОСТ 10987-76, натура – ГОСТ 10840-64, масса 1000 зерен- ГОСТ 10842-89. Хлебопекарное качество оценивали с помощью пробной лабораторной выпечки по ГОСТ 27669 - методом интенсивного замеса. Статистическую обработку результатов исследования проводили по методическому руководству Б.А. Доспехова (1985).

Результаты исследования и их обсуждение. Технологические качества зерна, имеющие важное значение при производстве пшеничного хлеба, обусловлены крупностью, натурой, ровностью зерна, количеством и качеством клейковины [11]. С точки зрения мукомольных достоинств зерна, наиболее важными показателями качества являются соотношение оболочек и эндосперма и стекловидность зерна. Чем крупнее зерно, тем больше в нем эндосперма, а, следовательно, и больше выход муки. Масса 1000 зерен является одним из признаков оценки его физических свойств, зависит от размера и плотности зерна, изменяется от сортовой принадлежности и определяется в основном продолжительностью периода налива зерна [8].

Условия выращивания повлияли на массу 1000 зерен (таблица 1). Более крупное зерно сформировалось в благоприятные по осадкам 2019 и 2022 годы, засушливые условия 2020 и 2021 годов привели к снижению значения данного показателя. В среднем за 4 года исследования сорта сформировали зерно с массой 1000 зерен от 26,8 (сорт Сакара), до 39,9 грамм (сорт Хазинэ), у сорта Йолдыз среднее значение показателя за 4 года составило 38,7.

Таблица 1. Технологические показатели зерна сортов мягкой яровой пшеницы, 2019-2022 гг.

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Натурная масса, г/л	Стекловидность, %
	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>
Йолдыз	<u>38,7</u> 31,4 -44,5	<u>794</u> 749-830	<u>51</u> 46-53
Надира	<u>36,7</u> 31,0-40,2	<u>802</u> 772-819	<u>48</u> 44-58
Хазинэ	<u>39,9</u> 34,6-43,9	<u>798</u> 762-820	<u>63</u> 53-71
Сакара	<u>26,8</u> 24,6-29,1	<u>780</u> 751-809	<u>56</u> 50-64

Показатель природы зерна четко дифференцирует сорта по реакции на стрессовые условия в период летней вегетации [2]. Засухоустойчивость и жаростойкость, полегание растений, болезни и вредители оказывают влияние на налив зерна и на величину его природы. Высоконатурное зерно имеет относительно наибольшее количество веществ с большим удельным весом (крахмал) и более плотную структуру. В соответствии с требованиями ГОСТа 34702 -2020 «Пшеница хлебопекарная. Технические условия» натурная масса зерна должна быть для сильной пшеницы - не менее 750 г/л, ценной – не менее 730 г/л [3]. Во все годы исследования сорта Надира, Хазинэ и Сакара сформировали зерно с высоким натурным весом, соответствующим требованиям сильной пшеницы (в среднем 802, 798 и 781 г/л соответственно). По показателю природы сорт Йолдыз – в 2022 году – соответствует классификационным требованиям ценной пшеницы, в остальные годы – сильной.

Структура зерна (его стекловидность или мучнистость) зависят от характера обмена при наливе и созревании [7]. Высокая температура, недостаток влаги, короткий период налива и созревания зерна увеличивают стекловидность. Избыток фосфора уменьшает, а избыток азота, наоборот, увеличивает стекловидность. Стекловидность зерна мягкой пшеницы является сортовым признаком, однако, он в значительной степени изменяется в зависимости от условий выращивания, в частности, при неблагоприятных факторах, особенно в период уборки, может существенно снижаться. Из стекловидной пшеницы получают больше крупок и меньше муки низких сортов, наибольший производственный эффект достигается при стекловидности 50-60% [10]. Для пшеницы – улучшителя показатель стекловидности зерна должен быть не менее 60%, ценной по качеству – не менее 40%. В наших исследованиях стекловидность зерна в среднем по годам составляет 48% у сорта Надира, 63% у сорта Хазинэ и 56% у сорта Сакара. Сорт Йолдыз по показателю стекловидности зерна во все годы исследования соответствовал ценной пшенице, сорта Сакара и Хазинэ – сильной, сорт Надира - в зависимости от года - ценной, сильной или филлеру.

Содержание белка в зерне определяет его технологическую и пищевую ценность. Для выпечки дрожжевого хлеба предпочтительна мука с содержанием белка не менее 11%. Для получения муки с таким количеством белка, содержание его в зерне пшенице должно быть не менее 12% [9]. В среднем за все годы исследования содержание белка в зерне пшеницы находилось в пределах от 12,5% (сорт Надира) до 17,1% (сорт Сакара), (таблица 2). Превышение содержания белка у сорта Надиры по отношению к сорту Йолдыз - 0,4%, Хазинэ – 2,4%, Сакары -8,0%. В годы исследования Хазинэ и Сакара по показателю содержания белка соответствовали сильной пшенице, Надира– филлеру и ценной. Сорт Йолдыз в 2022 году отнесен к сильной пшенице, в остальные годы – филлеру.

Таблица 2.Содержание белка и показатели клейковины сортов мягкой яровой пшеницы, 2019 – 2022 гг.

Сорт	Белок (% на сухое вещество)	Содержание сырой клейковины, %	Качество клейковины, ед.пр.ИДК	Гидратация, %
	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>
Йолдыз	<u>12,1</u> 10,6-13,8	<u>22,9</u> 18,8-29,7	<u>74</u> 58-91	<u>163,9</u> 156,2-175,2
Надира	<u>12,5</u> 12,1-13,3	<u>25,3</u> 22,5-29,5	<u>83</u> 73-92	<u>171,0</u> 163,0-178,5
Хазинэ	<u>14,5</u> 13,8-15,0	<u>30,9</u> 28,4-33,7	<u>84</u> 78-93	<u>176,3</u> 166,9-184,7
Сакара	<u>17,1</u> 15,9-18,5	<u>34,4</u> 29,8-40,8	<u>68</u> 63-78	<u>167,0</u> 156,3-178,7

Накопление клейковины в значительной степени зависит от погодных условий и уровня агротехники. Качество клейковины больше связано с сортовыми особенностями, но и оно может меняться под влиянием условий выращивания. В соответствии с требованиями ГОСТа на пшеницу хлебопекарную содержание клейковины в зерне сильной пшеницы должно быть не

менее 28,0%, качество клейковины в ед. прибора ИДК – от 42 до 85 ед., для ценной пшеницы содержание клейковины – 25,0 % и качество от 40 до 90 ед. пр. ИДК [3]. Средние по годам значения содержания клейковины находились в пределах от 25,3% - сорт Надира до 34,4% - сорт Сакара, у стандарта сорта Йолдыз – 22,9%. Наиболее благоприятными условиями для накопления клейковины для всех изученных сортов были 2019 и 2022 г. Содержание клейковины в зерне пшеницы сорта Йолдыз в 2022 году составило 29,7%, Надиры – 29,5%, Хазинэ – 33,7%, Сакары - 40,8%. Сакара по количеству и качеству клейковины во все годы исследования – сильная пшеница-улучшитель, сорт Хазинэ – по количеству клейковины – сильная, по качеству – сильная, ценная и филлер (2022 год). Стандартный сорт Йолдыз по количеству клейковины – филлер, слабая, сильная, по качеству в 2019, 2020 и 2021 годах – сильная пшеница, в 2022 году – филлер. Сорт Надира в зависимости от года по показателям клейковины соответствует филлеру и ценной пшенице.

Сила муки определяет количество воды, необходимое для получения теста нормальной консистенции, а также изменение реологических свойств теста при брожении и поведение теста в процессе его механической разделки и расстойки [1]. Оценка реологических свойств теста представлена в таблице 3. В соответствии с требованиями ГОСТа на муку хлебопекарную к реологическим свойствам теста из муки 70%-ного выхода - сильной считается мука с показателем силы муки не менее 240 е. а. и соотношением упругости и растяжимости теста – 0,7 – 2,0; ценной – с показателем альвеографа – не менее 200 е. а и соотношение упругости и растяжимости от 0,5 – до 2,5.

Таблица 3. Реологические свойства теста сортов мягкой яровой пшеницы, 2019-2022 гг.

Сорт	Сила муки, ед. ал.	Показатель формы кривой, P/L	Валориметрическая оценка, ед. вал.	Степень разжижения теста, ед. фар.	Водопоглощение, %
	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>
Йолдыз	<u>219</u> 192-288	<u>1,32</u> 0,67-1,62	<u>49</u> 50-59	<u>76</u> 28-70	<u>58,4</u> 54,6-58,8
Надира	<u>173</u> 131-259	<u>0,93</u> 0,55-1,12-	<u>54</u> 50-59	<u>53</u> 28-70	<u>57,3</u> 54,6-58,5
Хазинэ	<u>317</u> 217-497	<u>0,85</u> 0,76-0,93	<u>60</u> 58-63	<u>47</u> 35-58	<u>61,8</u> 58,0-67,2
Сакара	<u>347</u> 264-465	<u>2,55</u> 2,09-3,96	<u>79</u> 55-100	<u>31</u> 4-45	<u>63,2</u> 57,0-70,8

По данным альвеографии высоким показателем силы муки (W) и сбалансированностью упругости и растяжимости теста (P/L) отличился сорт Хазинэ, у которого средняя по годам исследования сила муки 317 е. а., (от 217 до 497), отношение упругости теста к растяжимости – от 0,76 до 0,93, что соответствует нормам ценной и сильной пшеницы. Сила муки у сорта Сакара варьировала от 264 е. а. в 2019 году до 465 е. а. в 2022 году, что соответствует нормам сильной пшеницы. Упругость теста (P) шарозерного сорта Сакара превысила растяжимость (L) и соотношение упругости теста к растяжимости находилось в пределах от 2,09 до 3,96, что соответствует классу ценной пшеницы. Показатель силы муки сорта Надира в зависимости от года изучения изменялся от 131 е. а. до 259 е. а., у стандартного сорта Йолдыз – от 190 е. а. до 264.

Для характеристики физических свойств теста, определяемых с помощью фаринографа, единым обобщающим показателем служит величина площади, занимаемая фаринограммой. Показания валориметра для пшениц различного качества колеблются от 20 до 100 е. в. [5,12]. Максимальная площадь фаринограммы, равная 100 е. в. характеризует муку сильной пшеницы, тесто которой обладает большой устойчивостью при замесе. Наименьшие величины получают при исследовании муки слабой пшеницы, тесто которой значительно разжижается. Сильные пшеницы поглощают до 75% воды, слабые около 55% [10]. Регламентом предусмот-

рено, что водопоглощение для сильной пшеницы должно быть не менее 63%, для ценной пшеницы - не менее 60 %. Установлено, что наименьшее значение водопоглощения, в среднем по годам у сортов Надира и Йолдыз - 54,6 и 58,4% соответственно, наибольшее – у сортов Сакара - 63,2% и Хазинэ – 61,8%. Значение показателя валориметрической оценки (в среднем за 2019-2022) варьировало от 54 е. в. (сорт Надира) до 79 е. в. (сорт Сакара), у стандарта Йолдыз - 49 е. в. (таблица 3). По показателю валориметра, в зависимости от года исследования, сорта Йолдыз и Надира – филлер и ценная пшеница, Хазинэ – ценная, Сакара – ценная и сильная. Как видно из данных таблицы 3, сорта Хазинэ и Сакара отличаются низкими показателями степени разжижения, в среднем - 31 и 47 ед. ф. при норме для сильной пшеницы – не более 70 ед. ф., тогда как Сакара и Хазинэ – сильные пшеницы, Надира и Йолдыз - филлер, ценная или сильная.

Пробная выпечка наиболее полно характеризует хлебопекарные свойства пшеницы. К основным показателям качества хлеба относятся объем, пористость и отношение высоты к диаметру. При обычном режиме процесса приготовления теста из муки с достаточной сахаро- и газообразующей способностью, объем хлеба возрастает по мере увеличения силы. Однако, из очень сильной муки объем хлеба может быть меньше, чем из муки средней силы. [1].

Таблица 4. Хлебопекарная оценка сортов мягкой яровой пшеницы, 2019-2022 гг.

Сорт	Пористость, балл	Эластичность мякиша, балл	Объем хлеба, см ³	Общая хлебопекарная оценка, балл
	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>	<i>Среднее/лимиты</i>
Йолдыз	<u>4,3</u> 4,0-4,3	<u>4,25</u> 4,0-4,5	<u>518</u> 469-565	<u>4,46</u> 4,3-4,7
Надира	<u>4,2</u> 3,5-4,7	<u>4,4</u> 4,3-4,5	<u>514</u> 471-544	<u>4,4</u> 4,3-4,4
Хазинэ	<u>4,9</u> 4,8-4,5	<u>4,9</u> 4,6-5,0	<u>579</u> 576-594	<u>4,8</u> 4,75-4,9
Сакара	<u>4,2</u> 4,0-4,5	<u>4,5</u> 4,0-5,0	<u>439</u> 414-497	<u>4,2</u> 4,0-4,5

По показателям хлебопекарной оценки и по объему хлеба лучшим среди изучаемых сортов оказался сорт Хазинэ, (таблица 4). Общая хлебопекарная оценка, в среднем по годам составила 4,8 балла, объем хлеба - 579 мл. Пониженный объем хлеба сорта Сакара можно объяснить очень высокой упругостью теста ($P/L = 2,09 - 3,9$).

Заключение. За 4 года исследования сорта мягкой яровой пшеницы сформировали зерно высокого качества, соответствующее требованиям сильной и ценной пшеницы для сортов Сакара и Хазинэ, ценной и филлера для сорта Надира. Оценка биохимических, физических свойств зерна и реологических свойств теста и хлебопекарных свойств муки показала, что по мукомольным и хлебопекарным качествам зерна сорт Хазинэ значительно превосходит сорт Йолдыз. Особенностью шарозерного сорта Сакара является потенциальная способность накапливать высокое содержание белка, высокая сила муки и высокая упругость теста. Фиолетовозерный сорт Надира характеризуется средними хлебопекарными свойствами, обладает повышенной пищевой ценностью и может быть рекомендован для производства цельнозерновой муки.

Библиографический список

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопечения. / Л.Я. Ауэрман. - 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищепромиздат, 1956. – 467 с.
2. Гаврикова О.М. Связь между составом белков и технологическими свойствами зерна у сортов озимой мягкой пшеницы: диссертация кандидата биологических наук. – Москва, 2007. – 163 с.
3. ГОСТ 34702-2020. Пшеница хлебопекарная. Технические условия.

4. Конарев В. Г. Белки пшеницы. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
5. Краснов И.Н., Кравченко И.А., Кравченко Н.С. Биохимические характеристики зерна и биотехнология получения продуктов его переработки. Современная техника и технологии. – 2016. – №10 [Электронный ресурс].
6. Мелешкина Е.П. О новых подходах к качеству пшеничной муки // Контроль качества продукции. – 2016. – №11. – С.13-18.
7. Оценка селекционного материала по качеству продукции. Метод. указания для практических занятий / Новосиб. гос. аграр. ун-т; сост. О.В. Паркина. – Новосибирск, 2012. – 30 с.
8. Поляндова, Р.Д., Дремучева Г.Ф., Карчевская О.Е. Хлебопекарные свойства пшеничной муки, состояние, методы регулирования качества в производстве хлебобулочных изделий // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – №3. – С.8-10.
9. Пшеница и оценка ее качества. Пер. с англ. канд. биолог. наук Селивановой К.М. и Серебренного И.Н. Под ред. и с предисл. д-ра биол. наук проф. Козьминой Н.П. и засл. деятеля науки РСФСР проф. Любарского Л.Н. – М.: Колос, 1967. – 496 с.
10. Справочник по качеству зерна и продуктам его переработки / Б.М. Машков, В.Т. Тевосян. – М.: Колос, 1971. – 352 с.
11. Суднов П.Е. Повышение качества зерна пшеницы. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 96 с.
12. Туляков Д.Г., Мелешкина Е.П., Витол И.С. Биохимические и реологические свойства в оценке разных видов муки // Хлебопродукты. – 2017. – №6. – С.30-34.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЕНОТИПОВ ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Л.Р. Климова¹, Ф.З. Кадырова²

¹Татарский НИИ сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение
ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Российская Федерация;

²Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Российская Федерация,
e-mail: Li21@mail.ru

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования генотипов гречихи обыкновенной на продуктивность и адаптивную способность. Исследования проводились в 2019-2021 гг. на опытном поле Казанского ГАУ и в 2022 году на экспериментальной базе Татарского НИИСХ. Полученные результаты показывают, что наличие в популяции фасцированных форм повышает адаптивные признаки, а сортообразец К-990 сочетает в себе комплекс биологически-ценных качеств на адаптивность и стабильность урожая.*

***Ключевые слова:** гречиха, продуктивность, общая адаптивная способность, селекционная ценность генотипа, относительная стабильность генотипа, генотип*

PRODUCTIVITY AND ADAPTIVE CAPACITY OF BUCKWHEAT GENOTYPES IN THE CONDITIONS OF THE PRE-KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

L.R. Klimova¹, F.Z. Kadyrova²

¹Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation;

²Kazan State Agrarian University, Kazan, Russian Federation,
e-mail: Li21@mail.ru

***Abstract.** The paper presents the results of the study of genotypes of common buckwheat on productivity and adaptive capacity. The research was conducted in 2019-2021 at the experimental field of Kazan State Agricultural University and in 2022 at the experimental base of Tatar NIISKh. The results show that the presence of fasciated forms in the population increases the adaptive traits, and the varietal sample K-990 combines a complex of biologically-valuable qualities on adaptability and yield stability.*

***Keywords:** buckwheat, productivity, total adaptive capacity, breeding value of genotype, relative stability of genotype, genotype*

Введение. В последние десятилетия урожайность многих сельскохозяйственных культур заметно возросла, благодаря интенсивной селекционной работе. Однако в результате хозяйственной деятельности появились факторы, снижающие продуктивные качества сортов, в связи с отсутствием адаптивных механизмов регуляции процессов жизнедеятельности растений [1,2].

Гречиха обыкновенная является сельскохозяйственной культурой, урожайность которой сильно зависит от гидротермических условий в период вегетации [3,4].

К современным сортам сельскохозяйственных культур предъявляются все больше требований, которые нельзя реализовать без знаний об адаптивности и стабильности генотипа [5]. Поэтому, учитывая наблюдающуюся в районах Среднего Поволжья тенденцию изменения климатических условий, изучение и создание селекционно-ценных форм с высоким потенциалом адаптивности к условиям произрастания и стабильностью урожая в различных агроклиматических условиях приобретает все большую актуальность.

Цель работы – оценить продуктивность и показатели адаптивной способности и стабильности генотипов гречихи обыкновенной в условиях Предкамья Республики Татарстан.

Материалы и методы работы. Исследования проводились в 2019-2021 гг. на опытных полях Казанского ГАУ, в 2022 году – на опытных полях Татарского НИИСХ. Объектами изучения были три сорта селекции Татарского НИИ СХ, допущенных к возделыванию и перспективный сортообразец гречихи обыкновенной, в. т.ч.:

–Чатыр Тау – среднеранний сорт, выведенный многократным повторным индивидуально-семейным отбором фасцированных форм из сложно-гибридной популяции в направлении повышения скороспелости и засухоустойчивости;

–Батыр – выведен индивидуально-семейным отбором из гибридной популяции Молва х Казанская 309 в направлении повышения нектарной продуктивности растений и качества зерна;

–Яшьлек – среднеранний сорт, выведенный многократным семейственно-групповым отбором из материалов питомника фасцированных форм;

–К-990 – сложногибридная популяция, среднерослый морфобиотип с фасцированным изогнутым стеблем и крупными, плотными верхушечными соцветиями.

Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая. Обменный калий и подвижный фосфор определяли по Кирсанову, содержание которых варьировало в диапазоне 92 - 121 и 219 - 260 мг/кг почвы соответственно. Содержание гумуса изменялось от 3,6 до 4,0%. рН солевой вытяжки колебалась в пределах 6,3-6,6.

Площадь делянок 25 м², повторность четырехкратная, размещение вариантов опыта – систематическое.

Посев гречихи обыкновенной осуществляли сеялкой Wintersteiger рядовым способом с нормой высева 2,0 млн. штук всхожих семян на гектар, при оптимальном для гречихи прогревании почвы на глубине залегания семян и при стабильных суточных температурах воздуха. Технология обработки почвы и ухода за посевами – общепринятая для Республики Татарстан, учет урожая был произведен взвешиванием, после обмолота делянок. Статистическая обработка данных была выполнена в программе Excel 2016. Оценку адаптивной способности и стабильности генотипов проводили по А.В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой

Вегетационные периоды годов исследований характеризовались нестабильностью проявления гидротермических условий. Вегетация гречихи в 2021 году протекала в условиях острой почвенной и атмосферной засухи. Гидротермический коэффициент по Селянинову в период вегетации гречихи в среднем за вегетацию составил 0,29, свидетельствуя об острой воздушной и почвенной засухе. Особенно критические значения ГТК были в период формирования продуктивного стеблестоя (0,32), вегетативных органов (0,14), и период налива плодов (0,26).

В 2019 году гидротермический коэффициент в среднем за период вегетации был равен 1,46. Май и июнь этого года характеризовались дефицитом осадков. Июль и август по температурному режиму соответствовали среднепогодным данным, а по количеству выпавших осадков превзошли среднепогодные значения.

Вегетационный период 2020 года был достаточно влажным. На протяжении всего периода роста и развития растений гречихи количество выпавших осадков превышало среднепогодную норму, при этом температурный режим был на уровне среднепогодных данных.

Вегетационный период 2022 года был не типичным для Республики Татарстан. В мае отмечались низкие среднесуточные температуры, что сдвинуло посев зерновых в среднем на две недели. Остальной период вегетации гречихи обыкновенной характеризовался неустойчивым увлажнением и преобладанием среднесуточных температур над среднепогодными данными. Губительное воздействие высоких среднесуточных температур смягчили обильные осадки в фазу «цветение – начало плодообразования».

Таким образом гидротермические условия были контрастными как по годам, так и по критическим периодам формирования урожаев в разрезе лет, что позволяет дать объективную оценку параметрам адаптивного потенциала изучаемых сортов и стабильности их урожаев.

Результаты и обсуждение. Реакция генотипов гречихи на метеорологические условия по годам была различной (табл. 1).

Наименее засухоустойчивым оказался сорт Батыр, который сформировал 0,14 т/га в 2021 году (табл.1). Урожайность сортов, сформированных на основе вовлечения в состав популяций фасцированных форм была несколько выше.

В годы с оптимальной влажностью выделялись сорт Чатыр Тау и сортообразец К-990. В среднем за четыре года исследований максимальная урожайность зерна была получена на сорте Чатыр тау (2,11 т/га) и сортообразце К-990 (2,04 т/га).

Таблица 1 – Урожайность генотипов гречихи обыкновенной по годам, т/га

Вариант	Год исследования				Средняя за годы, т/га
	2019	2020	2021	2022	
Чатыр Тау	3,85	0,85	0,27	3,49	2,11
Яшьлек	1,80	1,17	0,27	3,27	1,63
Батыр	2,93	1,25	0,14	3,48	1,95
К-990	3,13	1,20	0,32	3,50	2,04
НСР _А	0,34				
НСР _В	0,34				
НСР _{АВ}	0,69				

Выявленные различия между эффектами генотипов по годам и их взаимодействия были подсчитаны параметры адаптивности и стабильности генотипов гречихи обыкновенной (табл. 2).

Таблица 2 – Параметры адаптивной способности и стабильности генотипов гречихи (2019 – 2022 г.г)

Вариант	Средняя урожайность по годам	Общая адаптивная способность	Специфическая адаптивная способность	Коэффициент нелинейности	Относительная стабильность генотипа, %	Селекционная ценность генотипа	Коэффициент компенсации
Чатыр Тау	2,11	0,18	1,63	0,086	77,06	0,97	1,47
Яшьлек	1,63	-0,31	1,14	0,200	70,10	0,82	0,72
Батыр	1,95	0,02	1,38	0,010	70,91	0,97	1,06
К-990	2,04	0,11	1,37	0,006	66,97	1,08	1,04

Под адаптивной способностью понимают способность генотипа поддерживать свойственное ему фенотипическое выражение признака в определенных условиях среды. Общая адаптивная способность генотипа характеризует среднее значение признака в различных условиях среды, анализ данных урожаев показал, что наибольшей общей адаптивностью обладают сорт Чатыр Тау (0,18) и сортообразец К-990 (0,11). Сорт Яшьлек оказался нестабильным по признаку урожайности по годам урожайность, общая адаптивная способность его составила минус 0,31. Выявлена высокая тесная связь между показателями продуктивности и стабильности ($r=0,91$). Специфическая адаптивная способность показывает отклонение общей адаптивной

способности по годам, наиболее высокой специфичной адаптивностью обладал сорт Чатыр Тау (1,63), однако его генотип был наиболее нестабильным в годы исследования (77,06%).

Коэффициент нелинейности показывает ответ генотипа на среду. Во всех исследуемых генотипов коэффициент нелинейности стремится к нулю, что указывает на линейный ответ генотипа на меняющиеся условия проведенных лет исследования.

Коэффициент компенсации выявляет стабильность генотипов. Практически на всех вариантах исследования коэффициент компенсации выше единицы, что свидетельствует о преобладании эффекта дестабилизации. Коэффициент компенсации меньше единицы был на варианте Яшьлек (0,72), что свидетельствует о наличии компенсирующей способности генотипа при взаимодействии генотип*год.

Наиболее ценным генотипом в исследованиях оказался сортообразец К-990. Обладая высокой общей адаптивной способностью, он оказался наиболее стабильным в годы исследования (66,97%), а селекционная ценность генотипа оказалась наиболее высокой (1,08).

Заключение. Наиболее адаптивными генотипами по годам оказались варианты Чатыр Тау и К-990. Наиболее ценным генотипом для вовлечения в селекционный процесс и создания сортов адаптированных к условиям Республики Татарстан, со стабильной по годам урожайностью, был сортообразец К-990.

Библиографический список:

1. Физиолого-генетические аспекты селекции гречихи на адаптивность / А. В. Амелин, А. Н. Фесенко, Ф. З. Кадырова [и др.]. – Орел: Издательство Картуш, 2021. 408 с. – ISBN 978-5-9708-0890-0.

2. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). М: Агрорус, 2004. 1109 с.

3. Кадырова Ф. З., Климова Л.Р., Кадырова Л.Р. О некоторых приемах оптимизации возделывания гречихи в засушливых условиях // Достижения науки и техники АПК. – 2019. Т. 33, № 5. С. 30-33. DOI 10.24411/0235-2451-2019-10507.

4. Никитина В.И., Вагнер В.В. Влияние метеорологических факторов на урожайность и продолжительность вегетационного периода сортов гречихи посевной в лесостепной зоне Южно-Минусинского округа// Вестник КрасГАУ. 2022. №5. С. 3-8. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-3-8.

5. Фесенко А.Н., Фесенко И.Н. Результаты селекции, динамика производства и ранок зерна гречихи (анализ многолетних данных)// Земледелие. 2017. №3. С. 24 – 26.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ф.Ф. Курмакаев, И.Д. Фадеева

ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия, e-mail: agronome131@mail.ru

Аннотация Объектом исследования являлись 17 сортов озимой мягкой пшеницы различного географического происхождения с целью выявления наиболее зимостойких и урожайных в условиях Предкамской зоны республики Татарстан. В среднем за два года изучения максимальные прибавки урожая зерна над стандартным сортом были получены у сортов ЭН Цефей (0,59 т/га), ЭН Альбирео (0,74 т/га), Ильвина (0,59 т/га), Универсиада (0,35 т/га). Доля влияния генотипа сорта на урожайность составила 42,7%, а метеоусловий – 51,3%.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, перезимовка, коэффициент кущения, масса зерна с колоса, урожайность

CHARACTERISTICS OF WINTER WHEAT VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTH OF THE MIDDLE VOLGA REGION

F.F. Kurmakaev, I.D. Fadeeva

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail: agronome131@mail.ru

Abstract. The object of the study was 17 varieties of winter soft wheat of various geographical origins in order to identify the most winter-hardy and productive in the conditions of the Pre-Kama zone of the Republic of Tatarstan. On average, over two years of study, the maximum increases in grain yield over the standard variety were obtained from the varieties EN Cepheus (0.59 t/ha), EN Albireo (0.74 t/ha), Ilvina (0.59 t/ha), Universiade (0.35 t/ha). The share of influence of the variety genotype on yield was 42.7%, and weather conditions - 51.3%.

Keywords: winter wheat, variety, overwintering, tillering factor, grain weight per ear, productivity

Введение. Республика Татарстан относится к зоне неустойчивого земледелия. Определяющим условием получения высоких урожаев озимой пшеницы является устойчивость сортов к зимнему стрессу, включающему в себя низкие температуры воздуха, недостаточный или избыточный снежный покров и длительность его залегания, выпревание, развитие снежной плесени. Приоритетным направлением селекции озимой пшеницы, как и других культур в регионе, остаётся повышение продуктивности в сочетании с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам [1, 2, 3]. С учетом нестабильности климата роль селекции в повышении продуктивности оценивается учеными в 30...70 %. В то же время в ходе селекции существует риск снижения генетического разнообразия сельскохозяйственных культур, причем в отношении пшеницы эти процессы особенно значительны [4, 5]. Адаптивный сорт – это сорт экологически пластичный, приспособленный к проявлению экстремальных внешних условий [6, 7, 8]. Если сорт не обладает генетической «гибкостью» к широкому спектру почвенно-климатических условий, то он не может противостоять действию различных биотических и абиотических стрессов [9, 10]. Районирование устойчивых сортов, которые способны обеспечить длительную защиту от местных популяций патогена, – наиболее эффективный, экономически и экологически оправданный способ защиты [11]. Цель исследований – выделить наиболее зимостойкие и урожайные сорта озимой пшеницы в условиях Предкамской зоны республики Татарстан.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований использовали 17 сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*), включенных в Государственный реестр сортов разрешенных к использованию, а также находящихся на Государственном сортоиспытании из различных селекционных центров России. Опыты закладывались на полях Татарского НИИСХ. Почва опытного участка – серая лесная. Содержание гумуса (по Тюрину) – 3,2...3,5 %, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 262...289 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) – 130...144 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки 5,2...5,4. Предшественник – чистый пар. Сроки посева – оптимальные для зоны. Площадь делянки 10 м². Повторность трехкратная. Схема опыта: фактор А – сорта; фактор Б – годы изучения.

Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (2014) и в пакете программ MS EXSEL.

Метеоусловия в период проведения исследований были контрастными по влагообеспеченности. В осенний период 2020 года растения успели хорошо раскуститься и набрать свыше 25 % растворимых углеводов за период осенней вегетации. В зимний период 2020-2021 складывались благоприятные условия для усиленного дыхания и развития снежной плесени за счет высокого снегового покрова. Возобновление вегетации озимой пшеницы в 2021 году отмечено во вторую декаду апреля. В третью декаду апреля пониженный температурный режим с ночными заморозками сдерживал отрастание озимых культур. Отмечено повреждение растений от выпревания и комплекса неблагоприятных погодных условий осенне-зимне-весеннего периода. Начиная с первой декады мая, температуры воздуха превышали среднемноголетние значения, что привело к отмиранию побегов кущения и изреживанию посевов. 1-3 июня отмечено начало колошения большинства районированных сортов, а 7-9 июня цветение – раньше среднемноголетних сроков (табл.1).

Таблица 1. Метеорологические условия весенне-летней вегетации озимой пшеницы, 2021 год

декады		Сумма температур выше +10 °С	Осадки, мм	ГТК	Фаза развития растений
май	I	-	11,0	0,45	Кущение
	II	128	0,0		Трубкование
	III	82	6,0		
июнь	I	77	0,0		
	II	112	3,0		Формирование зерновки
	III	176	7,5		Налив зерна
июль	I	123	0,0		Восковая спелость
	II	137	10,0		Полная спелость
сумма		835	37,5		

В первую декаду июня наблюдалось понижение относительной влажности воздуха в дневные часы до 30 % и менее. Но растения озимой пшеницы за счет развитой корневой системы еще справлялись с дефицитом доступной влаги. Во вторую декаду июня (в период формирования зерновки) флаговый лист растений пшеницы в дневной период сворачивался в трубку и терял тургор, что свидетельствовало о стрессе растений. В третью декаду июня достигнуты критерии опасного агрометеорологического явления «атмосферная засуха» и «почвенная засуха», что привело к преждевременному отмиранию нижнего яруса листьев и резкому сокращению периода налива зерна. Сохранение в течение длительного периода очень высокого температурного режима в сочетании с дефицитом осадков делали крайне напряжёнными условия для формирования урожая озимой пшеницы. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы составил 0,45. Созревание зерна озимой пшеницы произошло на две недели ранее среднемноголетних сроков –12...14 июля.

В осенний период 2021 года растения озимой пшеницы успели хорошо раскуститься и набрать свыше 30 % растворимых углеводов за период осенней вегетации. Прекращение вегетации озимых культур отмечено 25 октября при среднемноголетних значениях 4-16 октября. В зимний период складывались благоприятные условия для усиленного дыхания и развития снежной плесени. Весной 2022 года возобновление вегетации озимой пшеницы отмечено во вторую декаду апреля. В третью декаду апреля сложились благоприятные метеоусловия с большим количеством осадков для отрастания корневой системы и формирования дополнительных побегов кущения (табл.2). В период летней вегетации метеоусловия благоприятствовали получению высоких урожаев зерна озимой пшеницы.

Таблица 2. Метеорологические условия весенне-летней вегетации озимой пшеницы, 2022 год

Декады		Сумма температур свыше +10 °С	Осадки, мм	ГТК	Фаза развития растений	
апрель	III	41	23	1,23	Кущение	
май	I	62	6		Трубкование	
	II	48	48		Колошение	
	III	71	6		Цветение	
июнь	I	175	14		Формирование зерновки	
	II	184	7		Налив зерна	
	III	175	6		Восковая спелость	
июль	I	199	-		Полная спелость	
	II	219	61			
	III	240	3			
сумма		1414	174			

Результаты и обсуждение. Степень перезимовки оценивали по количеству отрастающих побегов через две недели после начала вегетации растений. Анализ данного показателя выявил сорта с наибольшим процентом выживших побегов (табл. 3).

Таблица 3. Перезимовка сортов экологического сортоиспытания (%), 2021-2022 гг.

Сорт (фактор А)	Год (фактор В)		Среднее значение	+- к стандарту
	2021	2022		
Казанская 560 - стандарт	77	85	81,0	-
Универсиада	83	88	85,5	4,5
Султан	85	88	86,5	5,5
Ильвина	79	90	84,5	3,5
Московская 39	76	85	80,5	-0,5
Безенчукская 380	79	84	81,5	0,5
Умка	78	80	79,0	-2,0
ЭН Тайгета	70	75	72,5	-8,5
ЭН Альбирео	76	82	79,0	-2,0
ЭН Цефей	82	85	83,5	2,5
ЭН Фотон	78	83	80,5	-0,5
Скипетр	78	91	84,5	3,5
Льговская 4	76	92	84,0	3,0
Бирюза	75	88	81,5	0,5
Эстафета	67	76	71,5	-9,5
Аленушка	79	82	80,5	-0,5
Миг	71	74	72,5	-8,5
Среднее значение	77	84	80,5	-0,5
НСР по А=3,6; НСР по В=1,88; НСР по АВ=1,51				

В среднем за два года максимальный процент выживших растений отмечен у сортов Универсиада (85,5%), Ильвина (84,5%) и сорта Султан (86,5%). Менее высокий уровень зимостойкости в условиях республики Татарстан показали сорта Эстафета (71,5%) и ЭН Тайгета (72,5%). В среднем по изучаемым сортам в 2021 году количество выживших побегов составило 77%; в 2022 году – 84%. В 2021 г максимальное кущение 2,8 побега на растение было получено у сортов Султан, ЭН Цефей, Скипетр и Бирюза. В 2022 году в период весеннего отрастания и кущения озимой пшеницы складывались благоприятные метеоусловия для формирования дополнительных побегов кущения: максимальное продуктивное кущение было отмечено у сорта ЭН Цефей (4,5 побега), минимальное у сорта ЭН Тайгета (2,8 побега).

Сорта экологического сортоиспытания различались по высоте растения и морфотипу (табл. 4). Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Triticum L.* (1984) сорта ЭН Тайгета, Альбирео, ЭН Фотон, Миг, Эстафета могут быть отнесены к группе низкорослых сортов (51-80 см). Остальные изучаемые сорта (кроме сорта Султан) относятся к группе среднерослых с высотой растений 81-110 см. Наиболее высокорослым среди изучаемых сортов был сорт Султан, а самым низкостебельным сорт ЭН Тайгета. По результатам дисперсионного анализа высота растений на 95% определялась генотипом сорта и только на 4,5% - условиями в годы изучения. В засушливом 2021 году в среднем по сортам высота растений на 8,9% была ниже, чем во влажном 2022 году.

В условиях 2021 года количество колосков в колосе колебалось от 15 до 18 штук и от 20 до 24 штук в 2022 году. В среднем за 2 года изучения наибольшее количество колосков в колосе (20-21 шт.) было сформировано у сортов Ильвина, ЭН Альбирео, ЭН Цефей, Миг, Универсиада, Умка, ЭН Тайгета, Скиперт, Льговская 4 (табл.4).

Таблица 4. Высота растения и количество колосков в колосе у сортов экологического сортоиспытания

Сорт	Высота растения, см			Количество колосков колосе, шт.		
	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее
Казанская 560	102	109	105,5	18	20	19,0
Универсиада	97	103	100,0	19	22	20,5
Султан	104	114	109,0	18	20	19,0
Ильвина	85	89	87,0	19	22	20,5
Московская 39	98	105	101,5	19	20	19,5
Безенчукская 380	99	106	102,5	18	20	19,0
Умка	100	108	104,0	18	21	19,5
ЭН Тайгета	63	67	65,0	19	23	21,0
ЭН Альбирео	76	84	80,0	19	25	22,0
ЭН Цефей	77	88	82,5	19	24	21,5
ЭН Фотон	72	82	77,0	18	21	19,5
Скипетр	80	90	85,0	19	23	21,0
Льговская 4	78	85	81,5	18	23	20,5
Бирюза	82	91	86,5	18	21	19,5
Эстафета	74	78	76,0	18	21	19,5
Аленушка	99	105	102,0	18	22	20,0
Миг	68	78	73,0	18	23	20,5
Среднее значение	85,5	93,1	89,3	18,4	21,8	20,1
	НСР по А=2,40 ; НСР по В= 0,83; НСР по АВ= 0,15			НСР по А=1,71; НСР по В= 0,58; НСР по АВ= 0,12		

Благоприятные условия вегетации в 2022 году привели к увеличению количества колосков в колосе на 18,6% в среднем по изучаемым сортам по сравнению с 2021 годом. При наступлении засушливых условий вегетации в 2021 году в большей степени снизили количество колосков в колосе сорта ЭН Альберико (на 24,0%), ЭН Цефей (на 20,8%), Льговская 4 (на 21,7%), Миг (на 21,7%) по сравнению с благоприятным 2022 годом.

Число зерен в колосе представляет значительный интерес для характеристики сорта. Озерненность колоса в среднем сортам составила в 2021 году 39,9 зерен, а в 2022 году увеличилась на 16,2% и достигла 47,6 штук зерен в колосе (табл.5). Максимальное количество зерен в колосе было получено у сорта Цефей в 2021 году – 43,6 шт., минимальное у сорта Умка – 37,2 шт. Наибольшей отзывчивостью по данному показателю на улучшение условий возделывания выделились сорта ЭН Альбирео (27,8%), Льговская 4 (23,6%), ЭН Цефей (22,9%), Миг (22,7%), ЭН Фотон (22,1%). С другой стороны, данные сорта оказались менее засухоустойчивыми, так как в большей степени снижали озерненность колосьев при наступлении засушливых условий вегетации.

Одним из важнейших элементов структуры урожая является масса зерна с колоса. Как видно из таблицы 5, сорта существенно различались по данному показателю. Масса зерна с колоса варьирует в зависимости от сорта и года испытания. Наибольшими значениями массы зерна с колоса выделялись сорта ЭН Альберико (2,20 г), ЭН Цефей (2,13 г), Бирюза (1,93 г), ЭН Ильвина (1,89 г), Фотон (1,87 г), Скипетр (1,83 г), ЭН Тайгета (1,81 г).

Наибольшие прибавки при улучшении условий влагообеспеченности были получены у сортов ЭН Фотон (27,3%), Миг (20,0%), Бирюза (20,0%).

Таблица 5 – Изменение озерненности и массы зерна с колоса у сортов экологического испытания

Сорт	Количество зерен, шт.			Масса зерна с колоса, г		
	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее
Казанская 560	39,5	45,2	42,35	1,60	1,92	1,76
Универсиада	39,2	47,2	43,2	1,62	1,95	1,78
Султан	40,0	46,9	43,45	1,55	1,86	1,70
Ильвина	39,0	47,3	43,15	1,72	2,05	1,89
Московская 39	41,1	46,8	43,95	1,63	1,89	1,76
Безенчукская 380	39,1	46,5	42,8	1,70	1,85	1,78
Умка	37,2	45,5	41,35	1,57	1,78	1,68
ЭН Тайгета	40,0	48,1	42,65	1,70	1,92	1,81
ЭН Альбирео	41,0	52,4	46,7	2,10	2,3	2,20
ЭН Цефей	43,6	53,6	46,8	2,05	2,20	2,13
ЭН Фотон	41,2	50,3	45,75	1,65	2,10	1,87
Скипетр	40,0	46,6	43,3	1,68	1,98	1,83
Льговская 4	39,0	48,2	43,6	1,52	1,78	1,65
Бирюза	40,2	49	46,3	1,75	2,1	1,93
Эстафета	39,8	45,8	42,8	1,64	1,85	1,75
Аленушка	38,0	40	39	1,58	1,86	1,72
Миг	41,0	50,3	45,6	1,60	1,92	1,76
Среднее значение	39,9	47,6	43,8	1,70	2,00	1,80
НСР ₀₅	НСР по А= 4,1; НСР по В= 1,4; НСР по АВ= 1,2			НСР по А= 0,12; НСР по В=0,04; НСР по АВ= 0,08		

Интегральным показателем характеристики сорта является его урожайность. В засушливом 2021 году урожайность озимой пшеницы варьировала от 3,06 т/га (Эстафета) до 3,98 т/га (ЭН Альбирео), а в условиях 2022 года от 3,65 т/га (Эстафета) до 5,33 т/га (ЭН

Альбирео) (табл.6). В среднем по сортам урожайность увеличилась в 2022 году на 0,87 т/га или 25,3%. В засушливом 2021 году по урожайности выделились сорта ЭН Альбирео (3,98 т/га), Ильвина (3,92 т/га), Султан (3,82 т/га). Максимальную урожайность во влажном 2022 году показали сорта интенсивного типа ЭН Цефей (5,27 т/га), ЭН Альбирео (5,13 т/га), Льговская 4 (5,10 т/га), Ильвина (4,90 т/га). Максимальную прибавку урожая в 2022 году по сравнению с 2021 годом показали сорта ЭН Цефей (48,8%), Льговская 4 (47,4%), Скипетр (41,9%), ЭН Тайгета (32,1%). В среднем за два года изучения максимальные прибавки урожая зерна над стандартным сортом были получены у сортов ЭН Цефей (0,59 т/га), ЭН Альбирео (0,74 т/га), Ильвина (0,59т/га), Универсиада (0,35 т/га).

Таблица 6. Урожайность сортов экологического сортоиспытания, т/га

Сорт (фактор А)	год (Фактор В)			
	2021	2022	Среднее значение	Прибавка к стандарту, т/га
Казанская 560 -стандарт	3,61	4,03	3,82	
Универсиада	3,80	4,53	4,17	0,20
Султан	3,82	4,1	3,96	-0,01
Ильвина	3,92	4,9	4,41	0,44
Московская 39	3,52	4	3,76	-0,21
Безенчукская 380	3,16	4,11	3,64	-0,34
Умка	3,12	4,2	3,66	-0,31
ЭН Тайгета	3,18	4,2	3,69	-0,28
ЭН Альбирео	3,98	5,13	4,56	0,59
ЭН Цефей	3,54	5,27	4,41	0,43
ЭН Фотон	3,40	4,6	4,00	0,03
Скипетр	3,31	4,7	4,01	0,03
Льговская 4	3,46	5,1	4,28	0,31
Бирюза	3,42	4,08	3,75	-0,22
Эстафета	3,06	3,45	3,26	-0,72
Аленушка	3,45	3,62	3,39	-0,59
Миг	3,18	3,80	3,49	-0,48
Среднее значение	3,47	4,34	3,90	-0,07
НСР ₀₅ по А=0,49; НСР ₀₅ по В=0,16; НСР ₀₅ по АВ=0,16				

Корреляционный анализ показал наличие умеренной положительной связи урожайности с продуктивной кустистостью ($r=0,51$ в 2021 году и $r=0,68$ в 2022 году); с количеством зерен в колосе ($r=0,55$ в 2021 году и $r=0,64$ в 2022 году) и с весом зерна с колоса ($r=0,53$ в 2021 году и $r=0,61$ в 2022 году). В условиях весенне-летней вегетации 2021 года практически отсутствовала корреляция между высотой растений изучаемых сортов и урожаем зерна ($r= 0,02$). Во влажном 2022 году данная корреляция стала слабой отрицательной $r= - 0,22$. Проведенный дисперсионный анализ показал, что доля влияния фактора А (генотип сорта) на урожайность составляет 42,7%, а фактора В (год) – 51,3%.

Заключение. Испытание сортов озимой пшеницы в контрастные по метеоусловиям годы позволило выделить лучшие из них по комплексу признаков. По результатам дисперсионного анализа высота растений на 95% определялась генотипом сорта и только на 4,5% - условиями в годы изучения. В среднем за два года изучения максимальные прибавки урожая зерна над стандартным сортом были получены у сортов ЭН Цефей (0,59 т/га), ЭН Альбирео (0,74 т/га), Ильвина (0,59т/га), Универсиада (0,35 т/га).

Корреляционный анализ показал наличие умеренной положительной связи урожайности с продуктивной кустистостью ($r=0,51$ в 2021 году и $r=0,68$ в 2022 году); с количеством зерен в

колосе ($r=0,55$ в 2021 году и $r=0,64$ в 2022 году) и с весом зерна с колоса ($r=0,53$ в 2021 году и $r=0,61$ в 2022 году).

Проведенный дисперсионный анализ показал, что доля влияния генотип сорта на урожайность составляет 42,7%, а метеоусловий в период вегетации (год изучения) – 51,3%.

Библиографический список

1. Торбина И.В., Фардеева И.Р. Адаптивность коллекционных образцов озимой пшеницы к условиям Среднего Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – №2 (62): 43-48. DOI 10.12737/2073-0462-2021-43-48.
2. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В., Чегунова А.В. Оценка урожайности перспективных линий сои селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №6 (54). – С. 27-29.
3. Захаров В.Г., Мишенькина О.Г. Адаптивные свойства новых сортов овса в условиях средневожского региона // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4. – С. 100-107.
4. Дёмина Е.А., Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Муллаянова О.С., Чекмасова К.Ю. Источники ценных признаков для селекции яровой мягкой пшеницы в Среднем Поволжье // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 4(60). – С.21-26. DOI 10.12737/2073-0462-2021-21-26.
5. Smith S., Bubeck D., Nelson B. et al. Genetic diversity and modern plant breeding // Genetic diversity and erosion in plants. Indicators and prevention. – Switzerland: International Publishing, 2015. – P. 55–88.
6. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М.: РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с.
7. Юсова О.А., Николаев П.Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. № 2. – С. 24-28.
8. Волкова Л. В., Гирёва В. М. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности и адаптивным свойствам // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 4(59). – С. 19-23.
9. Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю., Мальцева Л. Т., Дробот И. А., Катаева Н. В. Анализ погодных условий в связи с возделыванием озимой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. – № 1(65). – С. 32-37. DOI 10.12737/2073-0462-2022-32-37.
10. Ионова Е. В., Газе В. Л., Некрасов Е. И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3. – С. 19–21.
11. Manukyan I.R., Miroshnikova E.S. Comprehensive assessment of the breeding material of winter wheat for resistance to moisture deficiency and productivity. [Internet]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 547. 012022 p. [cited 2021, March 03]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/1/012022>.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Ю.В. Малафеева, В.И. Блохин, И.Ю. Никифорова, Г.Р. Саубанова

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: malxp@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные о влиянии 2-х фонов минерального питания: 1 – контроль (без удобрений) и 2 – фон N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀ на физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя (масса 1000 зерен, натурная масса и крупность). Дисперсионным анализом экспериментальных данных за 2022-2023 гг. установлены достоверные различия средние сортовых значений показателей физико-механических свойств зерна на двух фонах. Корреляционным анализом экспериментальных данных установлена достоверная прямая зависимость урожайности зерна от массы 1000 зерен ($r=0,48$) и крупности ($r=0,56$).

Ключевые слова: яровой ячмень, физико-механические свойства зерна, минеральные удобрения, урожайность

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GRAIN OF SPRING BARLEY VARIETIES

Y.V. Malafeeva, V.I. Blokhin, I.Yu. Nikiforova, G.R. Saubanova

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail: malxp@mail.ru

Abstract. The paper presents data on the influence of 2 mineral nutrition backgrounds: 1 - control (without fertilizers) and 2 - background N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀ on physical and mechanical properties of spring barley grain (1000 grain weight, bulk weight and coarseness). The variance analysis of experimental data for 2022-2023 established reliable differences of average varietal values of physical and mechanical properties of grain on two backgrounds. Correlation analysis of experimental data established a reliable direct dependence of grain yield on the weight of 1000 grains ($r=0.48$) and coarseness ($r=0.56$).

Key words: spring barley, physical and mechanical properties of grain, mineral fertilizers, grain yield

Введение. Анализ литературных источников свидетельствует, что одним из основных агротехнологических приёмов, влияющих на физико-механические свойства зерна ярового ячменя является внесение полного минерального удобрения [1,2,3]. В зависимости от выбора сорта, агроклиматической зоны возделывания, внесение различных доз полных минеральных удобрений увеличивает массу 1000 зерен на 1,8 г., натурную массу на 33,0 г/л и крупность на 8% [4,5,6]. В свою очередь, физико-механические свойства зерна определяют химические, технологические, биологические показатели. N. Markova Ruzdik et al. [7] и A. Fadel et al. [8] приводят данные о значительном и положительном коэффициенте корреляции между урожайностью зерна ярового ячменя и массой 1000 зерен. На территории РФ от 40,9 до 77,4% колебаний урожайности зерна ярового ячменя вызывается колебаниями массы 1000 зерен [9,10]. Учитывая вышеизложенное, цель исследования – выявить влияние полных минеральных удобрений на физико-механические свойства зерна ярового ячменя и установить зависимость урожайности зерна от физико-механических свойств.

Материалы и методы исследования. Экспериментальная работа проведена в 2022-2023 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, расположенных в Пред-

камской зоне РТ. Объект исследования – зерно 16 сортов ярового ячменя. Технология возделывания общепринятая в РТ. Использовали два фона питания: 1– контроль (без удобрений); 2 – минеральный N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀. В период вегетации отмечали календарные даты основных фенологических фаз развития растений: «всходы», «колошение», «полная спелость». Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ, расположенной в с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района. Для классификации типов увлажнения межфазного периода использовали разработанную шкалу для условий Республики Татарстан (Шайтанов, Тагиров, 2018). Массу 1000 зерен определяли ГОСТ 10842-89, натуральную массу зерна – ГОСТ 10840-2017, крупность – ГОСТ 30483-97. Крупность зерна, выраженную в «‰», преобразовывали в «угол-арксинус $\sqrt{\text{процент}}$ ». Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.08, РАСХН, 1999).

Результаты исследований. Межфазные периоды «всходы-колошение» 2022-2023 гг. характеризовались как сильно засушливые (ГТК=0,60 и 0,66 соответственно) (табл. 1).

Таблица 1. Характер увлажнения межфазных периодов вегетации растений ярового ячменя на основе индексов ГТК, 2022-2023 гг.

Год	всходы-колошение	колошение-полная спелость	всходы-полная спелость
2022	0,49	0,67	0,60
2023	0,87	0,83	0,66

Примечание: классификация типов увлажнения межфазных периодов вегетации на основе индексов ГТК для РТ: 0,5 и менее – сухой; 0,6-0,7– сильно засушливый; 0,8-0,9 – засушливый; 1,0-1,2 – слабо засушливый; 1,3-1,5 – влажный; 1,6 и более – избыточно влажный

Дисперсионным анализом экспериментальных данных за 2022-2023 гг. установлены достоверные на 5% уровне значимости различия средние сортовых значений показателей физико-механических свойств зерна на двух фонах (табл. 2 и 3). В 2022 г. средние сортовая масса 1000 зерен, натурная масса и крупность на фоне N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀ составили 52,6 г...715,1 г/л...88,6% соответственно, что на 3,5 г...11,9 г/л...6,6% больше, чем на контроле. В 2023 г. средние сортовая масса 1000 зерен, натурная масса и крупность на фоне N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀ составили 44,8 г...673,1 г/л...80,8% соответственно, что на 3,9 г...19,2 г/л...27,6% больше, чем на контроле.

Таблица 2. Физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя, 2022 г.

Сорт	Масса 1000 зёрен, г		Натурная масса зерна, г/л		Крупность, %		Урожайность зерна, т/га	
	конт-роль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀	конт-роль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀	конт-роль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀	конт-роль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀
Финист	46,8	47,8	720,1	720,2	84,8	86,7	2,32	4,12
Раушан	47,3	48,5	691,3	720,9	79,6	87,3	2,53	4,16
Нур	51,0	52,9	678,6	701,7	80,6	89,4	2,06	4,31
Камашевский	52,0	53,7	711,1	713,9	90,3	94,2	2,94	4,88
Орлан	53,6	56,6	704,4	716,6	87,9	89,7	3,03	5,33
Лаишевский	48,9	55,1	692,5	699,5	78,8	88,7	2,23	4,99
Деспина	53,8	55,7	698,9	718,2	90,3	93,9	2,45	3,97
Памяти Чепелева	46,1	49,4	682,9	690,0	73,9	80,8	3,06	5,57
Фортуна	50,1	55,7	696,6	715,7	77,4	88,7	2,16	4,78
Надежный	46,2	50,0	718,4	725,1	79,2	89,8	2,38	5,16
Фандага	51,1	55,8	707,9	729,8	81,7	93,4	1,96	4,74
Эндан	46,4	56,9	713,3	716,2	85,6	87,4	2,98	5,49
Корнет стойкий	56,2	56,5	704,5	708,9	89,4	92,5	2,29	5,44
Орда	45,6	52,2	729,6	732,7	77,3	86,8	3,53	5,98

Тевкеч	40,9	44,3	691,0	716,2	70,3	81,1	2,93	4,83
Вакула	49,4	50,3	709,7	715,8	84,9	87,5	2,54	4,10
среднее	49,1	52,6	703,2	715,1	82,0	88,6	2,59	4,87
НСР ₀₅	2,8		9,1		3,2		0,38	
F факт.	6,70		7,20		14,53		147,24	
Доля влияния, %	18,3		19,4		32,0		83,1	

Таблица 3. Физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя, 2023 г.

Сорт	Масса 1000 зёрен, г		Натурная масса зерна, г/л		Крупность, %		Урожайность зерна, т/га	
	кон-троль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀	кон-троль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀	кон-троль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀	кон-троль	N ₅₄ P ₅₂ K ₅₂ S ₂₀
Финист	42,6	43,2	691,7	695,7	83,4	84,1	2,27	3,56
Раушан	43,6	47,2	693,2	699,5	59,3	92,0	2,21	3,78
Нур	41,4	49,1	651,7	690,3	75,4	87,8	2,19	4,46
Камашевский	47,2	51,0	693,9	698,4	93,0	95,3	2,25	4,06
Орлан	43,2	45,4	671,4	684,6	74,4	92,6	2,24	3,91
Лаишевский	40,1	41,3	634,6	672,3	42,6	76,8	1,95	3,71
Деспина	42,2	46,4	647,0	649,6	54,4	88,9	1,96	4,27
Памяти Чапелева	35,3	39,4	602,7	656,7	24,1	80,6	2,08	4,28
Фортуна	42,3	45,9	637,4	643,7	39,2	71,5	1,97	4,39
Надежный	35,3	40,0	664,4	691,3	29,0	67,8	2,08	3,88
Фандага	37,3	42,7	625,3	643,2	40,4	72,7	2,17	3,61
Эндан	45,5	49,50	641,5	666,8	46,7	81,6	1,88	3,30
Корнет стойкий	40,7	49,0	643,1	653,2	36,1	82,0	2,19	3,96
Орда	38,3	41,5	651,1	665,7	43,2	82,0	2,13	3,60
Тевкеч	34,7	38,4	645,4	676,1	38,8	59,2	2,49	4,02
Вакула	43,9	46,7	668,3	682,2	71,4	77,2	2,71	4,66
среднее	40,9	44,8	653,9	673,1	53,2	80,8	2,17	3,97
НСР ₀₅	2,8		16,4		7,6		0,22	
F факт.	7,85		5,70		22,56		281,44	
Доля влияния, %	20,7		16,0		42,9		90,4	

Доля влияния минеральных удобрений на массу 1000 зерен, натурную массу и крупность зерна сортов ярового ячменя в зависимости от года изучения составила 18,3-20,7...19,4-16,0...32,0-42,9% соответственно.

Урожайность зерна в 2022-2023 гг. на фоне N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀ составила 4,87 и 3,97 т/га, что на 2,28 и 1,80 т/га больше, чем на контроле. Корреляционным анализом экспериментальных данных за 2022-2023 гг. установлена достоверная на 5% уровне значимости прямая зависимость урожайности зерна от массы 1000 зерен ($r=0,48$) и крупности ($r=0,56$). Судя по величине коэффициента детерминации 23% и 31,4% колебаний в урожайности зерна вызывается колебаниями массы 1000 зёрен и крупности зерна соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Зависимость урожайности сортов ярового ячменя от физико-механических свойств зерна

Зависимость	r - коэффициент корреляции	d=r ² - коэффициент детерминации
урожайность - масса 1000 зёрен	0,48•	23,0
урожайность - натурная масса зерна	0,16	2,6
урожайность - крупность	0,56•	31,4

Примечание: символом «•» выделены коэффициенты корреляции существенные при уровне значимости 5%

Заключение. В Предкамской зоне Республики Татарстан в сильно засушливых условиях периода вегетации:

1. Внесение полных минеральных удобрений достоверно повышает средне сортовую массу 1000 зерен на 3,5-3,9 г, натурную массу на 11,9-19,2 г/л и крупность на 6,6-27,6% в сравнении с контролем.

2. Установлена достоверная прямая зависимость урожайности зерна сортов ярового ячменя от массы 1000 зерен ($r=0,48$) и крупности ($r=0,56$). Судя по величине коэффициента детерминации 23% и 31,4% колебаний в урожайности зерна вызывается колебаниями массы 1000 зёрен и крупности зерна соответственно.

Библиографический список

1. Артемьев А.А., Гурьянов А.М. эффективность технологий применения минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24. № 4. – С. 636-645. DOI:10.30766/2072-9081.2023.24.4.636-645
2. Левакова О.В., Гладышева О.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность нового сорта ярового ячменя Знатный в Нечерноземной зоне РФ // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 4(76). – С.86-90. DOI:10.31367/2079-8725.2021-76-4-86-90
3. Гаврилова А.Ю., Чернова Л.С., Завалин А.А. Влияние сложных минеральных удобрений и биопрепарата «Бисолбифит» на урожайность и качество зерна ярового ячменя // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 3-5. DOI:10.25680/s19948603.2019.109.01
4. Брескина Г.М., Кузнецов А.В., Чуян Н.А. Урожайность ячменя и подсолнечника при использовании биопрепаратов и минеральных удобрений // Агротехнический вестник. – 2019. – № 5. – С. 41-43. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10073
5. Прокина Л.Н., Пугаев С.В. применение макро и микроудобрений в посевах ячменя в полевом севообороте на черноземе выщелоченном // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24. № 3. – С. 440-447. DOI:10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447
6. Закабунина Е.Н., Кабачкова Н.В., Кораблина Л.Е., Ольховая О.С. Влияние удобрений на урожайность ячменя ярового в условиях Тульской области // Вестник Российского Государственного Аграрного Заочного университета. – 2021. – № 36 (41). – С. 24-29.
7. N. Markova Ruzdik, D.Valcheva, D.Vulchev, Lj. Mihajlov, I. Karov, V. Ilieva Correlation between grain yield and yield components in winter barley varieties // AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. – 2015. – v. 7. no 1. – pp. 40-44
8. A. Fadel, Z. Abdulhamed, Sh. Yousif Study correlation and path coefficient analysis for barley under seed pates // Anbar Journal of Agricultural Science. – 2022. – v. 20. no 2. – pp. 456-470. DOI:10.32649/ajas.2022.176637
9. Левакова О.В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – Т. 23. № 3. – С. 327-333. DOI:10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333
10. Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Изменчивость селекционно-ценных признаков ярового ячменя // Сибирский Вестник Сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49. № 4. – С.17-23. DOI:10.26898/0370-8799-2019-4-2

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОРТООБРАЗЦОВ ФЕСТУЛОЛИУМА
В ПИТОМНИКЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ
В УСЛОВИЯХ СТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА**

Е.Ю. Неменушчая, С.В. Сапрыкин, О.Н. Любцева

Воронежская ОС по многолетним травам – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р.Вильямса»,
г. Павловск, Россия, e-mail: gnu@bk.ru

***Аннотация:** Представлены результаты комплексной оценки селекционных сортов фестулолиума в питомнике предварительного сортоиспытания. По комплексу ценных признаков выделены перспективные образцы, которые в дальнейшем будут изучаться в питомнике конкурсного сортоиспытания*

***Ключевые слова:** фестулолиум, многолетние травы, зеленая масса, сухое вещество, урожайность семян*

**RESULTS OF EVALUATION OF FESTULOLIUM VARIETIES IN A PRELIMINARY
VARIETAL TESTING NURSERY IN THE CONDITIONS OF THE STEPPE
OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION**

E.Y. Nemenuschaya, S.V. Saprykin, O.N. Lyubtseva

Voronezh OS for perennial grasses - branch of the Federal Scientific Center
"VIK im. V.R. Williams", Pavlovsk, Russia, e-mail:gnu@bk.ru

***Annotation:** The results of a comprehensive assessment of Festulolium breeding varieties in a preliminary variety testing nursery are presented. Based on a set of valuable traits, promising samples have been identified, which will be further studied in the competitive variety testing nursery*

Keywords: festulolium, perennial grasses, green mass, dry matter, seed yield

Введение. В последнее время все большее значение приобретают новые виды кормовых культур, отличающиеся более высокой и стабильной урожайностью, долголетием, зимостойкостью, по сравнению с традиционными видами. Одним из таких видов является фестулолиум – это межродовой гибрид овсяницы (*Festuca*) и райграса (*Lolium*) [1]. Данная культура подходит для выращивания, как в луговом, так и полевом севооборотах, в различных регионах РФ. Ее широко используют не только в кормопроизводстве, но и в агроландшафтном озеленении.

Искусственно созданный межродовой гибрид фестулолиум является лучшей кормовой культурой, обладающей высокой энергетической и протеиновой питательностью, которую можно использовать на зеленый корм, при создании культурных сенокосов и пастбищ. Преимущества этой новой перспективной культуры: хорошая отавность, повышенное содержание сахаров, а также высокая устойчивость к неблагоприятным условиям среды [2-4].

Целью наших исследований являлась предварительная оценка сортов образцов в селекционном питомнике по комплексу хозяйственно-ценных признаков и отбор лучших из них для проведения конкурсного сортоиспытания.

Материалы и методы. Исследования проводились в селекционном питомнике фестулолиума с 2020 по 2023 гг., на базе опытных полей Воронежской опытной станции по многолетним травам ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», в соответствии с общепринятыми методиками [5]. Объектами исследований были 15 сортов образцов фестулолиума. За стандарт был взят сорт фестулолиума ВИК 90. Включен в Госреестр по РФ с 1997 года. Сорт рекомендован для интенсивного полевого кормопроизводства. Средняя урожайность семян 6-8 ц/га, сбор сухого

вещества составляет 14 т/га. Обладает высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью, слабо поражается болезнями и вредителями.

Для закладки питомника был выбран участок с типичными для зоны окультуренными, плодородными почвами и выровненным рельефом, в луговом севообороте в прирусловой части поймы реки Осередь. Луговой участок хорошо дренирован, уровень грунтовых вод с весны опускается ниже двух метров, длительность затопления по годам колеблется от 0 до 30 дней. Почва участка пойменная, погребенная с маломощными карбонатными наносами, тяжелосуглинистая с содержанием в пахотном слое гумуса 4,06 – 4,10 % (по Тюрину), подвижного фосфора 4 мг, калия 32 мг на 100 гр. почвы (по Мачигину). Мощность гумусового горизонта до 1 м. Реакция рН водной вытяжки верхнего горизонта почвы 7,0.

Посев проводили в начале апреля широкорядным способом, вручную. Учетная площадь делянки – 5 м², размещение делянок систематическое, повторность двукратная. Предшественник – чистый пар.

Климат степной зоны Воронежской области характеризуется, как умеренно континентальный с холодной зимой и теплым (часто засушливым и жарким) летом. Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 180 – 200 дней, в этот период можно ежегодно наблюдать от 10 до 20 дней засухи. В среднем сумма осадков за вегетационный период по среднемноголетним показателям составляет 292 мм, при сумме активной температуры 2600–3000 °С.

Результаты и обсуждение. За годы исследований (2020-2023 гг.), по данным метеостанции Воронежской ОС по многолетним травам, гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода значительно изменялся, варьируя от 0,3 – острозасушливые условия до 1,0 – слабозасушливые условия (рис.1).

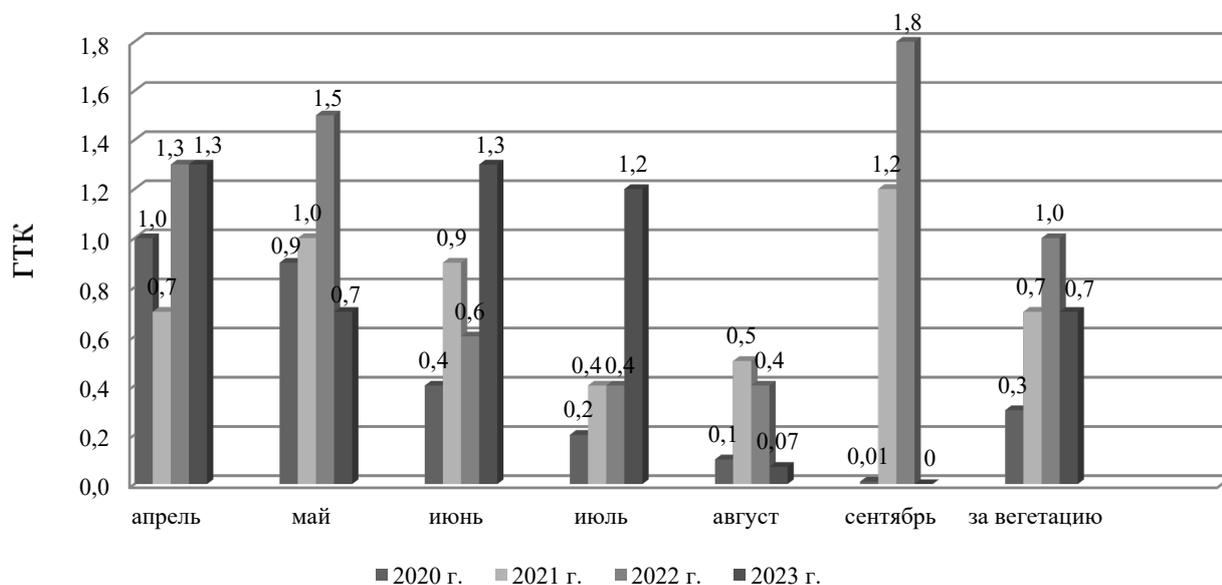


Рисунок 1 Гидротермический коэффициент вегетационного периода (2020-2023гг.)

В первый год жизни (г. ж.) растений (2020 г.) начало всходов было отмечено 29 апреля, а полная всхожесть – 5 мая. Весеннее отрастание с 2021 по 2023 гг. отмечено 6 апреля.

В среднем за четыре года исследований в селекционном питомнике межфазный период «начало отрастания – цветение» составлял 63-69 суток, а период «начало отрастания – созревание» – 98-101 суток, у стандарта соответственно – 65 и 99 суток.

Высота растений является косвенным показателем урожайности. Показатели высоты по изучаемым сортообразцам варьировали от 36 до 81 см, при высоте стандартного сорта – 59 см. Укосная урожайность сортообразцов фестулолиума, в среднем за годы изучения, составляла 80,2-128,1 ц/га. Самая высокая урожайность зеленой массы наблюдалась на второй г. ж. сортообразцов – 140,8-289,4 ц/га. На четвертый год жизни показатели урожайности всех изучаемых

сортообразцов снизились до уровня 2,8-7,0 ц/га. В среднем за четыре года практически все сортообразцы, кроме СПФ-3, превышали стандарт ВИК 90 (79,2 ц/га) на 10-80%. Самый высокий результат по урожайности зеленой массы показал сортообразец СПФ-14 – 128.1 ц/га (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность зеленой массы сортообразцов фестулолиума в селекционном питомнике за 2020-2023 гг.

Название сортообразца	Урожайность зеленой массы, ц/га					% к стандарту
	2020	2021	2022	2023	среднее	
Фестулолиум ВИК 90 (стандарт)	74,6	158,5	81,5	2,0	79,2	100
СПФ-1	82,4	157,8	104,0	4,0	87,1	110
СПФ-2	112,2	171,2	109,4	3,7	99,1	125
СПФ-3	66,6	140,8	110,4	2,8	80,2	101
СПФ-4	92,2	201,0	84,2	7,0	96,1	121
СПФ-5	82,0	161,2	109,2	5,2	89,4	113
СПФ-6	98,2	184,6	130,6	6,7	105,3	133
СПФ-7	87,4	230,2	128,8	4,0	112,6	142
СПФ-8	87,8	198,4	131,0	2,2	104,9	132
СПФ-9	85,6	177,8	149,2	6,4	104,8	132
СПФ-10	74,4	200,6	102,8	3,6	95,4	120
СПФ-11	90,8	215,0	134,8	6,9	111,9	141
СПФ-12	83,6	188,2	95,6	6,0	93,4	118
СПФ-13	96,6	187,0	98,4	4,0	96,5	121
СПФ-14	98,8	289,4	117,2	7,0	128,1	180
СПФ-15	73,0	178,2	94,2	6,6	88,0	111
НСР ₀₅	5,9	17,6	8,7	0,8	7,0	-

Урожайность сухого вещества, в среднем за годы изучения, составляла 17,1-26,3 ц/га, при уровне стандарта 16,9 ц/га. Высокие показатели были получены по 11-ти сортообразцам: СПФ-2, СПФ-4, СПФ-6, СПФ-7, СПФ-8, СПФ-9, СПФ-10, СПФ-11, СПФ-12, СПФ-13 и СПФ-14, превысившие стандарт на 18-55 % (таблица 2).

Таблица 2. Урожайность сухого вещества сортообразцов фестулолиума в селекционном питомнике за 2020-2023 гг.

Название сортообразца	Урожайность сухого вещества, ц/га					% к стандарту
	2020	2021	2022	2023	среднее	
Фестулолиум ВИК 90 (стандарт)	19,0	27,6	20,7	0,5	16,9	100
СПФ-1	18,7	22,9	25,8	1,0	17,1	101
СПФ-2	25,7	37,2	26,4	0,9	22,6	133
СПФ-3	16,5	23,6	28,0	0,7	17,2	102
СПФ-4	22,3	35,0	20,6	1,7	19,9	118
СПФ-5	19,0	26,6	26,1	1,3	18,3	108
СПФ-6	25,2	32,4	32,8	1,7	23,1	136
СПФ-7	22,9	42,1	32,4	1,0	24,6	145
СПФ-8	23,3	39,3	33,0	0,6	24,0	142
СПФ-9	20,6	32,8	35,3	1,7	22,6	133
СПФ-10	18,7	42,5	24,5	0,9	21,7	128

СПФ-11	22,9	36,4	33,1	1,9	23,6	139
СПФ-12	21,4	37,8	23,5	1,5	21,0	124
СПФ-13	22,9	32,3	22,3	1,0	19,6	116
СПФ-14	25,3	49,4	28,7	1,8	26,3	155
СПФ-15	17,8	30,8	22,5	1,7	18,2	108
НСР ₀₅	1,2	2,3	1,3	0,5	1,1	-

Данные по семенной продуктивности за период исследований были получены только на второй и третий г. ж. сортообразцов. В среднем за 2021-2022 гг. посеvy сортообразцов фестулолиума СПФ-6, СПФ-7, СПФ-9 и СПФ-10 сформировали более высокую урожайность (2,0-3,7 ц/га) по сравнению со стандартным сортом ВИК 90 (1,8 ц/га). Самый высокий результат был получен по сортообразцу СПФ-10, превысивший стандарт на 106 % (таблица 3).

Таблица 3. Урожайность семян сортообразцов фестулолиума в селекционном питомнике за 2021-2022 гг.

Название сортообразца	Урожайность семян, ц/га			% к стандарту
	2021	2022	среднее	
Фестулолиум ВИК 90 (стандарт)	1,5	2,1	1,8	100
СПФ-1	1,6	1,9	1,7	93
СПФ-2	1,3	2,3	1,8	97
СПФ-3	1,6	2,2	1,9	103
СПФ-4	0,4	1,8	1,1	63
СПФ-5	1,4	1,9	1,6	89
СПФ-6	1,5	2,8	2,1	117
СПФ-7	2,7	2,3	2,5	137
СПФ-8	1,3	1,9	1,6	88
СПФ-9	1,8	2,2	2,0	112
СПФ-10	5,3	2,2	3,7	206
СПФ-11	0,9	2,4	1,7	93
СПФ-12	1,1	1,9	1,5	81
СПФ-13	1,0	2,2	1,6	90
СПФ-14	1,4	1,8	1,6	89
СПФ-15	1,4	1,0	1,2	68
НСР ₀₅	0,6	0,7	0,5	-

Заключение. В результате исследований выявлены сортообразцы фестулолиума, сочетающие высокую урожайность зеленой массы, сухого вещества и семян. Выделившиеся сортообразцы по комплексу признаков в дальнейшем будут изучены в питомнике конкурсного сортоиспытания.

Библиографический список

1. Сапрыкин С.В., Любцева О.Н., Сапрыкина Н.В., Неменуца Е.Ю. Предварительная оценка селекционного материала фестулолиума в условиях степи центрально-черноземного региона // Развитие современных систем земледелия и животноводства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием (г. Пермь, 5-7 июля 2023). – Пермь, 2023. – С.345-350.

2. Евсева Г. В., Смирнова С. Н., Камова А. И. Особенности формирования многолетних злаковых травостоев для пастбищного использования в условиях Карелии // Кормопроизводство. – 2017. – № 2. – С. 3–7.
3. Зарьянова З. А., Зотиков В. И., Кирюхин С. В. Видовое и сортовое разнообразие многолетних трав для условий Орловской области // Кормопроизводство. – 2017. – № 11. – С. 32–37.
4. Фигурин В.А., Кислицына А.П. Продуктивность и питательная ценность травосмесей фестулолиума с разноспевающими сортами клевера лугового // Кормопроизводство. – 2019. – № 5. – С. 18-22.
5. Методические указания по селекции многолетних трав // ВАСХНИЛ. ВНИИ кормов. – М., 1985. – 188 с.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К ТИФУЛЕЗНОЙ СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ РЖИ ИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ

С.Ю. Павлова, М.Л. Пономарева

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: swetlanapavlova00@mail.ru

***Аннотация.** Поражение озимой ржи патогенами снежной плесени приводит к снижению урожайности и качества продукции. Грибы рода *Typhula* являются одними из наиболее распространенных возбудителей снежной плесени. Использование наиболее устойчивых сортов в селекции ржи может привести к уменьшению вредоносности заболевания. Целью данного исследования была оценка устойчивости к тифулезной снежной плесени отечественных сортов озимой ржи.*

***Ключевые слова:** озимая рожь, тифулезная снежная плесень, *Typhula incarnata*, *Typhula ishikariensis*, устойчивость.*

RESISTANCE TO TYPHULA SNOW MOLD OF DOMESTIC WINTER RYE VARIETIES FROM THE GENETIC COLLECTION

S.Yu. Pavlova, M.L. Ponomareva

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation
e-mail: swetlanapavlova00@mail.ru

***Abstract.** Infection of winter rye by pathogens of snow mold leads to a decrease in yield and product quality. Fungi of the genus *Typhula* are among the most common pathogens of snow mold. The use of the most resistant varieties in rye breeding can lead to a reduction in the harmfulness of the disease. The purpose of this study was to assess the resistance to *Typhula* snow mold of domestic varieties of winter rye.*

***Keywords:** winter rye, *Typhula* snow mold, *Typhula incarnata*, *Typhula ishikariensis*, resistance.*

Введение. Озимая рожь считается одной из наиболее значимых продовольственных культур. По пищевой и физиологической ценности зерно ржи имеет много преимуществ [1], поскольку является источником полезных минералов, витаминов и других биоактивных соединений, положительно влияющих на организм человека.

Рожь характеризуется способностью давать высокие урожаи даже при выращивании в условиях экологических стрессов, в частности крайне низких температур, засухи и низкого плодородия почвы [2]. Относительно высокая устойчивость к сложным почвенно-климатическим условиям обусловлена хорошо развитой корневой системой, что позволяет ее возделывать на бедных землях, непригодных для большинства других зерновых культур. Нетребовательный характер выращивания ржи является одним из основных преимуществ культуры над другими злаками [3].

Однако рожь подвержена воздействию различных факторов окружающей среды. Выпревание, которое наблюдается при длительном снежном покрове, может привести к гибели посевов. Если при этом верхний слой подтает, а затем температура опустится ниже 0°C, то образуется ледяная корка и прекращается воздухообмен. В этих условиях создается благоприятная среда для развития крайне вредоносного заболевания озимой ржи - снежной плесени.

К возбудителям снежной плесени относят ряд низкотемпературных (или психрофильных/психротолерантных, или криофильных) грибов и оомицетов, сходных по экологии и био-

логии [4]. Патогены инфицируют растения, как правило, в осенний период, активно развиваются под снежным покровом и в начале весны, когда сохраняются пониженные температуры [5]. На сегодняшний момент доминирующими возбудителями снежной плесени являются представители рода *Microdochium* (*M. nivale*, *M. majus*), вызывающие розовую снежную плесень, *Sclerotinia* (*S. borealis*), вызывающую снежный ожог, а также *Typhula* (*T. ishikariensis*, *T. incarnata*), вызывающие крапчатую и серую снежную плесень соответственно.

Возбудители рода *Typhula* чаще всего поражают ослабленные растения, когда почва не успевает промерзнуть до установления снежного покрова или почва переувлажнена, при отклонении обычных температур в зимний и весенний период.

Симптомы заболевания, вызываемые базидиальными грибами рода *Typhula*, обычно проявляются в виде круглых, водянистых или соломенных пятен, которые впоследствии могут сливаться. Пораженные листья выглядят слипшимися, имеют серую либо темно-зеленую окраску, а поверхность покрывается войлочным мицелием грязно-серого цвета. На отмерших листовых пластинках заметны небольшие (0,5–3 мм) круглые красно-коричневые, затем чернеющие склероции.

Целью данной работы является оценка устойчивости отечественных сортов озимой ржи из генетической коллекции к возбудителям тифулезной снежной плесени.

Методы исследования. Объектом исследований служили 50 отечественных сортов озимой ржи из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИГРР). Для оценки устойчивости исходного материала к возбудителям снежной плесени, в частности к грибам рода *Typhula*, были проведены исследования в контролируемых лабораторных условиях, а также параллельно в полевых условиях на инфекционно-провокационном фоне в 2022-2023 гг. При достижении растениями стадии 13 по шкале Цадокса осенью на полевой инфекционный участок для тестирования генетических ресурсов озимой ржи была внесена смесь из 10 наиболее вирулентных штаммов *Typhula* (00179, 00180, 00120, 5, 6, 00175, 7, 00119, 9, 00186). Оценка развития болезни проводилась в весенний период через 5-7 дней после таяния снега. Симптомы поражения оценивались визуально для каждого генотипа по 9-балльной шкале. По итогам комплексной оценки образцы были распределены на разные группы устойчивости.

Лабораторный анализ устойчивости образцов проводился путем инокуляции отсеченных листьев проростков длиной 3 см (detached leaf assay, DLA) к двум возбудителям из рода *Typhula*. В течение периода лабораторного скрининга проводилась трехкратная оценка поражения листовой пластины на 4, 6 и 9 день после заражения патогеном. После завершения фитопатологической оценки были вычислены степень поражения отсеченного листа (%), скорость развития заболевания (%/день) и распространенность заболевания (%). Основным показателем устойчивости сортов к заболеванию являлась скорость нарастания болезни, выражаемая площадью под кривой развития болезни (ПКРБ). ИВ рассчитывали, как отношение ПКРБ в исследуемом генотипе и стандарте (Тантана). По итогам исследования образцы были распределены на разные группы в соответствии с индексом восприимчивости.

Таблица 1. Соответствие групп устойчивости баллу поражения и индексу восприимчивости.

Группы устойчивости	В полевых условиях, балл поражения	В лабораторных условиях, индекс восприимчивости
Устойчивые	1-2	0.10-0.35
Умеренно-устойчивые	3-4	0.36-0.65
Умеренно-восприимчивые	5-6	0.66-0.80
Восприимчивые	7-9	>0.80

Результаты и обсуждения. В ходе исследований были отобраны 17 отечественных сортообразцов из генетического фонда озимой ржи на устойчивость к возбудителям *T. incarnata* и

T.ishikariensis, которые были комплексно охарактеризованы как в полевых, так и в лабораторных условиях. Оценка посевов на жестком инфекционном фоне показала, что средняя поражаемость озимой ржи патогенами была высокой и составляла 7,4 баллов (CV=6,9%) (табл.2). Климатические условия в осенне-зимний период 2021-2022 гг. оказались достаточно благоприятными для развития снежной плесени, что обусловило высокую пораженность генофонда озимой ржи. Результаты эксперимента показали, что в наименьшей степени тифулезной снежной плесенью поражались сорта Ника 3 и Роксана (6,5 баллов), которые были отнесены к группе умеренно-восприимчивых сортов. Стандартный сорт озимой ржи Тантана проявил восприимчивость к тифулезной снежной плесени (7,5 баллов). Такое серьезное повреждение привело к изреживанию и гибели части растений на делянках. В связи с этим урожайность сильно варьировала от 56,5 г/м² у сорта Синильга до 629,3 г/м² у Ника 3.

Таблица 2. Поражение *Typhula* и индекс восприимчивости отечественных сортов озимой ржи.

Образец	Урожайность, г/м ²	Восприимчивость		
		В условиях искусственного инфекционного фона, балл	В лабораторных условиях, индекс	
			<i>T.incarnata</i>	<i>T.ishikariensis</i>
Ника 3	629,3	6,5	0,70	1,13
Роксана	217,2	6,5	0,53	0,22
Новая эра	497,8	7,0	0,43	1,24
Память Попова	297,4	7,0	0,74	1,11
Орловская 9-2	199,4	7,0	0,48	0,51
Чишминская 3-2	582,5	7,0	0,72	0,74
Крона 2	203,7	7,0	0,63	1,14
Тантана (стандарт)	244,5	7,5	1,00	1,00
Ольга	217,7	7,5	0,20	1,20
Фаленская 4	151,9	7,5	0,49	1,07
Державинская 50	147,6	7,5	0,38	1,03
Солнышко	275,5	7,5	0,03	0,97
Ника 4	283,6	8,0	0,33	1,38
Синильга	56,5	8,0	0,46	0,69
Грань	216,2	8,0	0,55	0,41
Славия	283	8,0	0,77	0,79
Таловская 2	110,2	8,0	0,51	0,22
Среднее	271,4	7,4	0,53	0,87

Последний сорт в 2,5 раза превысил стандарт по урожайности. Толерантностью к изучаемой болезни на искусственном инфекционном фоне также обладали Чишминская 2-3 (582,5 г/м²) и Новая Эра (497,8 г/м²), которые несмотря на довольно высокий уровень поражения оказались способными сохранять урожайность за счет восстановительных механизмов. Остальные сортообразцы показали высокую восприимчивость к возбудителям *T.incarnata* и *T.ishikariensis* и крайне низкую продуктивность.

Использование полевого инфекционного фона предполагает необходимость дополнительного инфицирования растений и во многом зависит от неконтролируемых взаимодействий «генотип-среда» и «патоген-среда» [6]. Лабораторные методы тестирования лишены этих недостатков и позволяют получать важную информацию о норме реакции генотипа на патоген.

Поэтому для более детальной оценки устойчивости сортообразцов озимой ржи к тифулезной снежной плесени был проведен лабораторный анализ в контролируемых условиях путем инокуляции 10 отсеченных листьев каждого сортообразца. Для инокуляции растений использовали местные штаммы возбудителей изучаемых заболеваний. По результатам проведенного тестирования был рассчитан индекс восприимчивости и выявлены образцы, которые имеют повышенную устойчивость или восприимчивость к данным патогенам. Установлено, что

T. ishikariensis является более вирулентным патогеном в консорциуме снежной плесени в сравнении с *T. incarnata*. ИВ сортообразцов озимой ржи к *T. incarnata* колебался в пределах 0,03-1,00, тогда как к *T. ishikariensis* составлял 0,22-1,38. Наибольшую устойчивость к *T. ishikariensis* проявил сорт Роксана (ИВ=0,22), который также показал наиболее высокий результат в условиях искусственного инфекционного фона. К *T. incarnata* минимальный индекс восприимчивости был у сорта Солнышко (0,03).

Также по данным исследований *in vitro* было проведено ранжирование образцов по уровню устойчивости к возбудителям тифулеза (рисунок 1). По данным анализа можно отметить, что из числа исследуемых генотипов озимой ржи 3 образца были устойчивы к *T. Incarnata*, и 2 - к *T. ishikariensis*. Остальные сортообразцы отнесены к классам от умеренно-устойчивого до восприимчивого. Показано, что 60% образцов имели высокую восприимчивость к возбудителю *T.ishikariensis*.

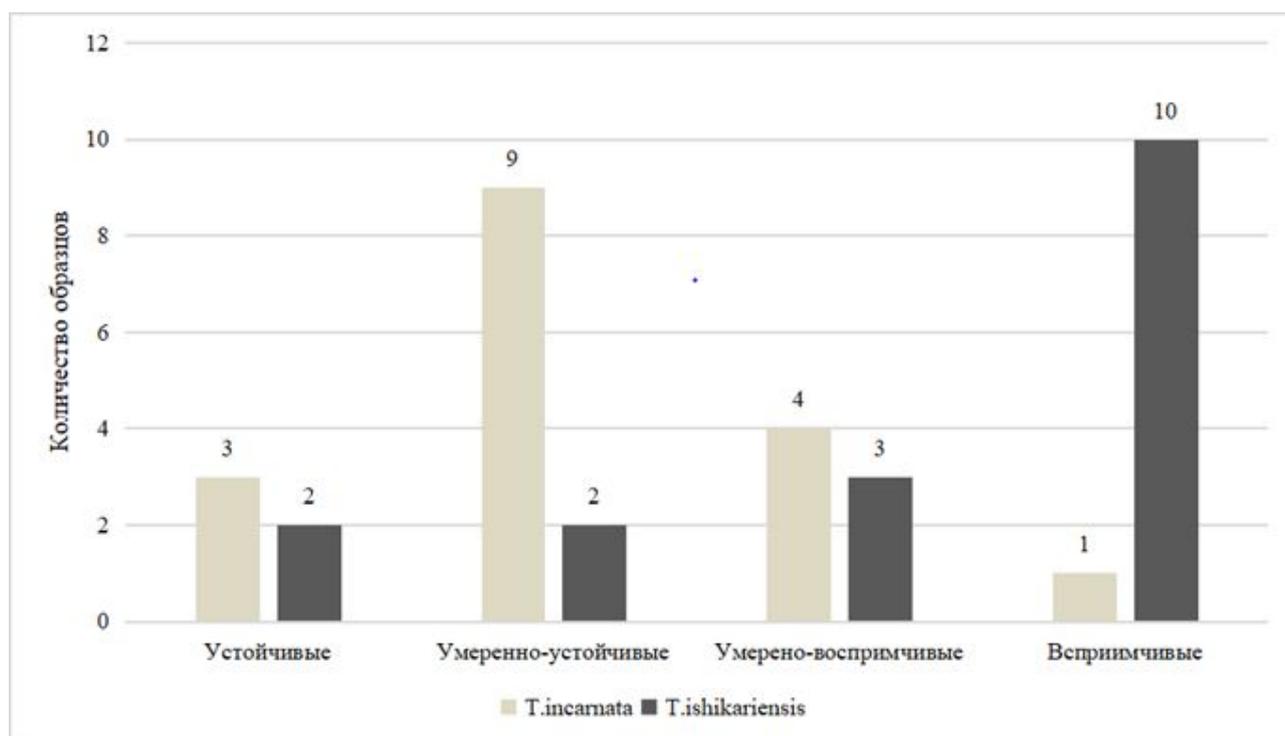


Рисунок 1. Количество образцов, соответствующих каждой группе устойчивости в лабораторных условиях

Таким образом, в ходе исследования был проведен параллельный мониторинг отечественных сортообразцов озимой ржи из генетической коллекции к возбудителям *T. incarnata* и *T. ishikariensis*, вызывающим серую и крапчатую снежную плесень, в полевых и лабораторных условиях. Результаты показали, что отдельные сортообразцы показали схожие результаты по устойчивости к патогену в контролируемых и неконтролируемых условиях. Сорта Ника 3, Роксана, Солнышко проявили наиболее высокую устойчивость к тифулезу.

Библиографический список

1. Korzun V., Ponomareva M.L., Sorrells M.E. Economic and Academic Importance of Rye. In: Rabanus-Wallace, M.T., Stein, N. (eds) The Rye Genome // Compendium of Plant Genomes. – 2021. doi:10.1007/978-3-030-83383-1_1
2. Targonska-Karasek M., Boczkowska M., Podyma W., Pasnik M., Niedzielski M., Rucinska A., Nowak-Zyczynska Z., Rakoczy-Trojanowska M. Investigation of obsolete diversity of rye (*Secale cereale* L.) using multiplexed SSR fingerprinting and evaluation of agronomic // J Appl Genet. – 2020. – 61(4) – С.513-529. doi:10.1007/s13353-020-00579-z.

3. Bahrani H., Båga M., Larsen J., Graf R.J., Laroche A., Chibbar R.N. The Relationships between Plant Developmental Traits and Winter Field Survival in Rye (*Secale cereale* L.) // *Plants*. – 2021. – № 11. – 2455. doi:10.3390/plants10112455
4. Hoshino T., Matsumoto N. Cryophilic fungi to denote fungi in the cryosphere // *Fungal Biology Reviews*. – 2012. – №26. – Pp.102-105. doi:10.1016/J.FBR.2012.08.003
5. Ткаченко О. Б., Овсянкина А. В., Шуковская А. Г. Снежные плесени: развитие представлений и способы защиты растений // *Сельскохозяйственная биология*. – 2015. – №. 1. – С. 16-29. doi: 10.15389/agrobiology.2015.1.16rus
6. Тырышкин Л. Г. Ювенильная устойчивость сортов зерновых культур к болезням // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2018. – №50. – С. 37-41.

ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ У ОВСА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.

С. В. Пермякова, М. В. Тулякова, С. С. Салтыков

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого», г.
Киров, Россия, e-mail: Tulyakova1966@bk.ru

***Аннотация.** Путем внутривидовой гибридизации овса в 2022 году в условиях Кировской области с использованием родительских форм (Архан, к-4173 353 АС М5, И-5057, И-4946, И-5044, И-4968, 178h13) получено 15 гибридных комбинаций. По коэффициенту наследуемости выявлены особенности наследования высоты растений, длины метелки, массы 1000 зерен и числа зерен в колоске.*

***Ключевые слова:** Avena sativa L., гибридизация, родительские формы, гибридная комбинация, коэффициент наследуемости.*

FEATURES OF INHERITANCE OF PRODUCTIVITY TRAITS IN OATS IN THE CONDITIONS OF THE KIROV REGION.

S. V. Permyakova, M. V. Tulyakova, S. S. Saltykov

Federal State Budgetary Scientific Institution "N.V. Rudnitsky Federal Agrarian Scientific Center of the North-East", Kirov, Russia, e-mail: Tulyakova1966@bk.ru

***Annotation.** By intraspecific hybridization of oats in 2022 in the conditions of the Kirov region using parental forms (Arkhan, k-4173 353 AC M5, I-5057, I-4946, I-5044, I-4968, 178h13), 15 hybrid combinations were obtained. According to the heritability coefficient, the peculiarities of inheritance of plant height, panicle length, mass of 1000 grains and the number of grains in a spike were revealed.*

***Keywords:** Avena sativa L., hybridization, parental forms, hybrid combination, inheritance coefficient.*

Ведение. Овес – одна из злаковых культур значение и использование которой весьма многогранно. По сравнению с другими зернофуражными культурами, зерно овса характеризуется многими ценными свойствами: повышенным содержанием белка 9,0-19,5 %, жира 4,5-6,0 %, крахмала 31,1-62,0 %, что обуславливает его ценные пищевые и кормовые свойства. Овес относится к влаголюбивым культурам. Для формирования высокого урожая ему необходима оптимальная влагообеспеченность во все периоды роста и развития [1]. По отношению к теплу овес относительно не требовательная культура. Семена начинают прорастать при температуре 2-3 °С. По отношению к почвам овес менее требователен, чем пшеница и ячмень, что объясняется хорошо развитой корневой системой. Овес лучше других зерновых культур растет на кислых почвах (рН 4,0-4,5) [2]. Природно-климатические условия Кировской области умеренно континентальные с продолжительно холодной зимой и коротким, но сравнительно теплым летом, поэтому основной задачей является создание высокоурожайных, среднеспелых сортов овса с высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к полеганию, толерантных к патогенам овса, формирующее зерно высокого качества. Основным методом селекции является внутривидовая гибридизация, она позволяет объединить в одном генотипе признаки, которыми обладают исходные родительские формы. Правильный подбор родительских пар, является решающим фактором для создания перспективного селекционного материала [3].

Цель исследований – создание нового гибридного материала, выявление особенностей наследования признаков продуктивности овса в природно-климатических условиях Кировской области.

Материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Кировская область) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. В 2019-2021 гг. изучали в качестве родительских форм перспективные сорта и линии овса пленчатого: Архан (Московская область), к-4173 353 АС М₅ (Краснодарский край), И-5044, И-4473, И-4968, 178h13 (Кировская область). В 2022 г. проведена гибридизация. В 2023 г. гибриды F₁ изучены в сравнение с родительскими формами по следующим признакам: высота растений (см), длина метелки (см), число колосков (шт), число зерен в метелке (шт), масса зерна с метелки (г), число зерен в одном колоске (шт), масса 1000 зерен (г). У гибридов первого поколения коэффициент наследуемости (h²) вычисляли с помощью дисперсионного анализа по методике Б.Ф. Доспехова.

Результаты и обсуждение. Создание нового гибридного материала у растений овса связано прежде всего с трудностью технологии гибридизации, при кастрации и опылении цветков. Это объясняется высокой чувствительностью генеративных органов к травмированию, изменением температуры, влажности воздуха и солнечной радиации, а также одновременным развитием цветков в метелке [4]. Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно отличались по температурному режиму и количеству осадков. Вегетационный период 2022 и 2023 гг. характеризовался, как недостаточно влажный, ГТК=0,75 и 0,89 соответственно. В 2022 г. месяцы май и июнь были влагообеспеченными (ГТК=1,68 и 1,40). Наблюдали понижение относительно средней многолетней среднесуточной температуры воздуха в мае на -1,9°С, в июне на -0,7°С соответственно. Сумма осадков за май и июнь составила 63,8 и 66,2 мм (138 и 100 % от нормы). Июль и август были засушливыми (ГТК=0,84 и 0,14). В I декаде июля выпало 36,0 мм осадков (119 % нормы). Выпавшие осадки в мае, июне и в I декаде июля обеспечили запас влаги в почве, который оказал положительное влияние на рост и развитие растений овса на протяжении всего периода вегетации. В мае 2023 г. выпало 44,3 мм осадков, или 96 % от средней многолетней, ГТК=0,96. В период посев – кущение выпало 40,1 мм осадков, что составляло 113 % от среднемноголетнего количества. ГТК в июне был равен 0,65, однако осадки выпали в особенно важный для формирования высокой урожайности период – кущение-выход в трубку. В июле сумма осадков составила 79,5 мм (103 % от нормы), ГТК=1,36. В результате исследований в 2019-2021 гг. выделены родительские формы для проведения гибридизации по лучшим хозяйственно ценным признакам (табл 1).

Сорт овса Архан. Разновидность *mutica*. Вегетационный период 66 дней. Высокоурожайный 6,90 т/га. Масса 1000 зерен 30,7 г. Натура зерна 543 г/л. Содержание белка в зерне 11,0-12,5 %. Устойчив к полеганию. Засухоустойчив. На искусственном инфекционном фоне слабо восприимчив к пыльной головне и средне устойчив к корончатой ржавчине.

Таблица 1. Результаты изучения родительских форм, среднее за 2019-2021 гг.

Родительские формы	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Число колосков, шт	Число зерен в метелке, шт	Масса зерна с метелки, г	Число зерен в одном колоске, шт	Масса 1000 зерен, г
1	2	3	4	5	6	7	8
Архан	66	78,2	19,9	33,5	1,03	1,2	30,7
И-5057	67	96,9	21,5	39,2	1,71	1,8	43,6
И-4946	72	58,9	22,0	28,9	0,97	1,3	33,6
И-5044	68	100,4	24,9	38,2	1,43	1,5	37,4
И-4968	72	63,1	17,4	21,2	0,81	1,2	38,2
178h13	70	71,5	16,6	21,3	0,80	1,3	37,6
к-4173 353 АС М ₅	66	58,1	15,0	24,2	0,77	1,6	38,2

Продолжение таблицы 1.

Родительские формы	Урожайность, т/га	Натура, г/л	Пленчатость, %	Устойчивость к пыльной головне, балл	Устойчивость к корончатой ржавчине, балл
9	10	11	12	13	14
Архан	6,90	543	26,0	5	5
И-5057	6,48	576	26,4	5	3
И-4946	7,57	538	25,4	9	1
И-5044	5,99	529	27,4	7	5
И-4968	7,04	556	22,8	9	1
178h13	6,22	571	25,8	8	3
к-4173 353 АС М ₅	7,09	588	24,8	-	-

Сорт овса К-4173 353 АС М₅. Разновидность *mutica*. Vegetационный период 66 дней. Масса 1000 зерен 38,2 г. Натура 588 г/л. Устойчив к полеганию. На естественном фоне устойчив к пыльной головне.

Линии И-4968 и И-4946. Разновидность *mutica*. Vegetационный период 72 дня. Линии обладают высокой урожайностью 7,04 и 7,57 т/га. Масса 1000 зерен 33,6 и 38,2 г. Содержание белка в зерне 10,5 %. На искусственном инфекционном фоне и в условиях естественного заражения устойчивы к пыльной головне. Линии И-5044 и И-5057. Разновидность *mutica*. Vegetационный период 67-68 дней. Урожайные по зерну 5,99 и 6,48 т/га. Масса 1000 зерен 37,4 и 43,6 г. Линия 178h13. Разновидность *mutica*. Vegetационный период 70 дней. Урожайный 6,22 т/га. Масса 1000 зерен 37,6 г. Натура зерна 571 г/л.

Таблица 2. Гибридизация овса 2022 г.

Комбинация	Дата кастрации	Дата опыления	Число опыленных цветков, шт	Число завязавшихся цветков, шт
Архан×И-5057	21.07	24.07	64	7
Архан×И-4946			66	1
Архан×178h13			63	5
И-5057×Архан			69	2
И-5057×178h13			65	1
И-5044×Архан	25.07	28.07	74	47
И-5044×к-4173			83	16
И-5044×178h13			62	15
И-4946×Архан	24.07	27.07	60	7
И-4946×к-4173			59	10
И-4968×Архан			95	31
И-4968×к-4173			75	17
178h13×Архан			68	24
178h13×И-5057	22.07	25.07	69	4
178h13×И-5044			69	8
Итого			1041	195
% удачи скрещиваний			18,7	

Гибридизация осуществляется принудительным способом. Кастрируют метелки, в которых из слоеного влагалища появилось несколько колосков. Метелку осторожно вынимают из влагалища, оставляют 10-15 хорошо развитых колосков, остальные срезают ножницами, а из оставленных колосков пинцетом удаляют второй и третий цветки. Этот процесс называется кастрацией. Очень важно провести кастрацию чисто, то есть вынуть обязательно все три пыльника цельными. На кастрируемую метелку надевают пергаментный изолятор. Для проведения

опыления изолятор снимают, затем надевают вновь и оставляют на метелке до уборки. На изоляторе пишут дату кастрации и дату опыления, количество опыленных цветков. Цветки опыляют, когда их рыльца становятся перистыми, через 3 суток после кастрации (в холодную погоду 4-5 суток, в жаркую 1-2 суток). На рыльце цветка переносят пинцетом 2-3 тычинки с пылью. В естественных условиях пыльца овса хранит жизнеспособность не больше 1 часа.

В 2022 г. методом гибридизации создан новый гибридный материал по 15 комбинациям скрещивания (таблица 2). Было опылено 1041 цветков, число завязавшихся 195, процент удачи 18,7 %. Наибольший результат завязываемости был получен в комбинациях И-5044×Архан, И-4968×Архан, 178h13×Архан (32,6-63,5%), что говорит о высокой эффективности использования материнских форм И-5044, И-4968, 178h13. Наименьший результат был получен в комбинациях Архан × И-4946, И-5057×178h13, И-5057×к-4173 353 АС М₅ (1,5-2,0 %).

Признаки и свойства гибридов F₁(первого поколения) определяются доминантными генами родительских форм. В комбинациях наблюдали увеличение продуктивности по сравнению с исходными родительскими формами. Принято считать, что гибридные комбинации, которые превышают родителя по тому или иному признаку в первом поколении (F₁), являются перспективными для дальнейшего изучения [5]. Выделены 4 гибридные комбинации И-5044×Архан, И-5044×к-4173 353 АС М₅, И-5044×178h13, 178h13×Архан, которые обладали высокими показателями хозяйственно ценных признаков (таблица 3).

Таблица 3. Элементы зерновой продуктивности сортов и линий овса пленчатого, 2023 г.

Комбинация, родительская форма	Высота растений, см	Длина метелки, см	Число колосков, шт	Число зерен в метелке, шт	Масса зерна с метелки, г	Число зерен в одном колоске, шт	Масса 1000 зерен, г
р.ф Архан	102	18	26	56	1,92	2,2	34,3
Р.ф И-5044	102	23	32	39	1,38	1,2	35,4
Р.ф И-4946	97	18	40	60	1,86	1,5	31,0
Р.ф И-5057	103	20	27	44	1,87	1,6	42,5
Р.ф И-4968	106	19	37	56	2,06	1,5	36,8
Р.ф 178h13	102	19	34	46	1,69	1,4	36,7
Р.ф к-4173	90	18	27	41	1,30	1,5	31,0
Архан×И-5057	107	21	24	43	1,43	1,8	34,4
Архан×И-4946	110	21	24	48	1,38	2,0	28,7
Архан×178h13	116	24	39	81	2,65	2,1	32,7
И-5057×Архан	64	17	12	3	0,06	0,03	20,0
И-5057×178h13	90	18	22	12	0,36	0,5	30,0
И-5044×Архан	113	23	49	87	3,25	1,8	37,4
И-5044×к-4173	111	24	62	98	3,96	1,6	40,4
И-5044×178h13	112	25	51	93	3,42	1,8	36,8
И-4946×Архан	102	19	24	36	0,96	1,5	27,0
И-4946×к-4173	102	18	26	40	1,17	1,5	29,3
И-4968×Архан	103	18	33	49	1,61	1,5	32,8
И-4968×к-4173	114	20	27	53	1,69	1,9	32,0
178h13×Архан	114	22	40	77	2,73	1,9	35,5
178h13×И-5057	109	21	43	74	2,51	1,7	33,9
178h13×И-5044	86	24	56	28	0,84	0,5	30,0

Определение коэффициента наследуемости показало, что более высокую наследуемость имели признаки: высота растения (0,74), длина метелки (0,98), масса 1000 зерен (0,68), число

зерен в колоске (0,83). Низкий коэффициент наследуемости был отмечен: у числа зерен в метелке и массы зерна с метелки, что указывает на сложный характер реализации генотипа по признакам продуктивности в различных условиях среды и трудность выделения нужных генотипов.

Заключение. В результате проведения гибридизации овса в 2022 г. в почвенно-климатических условиях Кировской области с использованием родительских форм (Архан, к-4173 353 АС М₅, И-5057, И-4946, И-5044, И-4968, 178h13) получено 15 гибридных комбинаций. По коэффициенту наследуемости выявлены особенности наследования признаков продуктивности. Высокую наследуемость (0,68-0,98) имели признаки: высота растения, длина метелки, масса 1000 зерен, число зерен в колоске.

Библиографический список

1. Баталова Г. А. Овёс в Волго-Вятском регионе. – Киров, 2013. – 288 с.
2. Тулякова М. В., Баталова Г. А., Пермякова С. В. Адаптивный потенциал коллекционных образцов овса пленчатого в условиях Кировской области // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – №2 (30). – С 143–154. EDN: AIRDGB. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49231773>
3. Радюкевич Т. Н., Пасынкова Е. Н. Оценка элементов структуры урожая и определение адаптационной способности новых сортов ярового ячменя зарубежной селекции на Северо-Западе России // Достижение науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. №12. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11208.
4. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Использование гибридизации для создания новых сортов и гибридов сорго // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16. №1. – С. 26-32. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-26-32.
5. Волкова. Л. В. Наследуемость и изменчивость признаков продуктивности у гибридов яровой мягкой пшеницы первого-четвертого поколения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – 20. (3). – С. 207-218. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.207-218.

БИОХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ТАТАРСТАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Д.Д. Сайфутдинова, М.Л. Пономарева

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
Казань, Россия, e-mail: sayfut2009@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты исследований биохимических и технологических свойств зерна озимой ржи и озимой пшеницы татарстанской селекции последнего поколения. Дана характеристика показателей качества зерна и их варьирования у 6 сортов каждой культуры в условиях Предкамской зоны Средневолжского региона в 2020-2023 гг.

Ключевые слова: озимая рожь, озимая пшеница, сорт, технологические качества зерна, биохимические свойства, содержание.

BIOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GRAIN OF WINTER RYE AND WINTER WHEAT VARIETIES OF TATARSTAN BREEDING

D.D. Sayfutdinova, M.L Ponomareva

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russia,
e-mail: sayfut2009@gmail.com

Abstract. The article presents the results of research on the biochemical and technological properties of winter rye and winter wheat grain from the Tatarstan selection of the latest generation. It describes the characteristics of grain quality indicators and their variation in six varieties of each crop in the Predkamsk zone of the Middle Volga region between 2020 and 2023.

Keywords: winter rye, winter wheat, variety, technological qualities of grain, biochemical properties, content.

Введение. Рожь и пшеница - основные продовольственные культуры в Республике Татарстан. Качественные характеристики зерна этих озимых зерновых культур формируются в поле, где огромную роль играют как наследственные признаки конкретного генотипа, так и совокупное действие многочисленных внешних факторов, основными из которых являются агротехнические приемы выращивания, а также почвенно-климатические и метеорологические условия. Погодные условия Среднего Поволжья помимо нестабильной по годам и периодам вегетации суммы осадков и температуры воздуха, характеризуются высокой вероятностью различных типов засух. В зимний период здесь часто наблюдаются низкие температуры, недостаточный или избыточно высокий снежный покров [1].

Значительная амплитуда колебаний метеофакторов по годам влияет на стабильность не только урожайности, но и качества зерна. В итоге сорта, возделываемые в Среднем Поволжье, не полностью реализуют свой технологический и сырьевой потенциал. Для создания экологически устойчивых по качеству зерна сортов вектор селекции должен быть направлен на адаптацию к таким стрессовым условиям, которые наиболее часто выходят за пределы биологического оптимума в данном регионе [2].

Среди биотических стрессовых факторов на первое место выходят различные фитопатогены. Многолетними исследованиями был выявлен основной патоккомплекс грибных болезней озимой ржи в зоне исследований: бурая и стеблевая ржавчина, мучнистая роса, корневые гнили, снежная плесень, септориоз, ринхоспориоз, спорынья [3]. Для озимой пшеницы к ним добавляется пыльная головня, желтая ржавчина, пятнистости листьев, которые значительно снижают не только урожайность, но и качество зерна пшеницы [4].

Также для нашей зоны остаются не решены вопросы полегаяемости посевов как озимой ржи, так и озимой пшеницы, сильно снижающие технологические и биохимические качества получаемого зерна.

Таким образом, актуальность исследований состоит в том, что в настоящее время погодноклиматические аномалии и биологические факторы создают риски потери качества сельскохозяйственной продукции. Большое значение приобретают сорта, способные с наименьшими потерями выдерживать действие абиотических и биотических стрессоров, обеспечивая при этом урожай высокого качества зерна на уровне требований действующих стандартов [5].

Цель исследований – охарактеризовать популяционные сорта озимой ржи и сорта озимой пшеницы селекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН по комплексу характеристик, определяющих их биохимические и технологические достоинства.

Материалы и методы. Полевые исследования выполнены на экспериментальной базе ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в контрастные по погодным условиям вегетационные сезоны 2020-2023 гг. В работе использованы по 6 сортов озимой ржи и озимой пшеницы последнего этапа селекции, выведенные в этом институте. Опытный участок конкурсного сортоиспытания, где испытывались изучаемые сорта, размещался на селекционном севообороте (с. Большие Кабаны, Лаишевский район, Республика Татарстан). Поскольку погодные условия этих четырех лет имели большие колебания по совокупности абиотических и биотических факторов, это позволило выявить биологические особенности адаптации сортов озимой ржи и пшеницы к варьирующим условиям внешней среды и их потенциальные возможности.

Анализ качества зерна проведен в соответствии с ГОСТ 16990-2017 «Рожь. Технические условия» и ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия». Отбор проб зерна проводили по ГОСТ 13586.3-2015, массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89, натурную массу зерна – по ГОСТ 10840-2017. Технологические и хлебопекарные свойства определяли: число падения (ЧП) – на приборе Hagberg-Perten Falling Number 1500 по ГОСТ 30498-97 (ИСО 3093-2016), амилолитическую активность – на приборе Amylograph Brabender по ГОСТ ISO 7973-2013.

Биохимический состав цельного зерна определяли, используя анализатор в ближнем ИК-диапазоне NIRS DS2500F (градуировка соответствует ГОСТ ISO 12099-2017). Результаты представлены в пересчете на сухое вещество. Для проведения статистического анализа применен пакет программ MS Excel 7.0. Модификационная изменчивость признака оценивалась по коэффициенту вариации (CV, %), при этом вариация <10% – слабая, 11-25% – средняя, >25% – сильная.

Результаты и обсуждение. Для изучаемых зерновых культур регламентируемые ГОСТом показатели и категории качества различаются. В перечень ограничительных показателей для зерна озимой ржи включены: число падения, натура зерна и влажность, на основании которых выделяют 4 класса качества. В ГОСТ 9353-2016 по зерну пшеницы включены показатели: массовая доля белка, количество и качество клейковины, число падения, стекловидность, натура зерна, влажность зерна, в соответствии с ограничительными нормами зерно мягкой пшеницы разделяют на 5 классов. Помимо гостуемых характеристик, важными технологическими параметрами, определяющими продовольственную ценность, считаются масса 1000 зерен и высота амилограммы, которая является критерием активности амилазы и отражает условия клейстеризации крахмала.

Натура – показатель, формирующийся преимущественно под влиянием внешних условий среды и четко дифференцирующий сорта по реакции на стрессовые условия в период формирования и налива зерна (таблица 1). По показателю натурной массы зерна (свыше 700 г/л) все изучаемые сорта озимой ржи соответствуют 1 классу. Вариабельность данного признака по годам была низкой и в среднем составила 3,18%. Максимальные значения натуры отмечены у сортов Огонек и Подарок.

Масса 1000 зёрен является одним из важнейших показателей физических свойств, указывающих на большой запас питательных веществ в зерне. Пробы зерна озимой ржи характеризовались массой 1000 зерен от 28,70 г у сорта Подарок до 32,38 г у сорта Огонек. Изменчивость этого параметра варьировала от 18,61 до 24,42%, что соответствует средней степени.

Число падения образцов изменялось от 223 с (Подарок) до 253 с (Огонёк). По этому важному технологическому показателю зерно всех сортов ржи соответствовало 1 классу. Значение высоты амилограммы составило в среднем 600 е.а., с коэффициентом вариации 35,4%. Данный параметр, показывающий активность ферментов углеводного цикла, в значительной степени колеблется в зависимости от условий года. Наибольшую вариабельность показал сорт Тантана.

Таблица 1. Технологические качества зерна сортов озимой ржи (2020-2023 гг.)

Сорт	Натура, г/л		Масса 1000 зерен, г		Число падения, с		Высота амилограммы, е.а	
	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv, %	X	Cv, %
Эстафета Татарстана	713	2,96	29,47	19,99	227	23,3	534	30,6
Радонь	716	2,79	29,94	18,61	239	15,4	591	31,3
Огонёк	727	2,70	32,38	19,56	253	19,4	644	34,7
Тантана, стандарт	711	3,16	30,15	20,14	248	26,6	675	40,9
Подарок	729	3,79	28,70	24,42	223	29,1	516	36,9
Зилант	714	3,65	28,98	22,71	241	25,1	643	37,6
Среднее	718	3,18	29,94	20,90	238	23,1	600	35,4

Белковость зерна сортов составила в среднем 13,41% (таблица 2). По данному показателю выделились сорта Тантана (13,83%) и Радонь (13,64%). Отмечено, что коэффициент вариации колебался в пределах 9,49...13,83, что свидетельствует о средней вариабельности показателя «массовая доля белка» у изучаемых сортов озимой ржи.

Таблица 2. Биохимический состав цельного зерна озимой ржи (2020-2023 гг.)

Сорт	Массовая доля белка, %		Жир, %		Зола, %		Клетчатка, %		Крахмал, %	
	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%
Эстафета Татарстана	13,62	12,14	1,90	3,10	1,90	6,28	2,95	9,24	62,16	4,19
Радонь	13,64	9,49	1,82	6,67	1,91	4,57	2,95	8,88	61,96	3,40
Огонёк	13,02	12,80	1,77	5,08	1,78	7,50	2,73	11,55	63,32	2,86
Тантана, стандарт	13,83	14,57	1,81	1,70	1,86	8,39	2,81	13,27	61,89	6,32
Подарок	13,47	12,51	1,76	6,46	1,85	8,00	2,86	9,84	62,41	5,79
Зилант	12,89	13,41	1,74	6,41	1,87	3,25	2,78	11,54	62,49	5,09
Среднее	13,41	12,49	1,80	4,90	1,86	6,33	2,85	10,72	62,37	4,61

Содержание жира в зерне в среднем составило 1,80 %, лучшим сортом оказалась Эстафета Татарстана. Варьирование данного показателя в зависимости от года было незначительным (1,70- 6,67%). Содержание золы по сортам изменялось в узких пределах от 1,78 до 1,91% при слабой изменчивости данного показателя.

Клетчаткой называют компоненты зерна, не перевариваемые пищеварительными ферментами организма человека, но перерабатываемые полезной микрофлорой кишечника. Содержание клетчатки в сортах ржи в среднем составило 2,85%, при этом более высоким содержанием данного показателя характеризовались сорта Эстафета Татарстана (2,95 %) и Радонь (2,95%).

Крахмал является основным компонентом зерен ржи и важным биохимическим показателем. Крахмал ржаной муки выполняет роль структурообразователя, который в частично клейстеризованной форме укрепляет структуру мякиша хлеба и определяет его плотность. Гранулы крахмала из ржаной муки уже при более низких температурах подвергаются более сильному ферментативному и механическому разложению (набухают, деформируются, теряют определенную форму и очертания). Содержание крахмала было слабоизменчивым признаком (Cv =4,61%) и составило в среднем 62,37 %. Более высоким накоплением крахмала выделился крупнозерный сорт Огонёк –63,32%.

Проведенный анализ технологических качеств зерна озимой пшеницы показал, что самое крупное зерно сформировано у сорта Надежда (43 г), варьирование данного показателя было средним – от 13,8 до 20,9 % (таблица 3). Высокая натура пшеничного зерна имеет большое технологическое значение и характеризует его пищевую ценность, обусловленную большим выходом муки, крахмала, сахара, белков. За годы исследований все сорта сформировали зерно с высоким натурным весом от 778 г/л (Дарина) до 808 г/л (Казанская 560) при низком варьировании данного показателя (2,0 % – 4,6 %).

Пищевые достоинства пшеничного хлеба в значительной степени зависят от качества и содержания ценнейшей части зерна - белкового комплекса клейковины, которая в идеале должна быть упругой, эластичной, достаточно растяжимой. По показателю «содержание сырой клейковины» классу сильных пшениц (свыше 28%) соответствовали все изучаемые сорта. Максимальные значения данного показателя были получены у сорта Султан (33,04 %). Вариация данного показателя у всех сортов была слабой – от 3,63 до 5,14%. Индекс деформации клейковины изменялся по сортам от 86 до 92 единиц прибора, что соответствует II группе качества. Коэффициент вариации показателя ИДК изменялся по сортам от 5,66 % до 16,29%. Нестабильным характером проявления этого индикатора выделялся сорт Казанская 285.

Таблица 3. Технологические качества зерна сортов озимой пшеницы (2020-2023 гг.)

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Натурная масса зерна, г/л		Стекловидность %		Выравненность зерна, сумма 2.5+2.2, %		Содержание сырой клейковины, %		Индекс деформации клейковины, ед. прибора	
	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%
Казанская 560, стандарт	37,0	13,8	808	2,1	55	4,0	86,4	14,5	30,74	15,75	88	5,66
Казанская 285	36,9	19,6	791	3,3	54	10,2	83,2	18,6	31,27	11,61	92	16,29
Надежда	43,0	16,2	797	3,8	54	5,1	93,9	6,7	30,82	16,01	88	10,38
Дарина	35,6	20,9	778	4,6	54	6,2	83,0	19,1	29,72	14,78	92	10,98
Универсиада	37,6	15,0	801	2,0	49	15,8	86,5	12,7	31,18	16,07	86	11,11
Султан	34,9	14,5	796	3,2	51	4,5	81,8	18,2	33,04	15,56	86	10,57
Среднее	37,5	16,5	795	3,1	53	3,3	85,8	14,7	31,13	13,91	89	9,68

Биохимические показатели изучаемых сортов озимой пшеницы были достаточно стабильными (таблица 4). По содержанию белка в зерне выделен сорт Султан (16,74 %), высоким содержанием жира характеризовался сорт Надежда (2,04%), высоким содержанием минеральных веществ – Надежда (1,81%) и Султан (1,83%). По содержанию клетчатки и крахмала у изучаемых сортов межсортные различия незначительны, а изменчивость этих показателей, как и содержания жира, была слабой.

Таблица 4. Биохимические показатели зерна озимой пшеницы (2020-2023 гг.)

Сорт	Белок, %		Жир, %		Зола, %		Клетчатка, %		Крахмал, %	
	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%	X	Cv,%
Казанская 560, стандарт	15,39	11,43	1,82	2,57	1,74	8,96	2,93	1,52	66,39	4,52
Казанская 285	15,63	10,11	1,82	6,13	1,76	5,78	2,94	1,51	66,43	5,05
Надежда	15,75	14,16	2,04	4,10	1,81	10,35	2,89	2,35	66,12	3,57
Дарина	14,84	11,10	1,88	5,95	1,76	7,13	2,96	2,31	67,32	4,85
Универсиада	15,96	11,21	1,86	5,15	1,73	7,91	2,89	1,23	66,12	4,49
Султан	16,74	11,00	1,80	5,67	1,83	6,86	2,99	3,51	64,25	4,94
Среднее	15,72	11,50	1,87	4,93	1,77	7,83	2,93	2,07	66,10	4,57

Выводы. Наши исследования показали, что сорта озимой ржи и озимой пшеницы татарстанской селекции за ряд лет, характеризующихся контрастными погодными условиями, фор-

мируют высокий технологический потенциал и обеспечивают хорошие биохимические качества зерна. Зерно всех изученных сортов озимой ржи соответствовало требованиям 1 класса ГОСТ по технологическим качествам. Все сорта озимой пшеницы, выведенные в ТатНИИСХ, сформировали ценное по качеству зерно пшеницы на уровне 3 класса, с клейковиной средней силы.

Библиографический список

1. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Результаты селекции озимой пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессорам // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – №. 5-3.
2. Гончаренко А. А. и др. Оценка экологической устойчивости, стабильности и пластичности сортов озимой ржи по признакам качества зерна // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – Т. 4. – С. 3-9. DOI:10.31857/S2500262720040018.
3. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С., Илалова Л.В. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в Республике Татарстан // Вестник КрасГАУ. – 2019. – №9 (150).
4. Фадеева, И. Д. Влияние микозной нагрузки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / И. Д. Фадеева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 3(67). – С. 51-56. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-51-56.
5. Пономарева, М.Л. Современные реалии производства ржи и задачи селекционной науки / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Генофонд и селекция растений: материалы симпозиума V Международной конференции «Генофонд и селекция растений». – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2020. – С. 85-89.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА ЗЕРНА

Г.Р. Саубанова, И.Д. Фадеева

ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия, e-mail: Mirxazijnova08@gmail.com

Аннотация. В результате изучения 15 сортов мягкой озимой пшеницы выделены сорта с высоким содержанием белка в зерне: Московская 39 (16,1%), Универсиада (15,6%), Умка (15,5%). Наиболее высокие значения силы муки были получены у сортов Московская 39 (305 е.а.), Безенчукская 380 (300 е.а.), Ильвина (297 е.а.), что соответствует нормам сильной пшеницы. Содержание белка в зерне тесно коррелировало с валориметрической оценкой ($r = 0,63$), с силой муки ($r = 0,60$), объемным выходом хлеба (0,41).

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, содержание белка, валориметрическая оценка, сила муки, объем хлеба

ARACTERISTICS OF VARIETIES ECOLOGICALLY TESTED BY GRAIN QUALITY INDICATORS

G.R. Saubanova, I.D. Fadeeva

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture Federal Research Center Kazan Scientific Center RAS, Kazan, Russia, e-mail: Mirxazijnova08@gmail.com

Annotation. As a result of studying 15 varieties of soft winter wheat, varieties with a high protein content in grain were identified: Moskovskaya 39 (16.1%), Universiade (15.6%), Umka (15.5%). The highest values of flour strength were obtained from the varieties Moskovskaya 39 (305 e.a.), Bezenchukskaya 380 (300 e.a.), Ilvina (297 e.a.), which corresponds to the norms of strong wheat. The protein content in grain closely correlated with the valorimetric assessment ($r = 0.63$), with the strength of flour ($r = 0.60$), and the volumetric yield of bread (0.41).

Keywords: winter wheat, variety, protein content, valorimetric evaluation, flour strength, bread volume

Введение. Одна из важнейших задач сельского хозяйства – производство зерна высокого качества. Основой решения этой задачи является создание и внедрение в производство новых сортов пшеницы, у которых хорошее качество зерна сочетается с высокой урожайностью. Только при постоянном контроле качества на всех этапах селекционного процесса, испытания, районирования и выращивания может быть достигнуто производство высококачественной пшеницы [1]. Задача зерновой отрасли состоит главным образом в том, чтобы обеспечить зерноперерабатывающую промышленность высококачественным сырьем для производства муки, крупы, хлебных и кондитерских изделий.

За последние 10 лет Россия вошла в число крупнейших экспортеров зерна. Однако качество товарного зерна за этот срок заметно снизилось. Большая часть продовольственного зерна пшеницы невысокого качества – относится к 4 и 5 классам по ГОСТ [2]. Зерно пшеницы применяют и как сырье для глубокой переработки. Это производство сухой клейковины, модифицированного крахмала, лизина и других продуктов [3,4].

Цель исследований – изучить способность сортов озимой пшеницы различных селекционных центров формировать в условиях Республики Татарстан реологическое и хлебопекарное качество зерна.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований использовали 15 сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) различного происхождения, включенные в Государственный реестр сортов, разрешенных к использованию, а также находящиеся на Государственном сортоиспытании. Полевые опыты проводили в 2021-2022 годах на полях лаборатории селекции озимой пшеницы Татарского НИИСХ в Лаишевском районе Республики Татарстан. Предшественник – чистый пар. Почва опытного участка – серая лесная. Содержание гумуса (по Тюрину) – 3,2...3,5 %, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 262...289 мг/кг почвы, калия (по Кирсанову) – 130...144 мг/кг почвы, pH солевой вытяжки 5,2...5,4. Сроки посева и нормы высева – оптимальные для зоны. Площадь делянки 10 м². Повторность трехкратная.

Физико-химические показатели качества зерна определяли стандартными методами: содержание белка в зерне определяли по методу Кьельдаля - ГОСТ 10846-91, реологические свойства теста – ГОСТ Р 51404-99, ГОСТ Р-51415-99. Хлебопекарная оценка проводилась с использованием метода лабораторной выпечки – ГОСТ 27669-88.

Метеоусловия в годы проведения опытов отличались по влагообеспеченности. В 2021 году складывались наиболее засушливые условия вегетации. Гидротермический коэффициент за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы был равен 0,45. В 2022 году метеоусловия были нестабильными, осадки выпадали неравномерно, но их количество (174 мм) было достаточным для формирования высоких урожаев и качества зерна.

Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (2014).

Результаты и их обсуждение. Содержание белка – одна из важнейших характеристик биологической ценности зерна. Создание сортов пшеницы, сочетающих высокую урожайность с повышенными технологическими, биохимическими и пищевыми достоинствами зерна – сложная селекционная задача. Одним из показателей качества зерна является содержание в нем белка. Количество белка в зерне, как правило, находится в отрицательной корреляции с величиной урожайности зерна, но эта закономерность иногда не так ярко выражена [5].

В нашем опыте более высокие значения содержания белка в среднем по изученным сортам были получены в 2021 году - 15,1%, максимальные значения получены у сортов Эстафета (16,3%), Московская 39 (16,2%), Универсиада (16,1%) (табл. 1). Среди сортов по данному показателю в среднем за 2 года изучения выделились сорта Московская 39 (16,1%), Универсиада (15,6%), Умка (15,5%).

Таблица 1.

Характеристика сортов экологического испытания

сорт	Оригинатор	Содержание белка, %		
		2021	2022	среднее
Казанская 560	Татарский НИИСХ ОСП ФИЦ КазНЦ РАН	15,0	14,8	14,9
Универсиада	Татарский НИИСХ ОСП ФИЦ КазНЦ РАН	16,1	15,2	15,6
Султан	Татарский НИИСХ ОСП ФИЦ КазНЦ РАН	14,1	13,8	13,9
Ильвина	Татарский НИИСХ ОСП ФИЦ КазНЦ РАН	15,1	14,5	14,8
Московская 39	ФИЦ 'Немчиновка'	16,2	16,0	16,1
Безенчукская 380	Самарский ФИЦ РАН	15,0	14,3	14,6
Умка	Уральский ФАИЦ Уральского отделения РАН	15,9	15,2	15,5
ЭН Тайгета	ООО 'Эконива-Семена'	14,3	14,3	14,3
ЭН Альбирео	ООО 'Эконива-Семена'	14,1	13,7	13,9
ЭН Цефей	ООО 'Эконива-Семена'	15,2	13,5	14,3
ЭН Фотон	ООО 'Эконива-Семена'	14,8	14,2	14,5
Скипетр	Полетаев Г.М., ООО 'Эконива-Семена'	14,6	13,5	14,0
Льговская 4	Льговская опытно-селекционная станция	14,6	13,3	13,9
Эстафета	Самарский ФИЦ РАН, 'Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко'	16,3	14,3	15,3
Аленушка	ФНЦ ЛК ОП Пензенский НИИСХ	15,7	13,5	14,6
Среднее значение		15,1	14,3	14,7

Для норм пшеницы, наиболее ценной по качеству, валориметрическая оценка должна быть не менее 55 единиц валориметра, для сильной – не менее 70 е.вал. У большинства изученных сортов в среднем за два года валориметрическая оценка соответствовала показателям ценной пшеницы, за исключением сорта ЭН Фотон (табл.2). У сорта Универсиада данный показатель соответствовал нормам сильной пшеницы – 74 е.вал. В засушливом 2021 году валориметрическая оценка у всех сортов была выше и составила в среднем по сортам 64 единицы валориметра. Максимальные значения отмечены у сильных по качеству зерна сортов Московская 39 (74 е.вал.) и Безенчукская 380 (71 е.вал.), а также у включенного в списки ценных по качеству зерна пшениц сорта Универсиада (76 е.вал.).

Удельная работа по деформации теста (сила муки) – это свойство пшеничной муки формировать тесто с определенными реологическими свойствами. Сила муки – это условный признак, который характеризует реологические свойства сырой клейковины или теста в целом. Методы определения реологических свойств теста в то же время являются и приемами определения силы муки. Удельная работа по деформации теста показывает состояние белково-протеинового комплекса и считается основным фактором, предопределяющим хлебопекарное качество пшеничной муки. Для пшениц наиболее ценных по качеству сила муки должна быть не менее 260 единиц альвеографа. Для сильных пшениц сила муки должна быть не менее 280 е.а. Если мука используется в качестве хорошего улучшителя, то сила этой муки не должна быть менее 400 е.а. В нашем опыте показатели силы муки (табл.2). также были выше в засушливом 2021 году и составили в среднем по сортам 291 е. а.

Таблица 2

Характеристика сортов экологического испытания по реологическому качеству муки

Сорт	Валориметрическая оценка, е.вал			Сила муки, е.а		
	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее
Казанская 560	61	58	59,5	282	275	278
Универсиада	76	72	74,0	302	287	294
Султан	56	55	55,5	282	265	273
Ильвина	64	58	61,0	310	285	297
Московская 39	74	66	70,0	315	296	305
Безенчукская 380	71	67	69,0	312	289	300
Умка	64	57	60,5	285	257	271
ЭН Тайгета	62	56	59,0	284	265	274
ЭН Альбирео	59	54	56,5	286	252	269
ЭН Цефей	61	59	60,0	280	268	274
ЭН Фотон	57	52	54,5	266	242	254
Скипетр	66	55	60,5	278	276	277
Льговская 4	66	58	62,0	294	268	281
Эстафета	66	55	60,5	305	284	294
Аленушка	56	58	57,0	285	275	280
Среднее значение	64±6,1	58±5,5	61,3±5,8	291±14,5	272±14,9	281±14

В среднем за два года наиболее высокие значения силы муки были получены у сортов Московская 39 (305 е.а), Безенчукская 380 (300 е.а.), Ильвина (297 е.а), Универсиада (294 е.а.) и Эстафета (297 е.а), что соответствует нормам сильной пшеницы, которая может использоваться в качестве удовлетворительного улучшителя для сортов со слабой клейковиной.

На заключительном этапе оценки качества сортов проводится пробная лабораторная выпечка хлеба. Наиболее высокие показатели объема хлеба (табл. 3) были зафиксированы в 2021 году у сортов сильной пшеницы Московская 39 (598 мл), Безенчукская 380 (596 мл), а также сортов Султан (567 мл), Аленушка (566 мл), Ильвина (562 мл). В 2022 году максимальные значения объема хлеба были также у сортов Московская 39 (568 мл), Безенчукская 380 (556 мл), Султан (565 мл).

Таблица 3

Характеристика сортов экологического испытания по показателям пробной лабораторной выпечки

Сорт	Объем хлеба из 100 г муки, мл			Общая хлебопекарная оценка, балл		
	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее
Казанская 560	518	469	493	4,2	4,1	4,2
Универсиада	518	466	492	5,2	4,6	4,9
Султан	567	565	566	4,8	4,7	4,8
Ильвина	562	520	541	4,5	4,4	4,5
Московская 39	598	568	583	5,2	4,6	4,9
Безенчукская 380	596	556	576	4,7	4,4	4,6
Умка	510	472	491	4,5	4,2	4,4
ЭН Тайгета	532	480	506	4,5	4,4	4,5
ЭН Альбирео	528	515	521	4,5	4,4	4,5
ЭН Цефей	522	485	503	4,5	4,4	4,5
ЭН Фотон	525	498	511	4,5	4,4	4,5
Скипетр	489	465	477	4,4	4,2	4,3
Льговская 4	490	458	474	4,5	4,3	4,4
Эстафета	510	489	499	4,6	4,2	4,4
Аленушка	566	432	499	4,4	4,3	4,4
Среднее значение	535±34,4	496±41,3	515±34,9	4,6±0,3	4,3±0,2	4,5±0,2

Общая хлебопекарная оценка является обобщающим показателем и суммирует оценки таких признаков, как высота хлеба, пористость, вкус и цвет хлебного мякиша, цвет корки. В среднем за два года испытания (табл. 3) наиболее высокий балл общей хлебопекарной оценки был поставлен сортам Универсиада (4,9), Московская 39 (4,9), Султан (4,8). Согласно квалификационным нормам, используемым Центральной лабораторией Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, в условиях 2022 года все сорта соответствовали по общей хлебопекарной оценке нормам пшеницы наиболее ценной по качеству (балл не менее 4,0). В нашем опыте содержание белка в зерне тесно коррелировало с валориметрической оценкой ($r=0,632$), силой муки ($r=0,603$), объемным выходом хлеба (0,410) и его общей хлебопекарной оценкой (0,482).

Заключение. Проведенные исследования доказывают возможность получения в условиях Республики Татарстан зерна озимой пшеницы с высоким реологическим качеством для хлебопекарной промышленности. Выделены сорта Универсиада, Московская 39 и Ильвина, Эстафета и Умка формирующие показатели качества зерна на уровне сильной пшеницы.

Библиографический список

1. Беркутова, Н. Б. Сандухадзе, Е. Соболева, О. Кондратьева, Д. Беркутова Мукомольные свойства зерна перспективных сортов озимой пшеницы / Н. Беркутова и др. // Хлебопродукты. – №11. – 2010. – С. 51-53.
2. Алтухов А.И. Стратегия развития зернопродуктового подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 146-152.
3. Андреев Н.Р., Филиппова Н.И., Медведева Л.Н. Сравнительная оценка новых видов крахмалсодержащего сырья для производства крахмала и крахмалопродуктов / Обз. инф. Сер. 19 / НИИ инф. и техн.-экон. исслед. пищ. пром-сти. – 1992. – № 4. – С. 1-24.
4. Хосни Р.К. Зерно и зернопродукты – Пер. с англ., под общей ред. Н.П. Черняева. – СПб: Профессия, 2006. – 336 с.
5. Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Некрасова О.А., Громова С.Н., Игнатъева Н.Г. Использование показателей относительного и абсолютного содержания белка в зерне озимой пшеницы при селекции на качество // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 1 (55). – С. 9-12.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СРЕДЫ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ШИКИМАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ ИЗ ЛИСТЬЕВ *REYNOUTRIA SACHALINENSIS*

А.А. Серeda, С.А. Бондарев, Е.Р. Никонорова, Т.А. Кроль

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений, Москва, Россия, e-mail: gatiatulinaer@gmail.com

Аннотация. В данной работе проведено исследование по оптимизации методики выделения шикиматдегидрогеназы (ШДГ) из листьев *R. sachalinensis* с использованием различных сред для экстракции: контрольной и модифицированных – с 1% тритоном или 20% глицеролом. Наибольшая активность ШДГ была при использовании 20% глицерола. Очистка ацетоном снижала эффективность экстракции, что требует дополнительного исследования.

Ключевые слова: шикиматдегидрогеназа, экстракция, *Reynoutria sachalinensis*, глицерол, активность фермента

OPTIMIZATION OF MEDIUM COMPOSITION FOR SHIKIMATE DEHYDROGENASE EXTRACTION FROM REYNOUTRIA SACHALINENSIS LEAVES

A.A. Sereda, S.A. Bondarev, E.R. Nikonorova, T.A. Krol.

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia,
e-mail: gatiatulinaer@gmail.com

Abstract. This study focuses on optimizing the extraction method for shikimate dehydrogenase (SDH) from the leaves of *R. sachalinensis* by employing different extraction media: a control medium, and media modified with 1% Triton or 20% glycerol. The highest SDH activity was observed with 20% glycerol. However, acetone purification reduced extraction efficiency, necessitating further investigation.

Keywords: shikimate dehydrogenase, extraction, *Reynoutria sachalinensis*, glycerol, enzyme activity.

Введение. Одним из видов растений, содержащих в себе богатый комплекс различных биологически активных веществ (БАВ), является рейнутрия сахалинская (*Reynoutria sachalinensis*). Листья *R. sachalinensis* содержат ряд фенольных соединений, в том числе конденсированные танины [1]. В литературе показаны перспективы интродукции, хозяйственного использования *R. sachalinensis* как кормовой, медоносной культуры и источника фенольных соединений с антиоксидантными, индуцирующими фунгицидную активность свойствами, поэтому изучение синтеза и накопления фенольных соединений в данном виде является перспективной задачей.

Синтез фенольных соединений идёт преимущественно по шикиматному пути, конечный продукт которого – хоризмат, далее преобразуется в ароматические аминокислоты: L-тирозин, L-триптофан и L-фенилаланин. L-фенилаланин является предшественником фенилпропаноидов и таких соединений как конденсированные танины, антоцианы, флавоноиды, изофлавоноиды, фенольные кислоты и др. Одним из ключевых ферментов шикиматного пути является шикиматдегидрогеназа (ШДГ), которая вместе с дегидрохинатдегидратазой образует комплекс и является НАДФ-зависимым ферментом. ШДГ катализирует реакцию обратимого восстановления 3-дегидрошикимата в шикимат [2]. Соответственно, зная механизмы регуляции ШДГ, можно повысить содержание целевых веществ в растении и ценность сырья. Однако, подобного рода работы невозможны без выделения ферментов из растительных тканей.

Используемые для выделения ферментов экстрагенты, физико-механические воздействия и условия среды экстракции должны быть щадящими и не нарушать их нативную конформа-

цию. Для максимизации выхода белков из растительной ткани в экстракт необходимо разрушить мембраны и клеточные стенки, для чего используют механическое воздействие: измельчение в ступке, при помощи гомогенизатора или ультразвука. Также используются детергенты, нарушающие структуру липидного бислоя, например, алкилфенолгидроксиполиэтилен (Triton X-100), полисорбат -80 (Tween-80) и др. [3]. Сохранению активности ферментов в полученном экстракте препятствует ряд факторов, а именно наличие протеаз, высвобождающихся при разрушении клеточной структуры и способных гидролизовать пептидные связи белка. Поэтому при экстракции используются ингибиторы протеаз, такие как бензамидин, фенолметилсульфонилфторид (PMSF) и др. Фенольные соединения, присутствующие в экстракте, в результате окисления под действием кислорода воздуха, присутствия тяжелых металлов и др. способны ковалентно связываться с белками, взаимодействовать с реакционно-способными группами и вызывать агрегацию белка. В результате ферменты изменяют свою конфигурацию и утрачивают биологическую активность. Чтобы предотвратить связывание с фенольными соединениями, такими как танины и олигомеры катехина, используют адсорбирующие полимеры поливинилпирролидон (PVP), нерастворимый поливинилполипирролидон (PVPP) или ионообменные смолы, такие как DOWEX, XAD-4 и др. [3].

Состав сред для экстракции ШДГ широко варьируется в зависимости от видов и органов растений. Однако, в настоящее время недостаточно данных об активности и особенностях выделения ШДГ, в том числе из листьев растений *R. sachalinensis*. Таким образом, целью данного исследования была оптимизация состава среды для выделения ШДГ из листьев *R. sachalinensis*.

Материалы и методы. Объектом исследования были листья *R. sachalinensis*, которая входят в коллекцию ботанического сада ФБГНУ ВИЛАР. Листья хранили при -80°C до проведения экстракции.

Образцы измельчали при помощи ступки в жидком азоте, после чего перемещали в охлажденную коническую пробирку типа Falcon и на льду добавляли охлажденную до 4°C среду для экстракции в соотношении 1:5. В данном исследовании использовали три варианта среды для экстракции: 1) контрольную (контроль); 2) контрольную с добавлением 20% глицерола (глицерол) и 3) контрольную с 1% тритоном (тритон). Контрольная среда для экстракции состояла из 0,2 М Трис-НСl буфера (pH=7,4), содержащего 2 мМ ЭДТА, 1 мМ PMSF, 1 мМ бензамидина, 10 мМ дитиотреитола (ДТТ), 3% XAD-4 и 5% PVP [4]. Используя погружной блендер (Dlab D-160, Китай), трижды проводили гомогенизацию по 15-20 сек., полученный экстракт фильтровали и центрифугировали при 14000 об/мин и 4°C в течение 5 мин. (5427R, Eppendorf, Германия). Надосадочную жидкость, которую обозначали как неочищенный экстракт, аликвотировали по 0,5 мл. Половину неочищенного экстракта замораживали при -80°C для дальнейшего исследования содержания белков и активности фермента, а во второй половине образцов проводили выделение белка методом осаждения ацетоном.

Осаждение белка проводили охлажденным до -20°C ацетоном с добавлением 1 мМ ДТТ на льду: к 0,5 мл экстракта быстро приливали необходимый объем ацетона до насыщения 60%, смесь быстро перемешивали и центрифугировали при 14000 об./мин. в течение 3 мин. при 4°C . Надосадочную жидкость аккуратно сливали, а осадок белка в среде с тритоном трижды промывали 100% ацетоном, содержащим 1 мМ ДТТ. В контроле и среде с глицеролом осадок белка не промывали из-за его минимального количества и светлого цвета, не требующего доочистки от пигмента. Остаток ацетона удаляли, осадок белка растворяли в буфере 0,2 М Трис-НСl (pH=7,4), 2 мМ ЭДТА и 1 мМ ДТТ (очищенный экстракт). Получившийся очищенный экстракт замораживали при -80°C . Содержание белка определяли методом Брэдфорда.

Анализ активности ШДГ проводился следующим способом: реакционная смесь объемом 0,5 мл содержала 20 мкл раствора образца, 4 мМ НАДФ⁺ и 8 мМ шикимовой кислоты и 0,2 М Глицин-NaOH буфера при pH=10,2. Активность фермента ШДГ определяли на планшетном спектрофотометре (SPECTROstar NANO, BMG LABTECH, Германия) и рассчитывали по скорости увеличения оптической плотности при 340 нм и выражали в нкат/мг⁻¹ белка.

Анализ полученных данных выполнен с использованием R Studio (версия 023.09.1+494) и языка программирования R (версия 4.3.2). Распределение данных оценивали при помощи теста Шапиро-Уилка. Сравнение групп проводили методом Краскелла-Уоллиса, при выявлении достоверных различий проводили попарное сравнение при помощи теста Данна с поправкой Бонферрони на множественность сравнений. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. В результате работы были получены образцы неочищенного и очищенного экстрактов при использовании контрольной и модифицированных сред для экстракции (Рисунок 1).

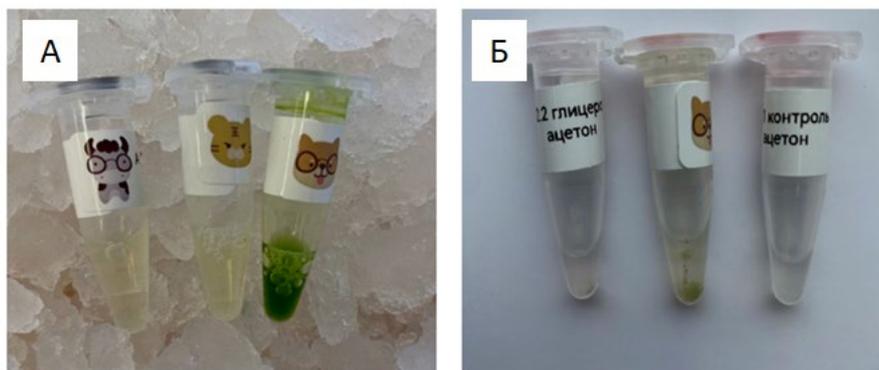


Рисунок 1 – Пример экстрактов, полученных из листьев *R. sachalinensis* (слева направо): А – неочищенный экстракт: контроль, глицерол, тритон; Б – очищенный экстракт: глицерол, тритон, контроль

Затем в образцах было определено содержание белка методом Брэдфорда и активность ШДГ (Таблица 1).

Таблица 1. Активность ШДГ и содержание белка в очищенных и неочищенных экстрактах при использовании различных сред для экстракции

Показатель	Контроль, N = 17	Глицерол, N = 15	Тритон, N = 9	p
Неочищенный экстракт				
Активность, нкат/мг белка	3,90 (2,6-5,7)	7,70 (5,8-9,8) *	1,30 (0,7-3,1)*°	<0,001
Белок, мкг/мл экстракта	0,16 (0,14-0,18)	0,09 (0,08-0,11) *	0,95 (0,52-1,09)*°	<0,001
Очищенный экстракт				
Активность, нкат/мг ⁻¹ белка	1,68 (1,37-1,91)#	1,86 (0,26-3,66)#	1,00 (0,79-1,29)	0,2
Белок, мг/мл экстракта	0,16 (0,11- 0,20)	0,08 (0,05-0,09)*	0,82 (0,68-0,85)*°	<0,001
Данные представлены в виде медианы (25-75 перцентилей)				
* – различия достоверны по сравнению с контролем, $p < 0,05$				
° – различия достоверны по сравнению с группой глицерол, $p < 0,05$				
# – различия достоверны по сравнению с неочищенным экстрактом, $p < 0,05$				

Как видно из таблицы 1, в неочищенном экстракте содержание белка в контрольных образцах было в 1,7 раз выше ($p=0,007$), чем в образцах с глицеролом и в 6 раз ниже ($p=0,002$), чем в образцах с тритоном. При этом, самая высокая активность ШДГ была выявлена при использовании среды с 20% глицеролом: на 49% выше ($p=0,015$) уровня контроля и в 6 раз выше ($p < 0,001$), чем при использовании среды с 1% тритоном. Образцы с тритоном, несмотря на высокое содержание белка, показали низкую активность фермента.

В очищенных экстрактах были выявлены различия в содержании белка: наибольшее количество белка было выявлено при использовании среды для экстракции с тритоном, которое в 5,1 ($p=0,005$) и 10,2 раз ($p<0,001$) превышало таковые значения в контроле и глицероле, соответственно. При этом, не было выявлено различий в активности ШДГ ($p=0,2$).

При сравнении содержания белка в неочищенном и очищенном экстракте не было выявлено достоверных различий. При этом активность фермента существенно различалась между группами ($p<0,001$). Так, в контрольной группе активность ШДГ после очистки ацетоном снизилась в 2,3 раза ($p<0,001$), а при использовании среды с глицеролом – в 4,1 раза ($p<0,001$). Однако, на активность ШДГ в среде с тритоном очистка значимо не повлияла ($p=0,470$).

В результате проведенного исследования было выявлено, что использование 20% глицерола в составе среды для экстракции было наиболее эффективно для сохранения активности фермента. Более высокая активность ШДГ при низком содержании белка по сравнению с другими вариантами среды для экстракции может быть объяснена свойством этого соединения стабилизировать белок, сохраняя нативные свойства ферментов. Предположительный механизм стабилизации описан в работе В. Вагененде и соавт. [5]. Снижение активности после очистки ацетоном, вероятно, связано с тем, что в процессе осаждения глицерол полностью удаляется из экстракта.

Добавление 1% тритона к среде для экстракции привело к максимальному выходу белка, вероятно, высвобожденного при разрушении детергентом клеточных мембран. Также имеются данные о способности тритона сохранять белки в солюбилизованном и функциональном состоянии [3]. Однако, нами было выявлено, что тритон отличался по активности ШДГ от других вариантов в худшую сторону, что вероятнее всего связано с особенностью расчёта активности фермента, при котором производится перерасчет на количество белка в образце (нкат/на мг^{-1} белка).

Большинство исследований активности ШДГ в растительных образцах проводили без дополнительной очистки и осаждения ацетоном, несмотря на то, что это может удалить максимальное количество липидов, пигментов и фенольных соединений и облегчить анализ при высокой цветности грубого экстракта и низком количестве белка. В нашем предыдущем исследовании о применимости метода ацетонового осаждения белка из неочищенных экстрактов листьев облепихи крушиновидной и свидины шелковистой было выявлено, что очищенный экстракт, полученный при добавлении ацетона до 60% насыщения, был наиболее удобен в работе, имел высокую активность фермента, не содержал окрашенных примесей, но общее содержание белка было меньше, чем в неочищенном экстракте [4]. При этом, относительная активность ШДГ в очищенном экстракте не отличалась от неочищенного экстракта или превосходила его [4]. В то же самое время, в настоящем исследовании содержание белка в очищенном экстракте не отличалось от неочищенного экстракта, а ферментативная активность снизилась после осаждения ацетоном в 2,3 раза.

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что на исследование активности ферментов могли повлиять видоспецифические особенности растительного сырья. Добавление глицерола к среде экстракции наиболее эффективно при изучении активности ШДГ в листьях данного вида. Однако, тот факт, что последующее осаждение нивелировало различия, говорит о том, что необходимы дальнейшие исследования по оптимизации выделения и исследования активности ШДГ из листьев *R.sachalinensis*. Так, возможно, что глицерол критичен для стабильности ШДГ и необходимо изменение состава буфера для растворения белка путем добавления в него глицерола. Также, в связи с необходимостью заморозки проб до проведения исследования, состав буфера может играть важную роль. Например, известно, что различные буферные системы меняют значение рН при изменении температуры, суммарный сдвиг рН при температуре от + 25 до - 30°C может составлять от 0,3 до 1,1 в зависимости от буфера. Можно предположить, что снижение активности в очищенном экстракте было вызвано составом буфера для растворения на основе Трис-НСI и его замена на другой предотвратит снижение активности фермента – однако, отсутствие различий при использовании среды с тритоном не позволяет однозначно подтвердить данный факт.

Заключение. Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что наиболее эффективной для экстракции ШДГ из листьев *R. sachalinensis* являлась среда с добавлением 20% глицерола. В результате чего активность ШДГ увеличилась на 49% по сравнению с контролем и в 6 раз, по сравнению с использованием среды с 1% тритоном. Показано, что очистка ацетоном снижала эффективность экстракции, однако причина такого эффекта требует дополнительного исследования. Данное исследование позволит проводить более точные исследования активности ШДГ в различных видах растений, в том числе богатых фенольными соединениями.

Финансирование: Работа выполнена согласно Государственному заданию по теме FGUU 2022–0013

Библиографический список

1. Bensa M., Glavnik V., Vovk I. Leaves of invasive plants—Japanese, Bohemian and giant knotweed—the promising new source of flavan-3-ols and proanthocyanidins // *Plants*. – 2020. – Т. 9. – №. 1. – С. 118.
2. Shende V. V., Bauman K. D., Moore B. S. The shikimate pathway: gateway to metabolic diversity // *Natural Product Reports*. – 2024.
3. Pierpoint W. S. The extraction of enzymes from plant tissues rich in phenolic compounds // *Protein purification protocols*. – 2004. – С. 65-74.
4. Никонорова Е. Р., Балеев Д. Н. Применение метода осаждения белка ацетоном для определения активности ферментов лекарственных растений // *Химия растительного сырья*. – 2023. – №. 4. – С. 111-117.
5. Vagenende V., Yap M. G. S., Trout B. L. Mechanisms of protein stabilization and prevention of protein aggregation by glycerol // *Biochemistry*. – 2009. – Т. 48. – №. 46. – С. 11084-11096.

МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ РЕМОНТАТНОЙ МАЛИНЫ НА ОСНОВЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ УЗЛОВЫХ ЭКСПЛАНТОВ

В.С. Уткирова¹, М.Д. Якубов²

¹- старший научный сотрудник лаборатории «In vitro» научно-исследовательского института лесного хозяйства, Ташкентская область, Узбекистан, ²-доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Биотехнология» Центра передовых технологий, Ташкент, Узбекистан, E-mail: mirakbardan@yahoo.com

Аннотация. Рассмотрены особенности микроклонального размножения перспективного сорта малины. Были исследованы оптимальные условия для микроразмножения малины на основе культивирования узловых эксплантов. Отобран гормональный состав для корнеобразования и условия адаптации растения к грунту.

Ключевые слова: малина, микроразмножение, *in vitro*, производство оздоровленных маточных растений.

MICROPROPAGATION OF REPAIR RASPBERRY BASED ON CULTIVATION OF NODAL EXPLANTS

V.S. Utkirova¹, M.D. Yakubov²

¹- Senior Researcher of "In vitro" laboratory of Scientific-Research Institute of Forestry, Tashkent region, Uzbekistan, ²-Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher of "Biotechnology" laboratory of the Center of Advanced Technologies, Tashkent, Uzbekistan, E-mail: mirakbardan@yahoo.com

Annotation. The peculiarities of microclonal propagation of a promising variety of raspberry are considered. Optimal conditions for micropropagation of raspberry on the basis of cultivation of nodal explants were investigated. The hormonal composition for root formation and conditions of plant adaptation to the soil were selected.

Keywords: raspberry, micropropagation, *in vitro*, production of healthy mother plants.

Введение. Малина - одна из наиболее ценных ягодных культур, ее плоды пользуются большим спросом у населения, так как обладают уникальными питательными и лечебными свойствами. В настоящее время наблюдается недостаток сертифицированного посадочного материала перспективных сортов малины, что объясняется ухудшающейся экологической ситуацией, распространением вирусных и грибных заболеваний, а также низкой способностью некоторых генотипов к образованию корневых отпрысков. Саженцы высокого качества, полученные таким образом, при соблюдении всех агротехнических требований, в дальнейшем будут способствовать получению наиболее высоких урожаев, а соответственно и прибыли. Поэтому важно разрабатывать технологии, основанные на методах культивирования изолированных клеток, тканей и органов растений, которые позволяют более эффективно размножить здоровый посадочный материал для обновления существующих и организации новых плантаций малины, тем самым увеличивая его производство на более интенсивной основе [1].

Клонирование растений *in vitro* в последние годы в Узбекистане широко применяется в биотехнологических работах для быстрого выявления ценных генотипов и в народном сельском хозяйстве для получения оздоровленного высококачественного однородного посадочного материала. Год за годом список видов растений, для которых разработаны технологии микроклонального размножения, постоянно расширяется [2, 3]. Одно из этих растений ремон-

тантный сорт малины Маравилла. Ремонтантная малина - отличный выбор для садовода, желающего иметь свежие ягоды с лета и до глубокой осени. Ремонтантные сорта малины могут плодоносить два раза за сезон, первый раз - как обычные сорта, а второе плодоношение - с июля (на юге) - и середины августа (в центральных областях) до поздней осени. Причём, второй осенний урожай, как правило, отличается более крупными ягодами. Сорт малины Маравилла характеризуется крепким, средне раскидистым кустом высотой 2,5-3,5 метра и шириной 65-70 см. Побеги прямостоячие и толстые, с выраженной дугообразной макушкой, равномерно покрытые мелкими шипами. Весенне - летний урожай сорта Маравилла производит в два раза больше ягод (60-65% от общего урожая), чем осенью (35-40%). В среднем на гектар собирают при выращивании в теплице от 50 до 60 тонн урожая. У данного сорта довольно хороший размер ягод, средний вес которых 8 грамм, ягода ширококонической формы, урожайность довольно высокая до 4.5 кг с куста на два урожая [4].

Цель исследования заключалась в оптимизации элементов технологии клонального микроразмножения (введение в культуру, собственно микроразмножение, укоренения *in vitro*) сорта малины Маравилла на основе модификации минерального и гормонального состава питательной среды с учетом морфогенетических особенностей растений.

Результаты и обсуждения. В качестве исходного материала в культуре *in vitro* использовали интенсивно растущие зеленые побеги голубики, изолированные с вегетирующих кустов сорта малины «Маравилла» в весенне - летний период и вызревшей лозы в осенне-зимний период.

Из доставленных в лабораторию зеленых побегов растений, произрастающих в поле, или заготовленных из выведенной из состояния покоя вызревшей лозы, вычленили верхушки побегов размером 2 - 3 см. Верхушки побегов стерилизовали в 70 %-м этиловом спирте в течение 30 -40 с. Затем их помещали в 25% раствор гипохлорита натрия на 5 - 7 мин. После верхушки побегов перемещали в стерильную воду для промывки от дезинфицирующих веществ. Работы по высадке исходных эксплантов, а также их микроразмножение проводили в ламинарном боксе.

Клонирование осуществляли на питательной среде используя среду с минеральным составом по прописи MS [5], содержащую 30 г/л сахарозы, 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6- БАП), рН=5,6. Для ризогенеза эксплантов использовали 0,5 мг/л Индол-3-масляная кислота (ИМК). Культивирование проводили при 24±1 °С, в условиях фотопериода 16/8 часов. Длительность пассажа составляла 24–26 дней. Для оптимизации углеводного питания в среды включали дисахарид сахарозу или моносахарид глюкозу в концентрации 30 г/л [6-8]. Банки с регенерантами как на этапе введения в культуру, так и на этапе мультипликации содержали в условиях интенсивного освещения 2500 Лк.

Таким образом, изучены особенности клонального микроразмножения ремонтантного сорта малины и установлено, что экспланты хорошо регенерируются при использовании невысокие концентрации цитокининов: 0,5 мг/л. При культивировании малины на данных средах растения-регенеранты имели развитый листовой аппарат и достаточную высоту побега. Добавление в среды 0,5 мг/л обуславливало развитие корневой системы более активно. В этом случае на 28-й день культивирования растения достигали в высоту до 8-10 см, состояли из 3-4 узлов, имели от 3 до 5 корней средней длиной 2-5 см.

Заключение. Было определено, что наиболее оптимальными условиями для микроразмножения малины на основе культивирования узловых эксплантов является сочетание 6- БАП кинетина в концентрации 0,5 мг/л с ИМК в концентрации 0,5 мг/л. Эти условия позволяют в течение 28 дней получить растение, состоящее из 3-4 узлов, что делает их пригодными к дальнейшему микроразмножению, и имеющее хорошо сформированную корневую систему, что является важным моментом в случае необходимости адаптации растения к грунту.

Библиографический список

1. Якубов М.Д. Особенности введения в культуру *in vitro* промышленных сортов и дикого вида винограда, культивируемых в Узбекистане // *Universum: химия и биология*. – 2023. – №6-1 (108). DOI - 10.32743/UniChem.2023.108.6.15584
2. Utkirova V.S., Yakubov M.D. Adaptation to the ground of blueberry plants (*Vaccinium myrtillus* L.) produced *in vitro* // *International Engineering Journal for Research & Development*, 2022, Vol. 7, Issue 5, PP 1-3.
3. Холмуратов Э.Г., Насырова Г.Б., Сабирова М.Ш., Якубов М.Д. Микроразмножение батата (*Ipomoea batatas* L.) на основе культивирования узловых эксплантов // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.* – 2024. – № 1 (115). – С. 41-43. DOI - 10.32743/UniChem.2024.115.1.16522
4. Казаков И.В., Евдокименко С.Н. Достижения в селекции ремонтантной малины на основе межвидовой гибридизации // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. – 2009. – №1 1.03.2024).
5. Murashige, T. and F. Skoog, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.
6. Муратова С.А. Влияние различных углеводов на регенерацию, размножение и рост растений *in vitro* / С.А. Муратова, Р.В. Папихин, М.Б. Янковская // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2008. – Т. XXXI. – Вып. 2. – С. 86-94.
7. Джигадло Е.Н. Методические рекомендации по использованию биотехнологических методов в работе с плодовыми, ягодными и декоративными культурами / Е.Н. Джигадло, М.И. Джигадло, Л.В. Голышкина. – Орёл: ГНУ ВНИИСПК. 2005. – 51 с.
8. Соловых Н.В. Размножение *in vitro* растений рода *Rubus* / Н.В. Соловых, С.А. Муратова // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2011. – №1 (217). – С. 32-39.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ВИДА TRITICUM SPHAEROCOCCUM

А. Р. Хайруллина, А. А. Аскарова

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
ФИЦ Казанский научный центр РАН, г. Казань, Россия, e-mail: alsu_85@inbox.ru

Аннотация. Пшеница шарозерная (*Triticum sphaerococcum* Perc.) - узкоэндемичный вид гексаплоидной пшеницы, являющийся культурой древних цивилизаций Индии. Несмотря на то, что шарозерная пшеница обладает уникальным набором ценных качеств, она является малоизученным видом. Актуальность исследования заключается в расширении биоразнообразия культивируемых видов пшеницы и ведения региональной селекционной работы с шарозерными сортами пшеницы. В данном исследовании были изучены технологические свойства зерна, содержание белка и клейковины в зерне, а также седиментация муки с целью сравнения шарозерных сортов с другими видами пшениц.

Ключевые слова: *Triticum sphaerococcum*, пшеница шарозерная, качество зерна, седиментация муки.

COMPARATIVE STUDY OF GRAIN QUALITY OF TRITICUM SPHAEROCOCCUM SPECIES

A. R. Khairullina, A. A. Askarova

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center RAS,
Kazan, Russia, e-mail: alsu_85@inbox.ru

Abstract. Indian dwarf wheat (*Triticum sphaerococcum* Perc.) is an endemic species of hexaploid wheat, which is a crop of ancient civilizations of India. Despite the fact that Indian dwarf wheat has a unique set of valuable qualities, it is an understudied species. The relevance of research is to expand the biological diversity of cultivated wheat species and management of regional breeding work with *Triticum sphaerococcum* varieties. In this study, the technological properties of grain, protein and gluten content in grain, as well as sedimentation of flour were studied with the view to comparison *Triticum sphaerococcum* varieties on the other wheat species.

Key words: *Triticum sphaerococcum*, Indian dwarf wheat, grain quality, sedimentation of flour.

Введение. Пшеница шарозерная (*Triticum sphaerococcum* Percival) – узкоэндемичный вид гексаплоидной пшеницы, обнаруженный в Индостане и являющийся одним из основных культур древних индийских цивилизаций. В настоящее время шарозерная пшеница практически не возделывается в Пакистане и Индии, это обусловлено низкими продуктивными качествами шарозерной пшеницы ввиду характерных морфологических особенностей (мелкое зерно и соответственно низкая урожайность) [1].

Несмотря на то, что шарозерная пшеница менее продуктивная, чем мягкая и твердая пшеницы, она обладает комплексом полезных свойств: устойчивостью к полеганию и к осыпанию при перестое на корню, высоким содержанием белка и клейковины в зерне, отличными хлебопекарными качествами, тем самым соответствуя требованиям к сильной пшенице. В связи с ценными признаками шарозерная пшеница вовлечена в селекционную работу в России и других странах. Научным коллективом Национального центра зерна им. П.П. Лукьяненко Краснодарского края были выведены сорта озимой шарозерной пшеницы «Шарада», «Ордынка», «Прасковья» и «Еремеевна». В Польше выведен сорт яровой шарозерной пшеницы «Trispa»,

в Индии возделывается современный сорт пшеницы с шаровидной зерновкой HD2851. С 2012 г. в рамках проектов государственных заданий ведется поиск и создание яровых форм, адаптивных к условиям Средневолжского региона [2]. В 2023 г. был допущен к использованию в 12 регионах РФ сорт яровой шарозерной пшеницы (*Triticum sphaerococcum* Percival) Сакара (рис. 1), выведенный селекционерами ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН путем межвидовой гибридизации. Гибридизация была проведена в 2011 г., в качестве материнской формы была взята линия первого гибридного поколения К-350/10, невосприимчивая к мучнистой росе и бурой ржавчине, в качестве отцовской формы выбран образец шарозерной пшеницы из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) К-45738 (Пакистан) [3].



Рисунок 1. Шарозерная пшеница «Сакара»

Материалы и методы. Исследования проводились в 2023 году на полях экспериментальной базы Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН, расположенного в Лаишевском районе Республики Татарстан. В качестве объектов исследования были выбраны 14 образцов, из них образцы *T. sphaerococcum* из Индии (к-23769, к-33748, к-33750) и Пакистана (к-33767, к-45738), полученные из коллекции редких видов пшеницы ВИР, и выведенный в Татарском НИИСХ сорт Сакара. Для сравнительной оценки были выбраны сорта мягкой пшеницы: Тулайковская 10, Йолдыз, Хазинэ и сорта твердой пшеницы: Таганрог, Бурбон, Безенчукская крепость. В коллекции также изучались две линии селекции ТатНИИСХ, одна из которых К-177/13, являющаяся сферококкоидным рекомбинантным мутантом и линия шарозерной пшеницы Pur sph-1/19, имеющая фиолетовую окраску зерна.

Посев делянок был проведен кассетной сеялкой Nege – 90. Площадь делянки 1 м². Уборка опытных делянок была проведена селекционным комбайном Wintersteiger Classic. Качественные и количественные показатели зерна и муки оценивали в лаборатории аналитических исследований ТатНИИСХ. Технологические свойства зерна определяли: массу 1000 зерен по ГОСТ 10842-89, натуру зерна – ГОСТ 10840-2017, стекловидность зерна – ГОСТ 10987-76. Содержание белка определяли по методу Къельдаля на полуавтоматическом дигесторе Velp Scientifica UDK 139, Италия (ГОСТ 10846-91). Для экспресс-тестирования образцов на содержание клейковины в зерне использовали ИК-анализатор Infratec 1275 (FOSS, Дания). Показатель седиментации муки определяли по микрометоду А.Я. Пумпянского [4].

Результаты и их обсуждение. Технологические свойства зерна являются важной характеристикой мукомольных свойств муки. Среди изучаемых образцов имелись различия по массе 1000 зерен, зольности, натуре и стекловидности. По массе 1000 зерен образцы шарозерной пшеницы уступают сортам твердой и мягкой пшеницы, ввиду мелкозерности шарозерных

сортов. По показателю натура зерна среди шарозерных сортов выделяются образцы к-33767 (799 г/л) и к-33748 (797 г/л), по стекловидности - образец к-33750 (60%) (таблица 1).

Таблица 1. Технологические свойства различных сортов пшеницы, 2023 г.

Наименование образца	Масса 1000 зерен, г	Зольность, %	Натура, г/л	Стекловидность общая, %
Тулайковская 10	32,89±0,16	1,52±0,05	807±1,14	55±1,15
Йолдыз	36,73±0,09	1,52±0,03	778±5,23	48±0,58
Хазинэ	39,58±0,16	1,51±0,04	795±6,78	52±1,53
Сакара	24,46±0,07	1,81±0,01	751±1,45	52±0,58
ВИР 33748	26,89±0,13	1,77±0,02	797±2,72	52±0,0
ВИР 33750	26,21±0,03	1,78±0,01	788±1,55	60±0,58
ВИР 23769	25,22±0,15	1,87±0,02	772±4,48	38±1,53
ВИР 45738	24,44±0,08	1,82±0,05	770±4,65	53±1,73
ВИР 33767	21,97±0,16	1,81±0,02	799±4,17	55±0,58
Таганрог	44,81±0,15	1,46±0,05	808±6,50	81±1,15
Бурбон	45,06±0,11	1,60±0,04	772±2,70	68±1,53
Безенчукская крепость	39,25±0,04	1,55±0,01	798±2,95	67±1,15
Кш-177/13	29,15±0,10	1,77±0,01	721±5,54	50±1,0
Pur sph-1/19	29,24±0,18	1,68±0,02	764±1,40	30±1,53

Качество зерна пшеницы зависит от многих свойств, из которых особое значение имеет белковый комплекс. Содержание белка в исследуемых шарозерных сортах пшеницы выше, чем в мягких и твердых сортах пшеницы и варьирует от 20,4 до 21,9% (таблица 2). Количество и качество клейковины – важнейшие факторы хлебопекарных свойств пшеницы. Наибольшее содержание клейковины у образцов шарозерной пшеницы к-33750 (36,7%), к-33748 (35,6%) из Индии и сорта Сакара (35,3%), что соответствует первой группе качества. Для оценки качества зерна яровой пшеницы в селекционном процессе используется метод определения седиментации, являющийся ускоренным способом определения хлебопекарных качеств зерна пшеницы. Данный метод основан на определении скорости набухания белков клейковины в растворе уксусной кислоты. Преимущество анализа в использовании небольшого количества муки, что предпочтительнее на ранних этапах селекционных работ с пшеницей. Положительные свойства белково-клейковинного комплекса благоприятно сказываются на выпечке хлеба [4]. Для мягкой пшеницы по показателям седиментации разработана соответствующая классификация: сильная – 50 мл и выше; ценная – 30-40 мл; слабая – менее 30 мл. Показатель седиментации сорта Сакара составил 63 мл, лишь немного уступая сорту яровой мягкой пшеницы «Тулайковская 10» (69 мл), включенному в список сильных пшениц.

Таблица 2. Биохимические показатели различных сортов пшеницы, 2023 г.

Наименование образца	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Седиментация, мл
Тулайковская 10	16,60±0,45	30,2±0,0	69±2,83
Йолдыз	13,53±0,24	21,2±0,26	38±0,0
Хазинэ	15,19±0,24	25,87±0,06	53±4,24
Сакара	20,67±0,0	35,33±0,06	63±0,0
ВИР 33748	21,13±0,0	35,57±0,21	60±1,41
ВИР 33750	20,84±0,24	36,67±0,15	60±1,41
ВИР 23769	21,93±0,24	34,77±0,38	46±2,83
ВИР 45738	20,44±0,24	31,87±0,12	54±2,83
ВИР 33767	21,07±0,21	34,3±0,26	40±1,41

Таганрог	17,82±0,69	30,2±0,10	32±0,0
Бурбон	18,56±0,69	34,2±0,12	30±0,0
Безенчукская крепость	16,5±0,45	28,5±0,0	26±0,0
Кш-177/13	19,64±0,45	35,2±0,12	55±1,41
Pur sph-1/19	20,44±0,44	29,9±0,10	58±0,0

Заключение. В результате проведенных исследований мы выявили, что по массе 1000 зерен образцы шарозерной пшеницы уступают образцам твердой и мягкой пшеницы, по показателю натура зерна выделяются образцы к-33767 и к-33748, по стекловидности образец к-33750. Содержание белка в исследуемых шарозерных сортах пшеницы выше, чем в мягких и твердых сортах пшеницы. Наибольшее содержание клейковины у образцов шарозерной пшеницы к-33750, к-33748 из Индии и сорта Сакара. Показатель седиментации шарозерного сорта Сакара находится на уровне сорта яровой мягкой пшеницы «Тулайковская 10», относящейся к сильным пшеницам. Образцы вида *Triticum sphaerocossium* по большинству показателей соответствуют сильным пшеницам, что подтверждает необходимость ведения селекционной работы с шарозерной пшеницей.

Статья выполнена в рамках Государственного задания ТатНИИСХ ФИЦ КазНИЦ РАН.

Библиографический список

1. Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Василова Н.З., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р. Перспективы улучшения и сохранения культуры *Triticum sphaerocossium* Pers. // Вестник Казанского Государственного Аграрного Университета. – 2018. – № 2(49). – С. 5–13. DOI: 10.12737/article_5b34fc9661f608.38724186
2. Асхадуллин Дам.Ф., Асхадуллин Дан.Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Кириллова Е.С., Лысенко Н.С. Селекционное улучшение яровой шарозерной пшеницы *Triticum sphaerocossium* Persival в условиях Средневолжского региона// Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции/ Proceedings on applied botany, genetics and breeding. – 2023. – 184(1). – С. 21-32.
3. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р., Кириллова Е.С., Идиатова Р.Х. Характеристика яровой шарозерной пшеницы Сакара // Зерновое хозяйство России. – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 26–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-26-33.
4. Самофалова, Н.Е. SDS седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна / Н.Е. Самофалова, М.М. Копусь, О.В. Скрипка, Д.М. Марченко, А.П. Самофалов, Н.П. Иличкина, Т.А. Гричаникова. – Ростов н/Дону: ЗАО «Книга», 2014. – 32 с.
5. Пумпянский А.Я. Технологические свойства мягких пшениц. – Л.: Колос, 1971. – 320 с.

УЩЕРБ ОТ СПОРЫНЬИ НА ОЗИМОЙ РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА СКЛЕРОЦИЕВ В КОЛОСЕ

Л. М. Щеклеина

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»,
г. Киров, Российская Федерация, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Аннотация. Вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи в условиях Кировской области зависит в большей степени от количества склероциев в колосе, что приводит к увеличению засоренности зерновой массы склероциями. Установлено, что с увеличением зараженности колоса на 1 склероций количество зерен уменьшается на 4,96 шт., масса зерна на 0,26 г, масса 1000 зерен на 2,49 г.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., озерненность, крупность, масса зерна с колоса, вредоносность

DAMAGE FROM ERGOT ON WINTER RYE DEPENDING ON THE NUMBER OF SCLEROTIA IN THE SPIKE

L. M. Shchekleina

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky", Kirov, Russian Federation, e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Annotation. The harmfulness of ergot on winter rye crops in the Kirov region depends to a large extent on the number of sclerotia in the ear, which leads to an increase in the contamination of the grain mass with sclerotia. It has been established that with an increase in ear infestation by 1 sclerotia, the number of grains decreases by 4.96 pieces, grain weight by 0.26 g, and weight of 1000 grains by 2.49 g.

Keywords: *Secale cereale* L., *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., lakeiness, coarseness, grain weight per ear, pestiness.

Введение. В последнее десятилетие серьезную биоэкологическую опасность представляет повсеместное нарастание спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.) в посевах озимой ржи [1, 2]. По многолетним наблюдениям (1998-2023 гг.) болезнь в Кировской области ежегодно проявляется на половине посевной площади озимой ржи. Поражение посевов изменяется в среднем по сортам от 0,2 до 8,0 % [3]. Сильнее поражаются посевы в западной и юго-западной зонах области, где погодные условия в сочетании с возможными нарушениями технологии возделывания благоприятствуют заражению. Следует отметить, что хозяйства с высокой культурой земледелия стали заложниками окружающих территорий (залежь, бросовые земли, бывшие кормовые угодья), с которых на посевные площади переходят все вредные организмы, в т. ч. и аскоспоры *C. purpurea* [4].

Факторами, способствующими развитию болезни, являются наличие склероциев на поверхности почвы и в зерне, нарушение агротехники и обилие осадков в период конидиальной стадии гриба. Поражение растений спорыньей вызывают посев свежесобранными семенами, возделывание восприимчивых сортов, злаковые сорняки и зерновые предшественники.

Биологическую опасность спорыньи для человека и животных, содержание склероциев в продовольственном и фуражном зерне во всем мире строго регламентируется. В связи с ужесточением отечественных и зарубежных ГОСТов, которые не допускают наличия склероциев в оригинальных и семенах высших репродукций. Следует отметить, что в сравнении с Европой, российский ГОСТ 16990-88 на заготавливаемую рожь менее жёсткий и допускает наличие

0,25 % склероциев спорыньи для группы А (переработка в муку) и 0,5 % для группы В (кормовая рожь) [5, 6]. Использование зараженных зерна и кормов опасно отравлением человека (эрготизм) и животных, т.к. грибок является источником опасных микотоксинов.

Данные о вреде от спорыньи часто бывают занижены, поскольку о них судят по проценту колосьев со склероциями в посеве. Однако при уборке, сушке и обмолоте зерна часть склероциев осыпается, и попадают в почву или сохраняется в зерне в виде механической примеси. В контрольно-семенной инспекции семена отправляют после предварительной очистки. Влияние спорыньи на урожайность озимой ржи сказывается, с одной стороны, происходит замена некоторых зерен склероциями (прямой вред), часть зерна теряется за счёт замещения его склероциями. При поражении колоса происходит обеспложивание большого количества цветков – не только тех, в которых образуются непосредственно склероции (рисунок 1). На образование гриба используется большое количество питательных веществ. В ослабленных вследствие этого растениях задерживается развитие здоровых колосков, создаются благоприятные условия для заражения. А с другой – при развитии гриба в заражённых колосках, происходит также гибель соседних здоровых колосков, и зерно в них также не завязывается, либо оно формируется более мелкое и щуплое (косвенный вред).

Цель исследований: выявить уровень вредоносности спорыньи и влияние болезни на элементы структуры урожая озимой ржи.



Рисунок 1. Обеспложивание цветков озимой ржи в связи с формированием склероциев спорыньи (фото автора)

Материал и методы. Исследования проведены в 2021-2023 гг. в ФГБНУ «Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров). В связи с тем, что спорынья своего максимального развития достигает в период созревании растений, вред, причиняемый ею, заключается в основном в снижении озернённости колоса, крупности и массы зерна с колоса. Эти показатели были проанализированы в зависимости от интенсивности поражения. Для этого были отобраны растения озимой ржи, заражённые склероциями спорыньи (от 1 до 11 склероциев в колосе).

Для статистической обработки результатов применяли пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07) и пакет программ Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Анализ ущерба от спорыньи в зависимости от количества склероциев в колосе показал, что количество колосков в колосе варьировало в широких пре-

делах в зависимости от поражения озимой ржи спорыньей. Максимальное количество колосков в колосе (59) было заложено в непораженных колосьях, при значениях этого показателя у колосьев с одним склероцием было меньше на 1,3 колосков, чем у здорового колоса (таблица 1, рисунок 2). Наличие 3-х склероциев в колосе снижает его до 42 зерен. Наличие в колосе восьми и более склероциев эта закономерность сохраняется и количество колосков в колосе уменьшилось на 34,3-38,0 штук.

Таблица 1. Влияние степени поражения озимой ржи спорыньей на элементы продуктивности растений (в среднем за 2021-2023 гг.)

Количество склероциев в колосе	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Контроль (без склероциев)	59,3±2,40	2,50±0,07	42,2±0,50
- с одним склероцием	58,0±1,53	2,43±0,02	41,9±0,97
- с двумя	52,0±1,73	2,12±0,08	40,8±0,20
- с тремя	42,3±0,88	1,70±0,04	39,9±0,20
- с четырьмя	38,3±0,88	1,41±0,03	36,5±0,15
- с шестью	35,0±0,58	1,23±0,02	34,7±0,33
- с семью	32,3±3,53	0,98±0,11	30,3±0,15
- с восемью	25,0±0,58	0,76±0,03	26,9±0,59
- с одиннадцатью	21,3±2,40	0,51±0,06	22,7±1,76
НСР _{0,5}	5,8	0,2	2,2

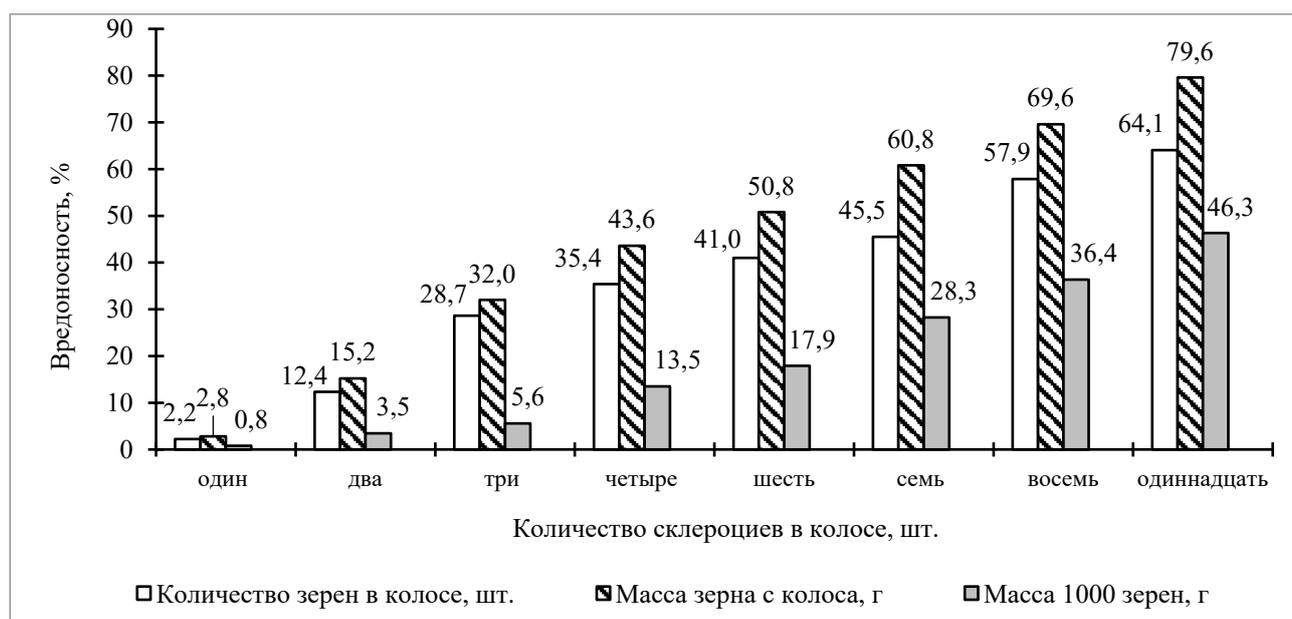


Рисунок 2. Влияние зараженности колоса склероциями на элементы структуры урожая озимой ржи

Что касается озерненности и крупности зерна, то она также имела тенденцию к снижению на 0,07-1,99 грамма и на 0,3-19,6 грамма, но достоверное изменение признака отмечалось только при формировании четырех и более склероциев в колосе. У непораженных растений масса зерна с колоса в среднем составила 2,5 грамма, а масса 1000 зерен – 42,2 грамма. При формировании 11 склероциев в колосе масса зерна с колоса уменьшилась на 4,9 раза и составила 0,51 грамм, а крупность зерна на половину и была 22,7 грамма.

Выявлено существенное снижение основных элементов структуры урожая. При образовании большего числа склероциев озерненность колоса снижается на 2,2-64,1 % или 7-38 зерен по сравнению с контрольным вариантом. Так, состояние признака у колосьев с одним склероцием была на 2,2 % ниже, чем на контроле, с двумя – на 12,4 %, с тремя – на 28,7 %, с четырьмя

– на 35,4 %, с шестью – 41,0 %, с семью – 45,5 %, с восемью – 57,9 % и с одиннадцатью – на 64,1 %. Озерненность колоса снижалась на 2,24-64,05 % или 7-38 шт. по сравнению с контролем.

Основным показателем структуры урожая является масса зерна с колоса. Ее снижение в связи с формированием склероциев в рядом расположенных цветках и колосках влечет за собой и уменьшение урожайности на 2,8-79,6 % по сравнению с непораженными колосьями. При наличии в колосе одного склероция этот показатель снижался на 2,8 %, с двух – на 15,2 %, с трех – на 32,0 %, с четырех – на 43,6 %, с шести – 50,8 %, с семи – 60,8 %, с восьми – 69,6 % и с одиннадцати – на 79,6 %.

Что касается крупности зерна, то она также имела тенденцию к снижению (на 0,8-46,3 % или 0,3-19,6 граммов), но достоверное изменение признака отмечалось только при формировании более четырех склероциев в колосе. При формировании одного склероция в колосе она снижалась на 0,8 %, двух – на 3,5 %, трех – на 5,6 %, четырех – на 13,5 %, с шести – 17,9 %, с семи – 28,3 %, с восьми – 36,4 % и с одиннадцати – на 46,3 %.

Между количеством склероциев в колосе и элементами структуры урожая установлена достоверная (при $P > 0,95$) отрицательная корреляционная зависимость: $r = -0,98$ (число зерен в колосе), $r = -0,97$ (масса зерна с колоса), $r = -0,80$ (масса 1000 зерен).

Уравнения регрессии между количеством склероциев и показателями элементов структуры урожая ржи представлены в таблице 2. Их интерпретация позволяет анализировать, что увеличение числа склероциев в колосе на 1 штуку приводит к снижению количества зерен и массы зерна в колосе на 0,98 %, а крупности на 0,93 %. С другой стороны, уравнение линейного тренда с вероятностью 93-98 % доказывает, что с увеличением зараженности колоса на 1 склероций, количество зерен в колосе снижается на 4,96 штуки, масса зерна с колоса на 0,26 граммов и масса 1000 зерен на 2,49 грамма. Приведенные уравнения регрессии, математически доказывают, что с увеличением количества склероциев в колосе наблюдалось увеличение вредоносности спорыньи в условиях Кировской области.

Таблица 2. Уравнение регрессии на различных по зараженности колоса склероциями спорыньи сортах озимой ржи

Показатели	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R^2
Количество зерен в колосе	$y = -4,9617x + 65,197$	0,981
Масса зерна с колоса	$y = -0,2617x + 2,8083$	0,988
Масса 1000 зерен	$y = -2,4867x + 47,533$	0,931

Заключение. Таким образом, уровень вредоносности спорыньи на посевах озимой ржи зависит в большей степени от количества и крупности склероциев в колосе, на образование которых растение тратит большое количество питательных веществ. Все это приводит к увеличению засоренности зерновой массы склероциями, а при недостаточной очистке его и семенного материала. При очистке озимой ржи от склероциев *S. purpurea* следует учитывать преобладающие в зерне разных сортов их биометрические показатели. Морфо-биометрические параметры (длина, ширина, масса) склероциев текущего года можно использовать в прогнозе фитосанитарной ситуации по спорынье и будущего урожая озимой ржи.

Библиографический список

1. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Развитие спорыньи на низкопентозановой диплоидной озимой ржи // *Зерновое хозяйство России*. – 2021. – № 4 (76). – С. 73-78. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-73-78>.
2. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Сорта озимой ржи, умеренно устойчивые к спорынье // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2022. – № 183 (4). – С. 229-238. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-229-238>.
3. Щеклеина Л. М. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба

Claviceps purpurea (Fr.) Tul. и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – № 2. – С. 134-143. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>.

4. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 6-13. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-006-013>.

5. Гончаренко А. А. Современное состояние производства, методы и перспективы направления селекции озимой ржи в РФ // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа: Башкирский НИИСХ, 2009. – 248 с.

6. Miedaner T., Geiger H. H. Biology, Genetics and Manogement of Ergot (*Claviceps* spp.) in Rye, Sorghum and Pearl Mille // Toxins. – 2015. – No. 7 (3). – P. 659-778. DOI: 10.3390/toxins7030659.

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫМИ ПРОДУКТАМИ ПИТАНИЯ,
А ЖИВОТНЫХ – СБАЛАНСИРОВАННЫМИ РАЦИОНАМИ**

М.В. Антонов, Е.О. Крупин

ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, e-mail: vfhr1337@gmail.com

***Аннотация.** В статье кратко рассмотрены проблемы дефицита белка в рационе у человека, дефицит белка в кормах у животных, краткое описание кормовой энергетической кормовой добавки, обзор результатов испытаний.*

***Ключевые слова:** Животноводство, рацион, кормовая добавка, цеолит, хвойно-энергетическая кормовая добавка.*

**SOLVING THE PROBLEM OF PROVIDING HUMANS WITH HIGH QUALITY FOOD
PRODUCTS AND ANIMALS WITH BALANCED DIETS**

M.V. Antonov, E.O. Krupin

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail:vfhr1337@gmail.com

***Annotation.** The article briefly discusses the problems of protein deficiency in human diet, protein deficiency in animal feed, brief description of feed energy feed additive, review of test results.*

***Keywords:** animal breeding, ration, feed additive, zeolite, coniferous-energetic feed additive.*

Введение. Животноводство является неотъемлемой частью экономической сферы любого государства, так как продукция животноводства обеспечивает население не только питанием (мясо, молоко, яйца и т.д.), но и различными сырьевыми продуктами (кожа, мех, перо/пух и т.д.).

Обеспечение продуктами продовольствия населения страны является приоритетной задачей отрасли животноводства. В особенности это касается удовлетворения белковой потребности.

На сегодняшний день по данным Росстата, по итогам 2023 г. в стране произвели 16,5 млн тонн скота и птицы на убой в живом весе. Это на 2% больше, чем в 2022 году. Производство молока увеличилось на 2,5% – до 33,8 млн тонн. Яиц было произведено 46,7 млрд. шт. – на 1,2% больше, чем в 2022 г. [1]. При этом по данным Роспотребнадзора, указанных в докладах о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия, за 2012г. удельный вес населения с недостаточным потреблением белка составил 99,1%, 2014 г. у более чем 80,0 % населения страны сохраняется дефицит потребления белка. В отчётах за следующие года так же указывается на проблему дефицита макро- и микронутриентов в рационах людей [2].

Решением проблемы нехватки необходимых нутриентов в продуктах питания, является повышение качества технологии животноводства: содержание, кормление, профилактика не только инфекционных, но у внутренних незаразных болезней животных.

Так же, как и у людей, корма для животных могут иметь дефицит тех или иных компонентов, сказывающихся как на продукции (снижение удоев, снижение качества продукции, медленный набор живой массы и т.д.), так и на самом организме (патологии связанные с питанием - болезни печени, кетоз/ацидоз, алиментарные аборт и т.д.)

Поэтому необходимо ставить цель не только повышение количества, но и качества продукции. Одними из способов повышения качества, а следственно и увеличения пищевого белка, макро- и микронутриентов в готовых продуктах, является:

- Улучшение кормовой базы хозяйств, повышение разнообразия корма, недопущение поедания недоброкачественных кормов;
- Подбор рациона по:
 - физиологическому статусу животных,
 - патологическому статусу,
 - воздействию окружающей среды на организм;
- Учитывать соотношение микро- и макроэлементов, белков, жиров, углеводов, витаминов, их антагонизм и синергизм, влияние на организм животного в целом;
- Разработка и внедрение новых кормовых добавок, увеличивающих содержание белков, жиров, углеводов в рационе, витаминов, микро- и макроэлементов в рационе животных, а также повышающих их усвояемость организмом,

Одним из перспективных вариантов достижения целей является введение в рационы сельскохозяйственных животных хвойно-энергетической кормовой добавки, в состав которой входят:

- Глицерин дистиллированный медицинский ГОСТ 6824-96, (1-, 2-, 3-пропантриол);
- Натуральный носитель – хвойная лапка.

Содержание в добавке нутриентов, таких как водорастворимые витамины (аскорбиновая кислота, рибофлавин, пиридоксин, биотин, никотиновая кислота, пантотеновая кислота, фолиевая кислота), жирорастворимые витамины (А, Е, К, D, F), углеводы (моносахариды – глюкоза, фруктоза, манноза, арабиноза, ксилоза, рибоза, и олигосахариды – сахароза, мальтоза, целлобиоза), макро- и микроэлементы (кальций, фосфор, магний, железо, марганец, медь, цинк, кобальт), и азотосодержащие вещества (аминокислоты, белковые).

Применение данной добавки в смеси с различными добавками-адсорбентами способно удовлетворить потребность организма в нутриентах, что обеспечит повышение качества продукции и, следовательно, удовлетворит потребность человека.

Материалы и методы исследований. Приведён обзор научных отчётов, из научно-исследовательских учреждений в разных климатических условиях страны, основанных на применении хвойной энергетической добавки в рационе животных. Описаны влияние добавки на прирост живой массы, увеличение удоя и повышение его качества, пищеварение и изменения микрофлоры преджелудков, работы внутренних органов на основании биохимических показателей крови.

Результаты исследований и обсуждение. Так, по данным из отчёта ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института животноводства им. академика Л.К. Эрнста от 2017г., введение в рационы хвойной энергетической добавки коровам:

1) в конце сухостойного периода позволяло повысить среднесуточные удои в начале лактации на 5,4 - 6,9%;

2) способствовало усилению ферментативных процессов в рубце, что выразилось в увеличении образования летучих жирных кислот на 8,7%, при повышении уровня образования микробиальной массы на 19,4%, в том числе инфузорий на 36,9% и бактерий на 10,7%

3) повышение в крови концентрации альбуминов на 5,5%, глюкозы на 9,5%, а так же уровня гемоглобина на 5,8%;

4) снижение в крови концентрации мочевины на 27,2%, креатинина на 5,2%, холестерина на 26,3% [3].

Из отчёта Зенкина А.С., Кирдяева В.М., Пильгаева Ф.П. и Еделькина А.В. из Аграрного института ФГБОУ ВПО МГУ им Н.П. Огарева, применение хвойной энергетической добавки телятам с нарушением обмена веществ приводит к стимуляции мясной продуктивности (повышение на 10-23% при дозировке 50 - 100мл на голову) телят и откормочных телят. Отмечается стимуляция лимфоцитарного ростка кроветворения, эритропоэтические свойства, стимуляция уровня гемоглобина. Наблюдается нормализация гематокрита [4].

Так же в другом отчёте по применению кормовой добавки на нетелях, они отмечают что при использовании добавки улучшается послеродовое восстановление у нетелей и благотворно влияет на воспроизводительную способность [5].

В работе Лефлер Т.Ф., Мурзиной Т.В., Кириенко Н.Н., Турцына Е.Г., Рабимова А.И., проводимой в Красноярском крае, было отмечено, что хвойно-энергетическая кормовая добавка: -способствует лучшей поедаемости корма, особенно в опытных группах, где добавка скармливалась по 150 гр. и 200 гр. на голову в сутки;

- добавка оказывает положительное влияние на молочную продуктивность, как по удою в сутки (0,6-1,3 кг), так и за опытный период длительностью 130 дней (71-127 кг), при этом не было существенных различий по аминокислотному составу молока между группами [6].

Изменения качественного состава молока было отмечено в работе

По данным ФГБУН "Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма" применение хвойной энергетической добавки на ярках повышает концентрацию в крови общего белка на 7,7 г/л, в том числе альбуминов на 7,2 г/л. Также отмечается гепатопротекторное свойство добавки [7].

Для обеспечения насыщенности рациона микро- и макроэлементами, а также белка, нами разрабатывается кормовая смесь на основе цеолита и энергетической кормовой добавки на основе хвои.

Таким образом, повлияв на рацион животных, восполнив дефицит микро- и макроэлементов, а также повысив качество жизни животных, мы сможем повысить качество продукции животноводства, тем самым восполнить дефицит нутриентов и у человека.

Библиографический список

1. Юлия Ликарчук "Росстат отмечает рост производства продуктов животноводства в 2023 году" // Федеральное отраслевое издание «Ветеринария и жизнь».

2. Государственный доклад "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации" доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

3. Отчёт о выполнении работ по договору на выполнение научно-исследовательских работ № 258 от 01.10.2016 г. с ООО Научно-техническим Центром "Химинвест" по теме "Изучить влияние применения хвойной энергетической добавки в рационах молочных коров" // ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства им. академика Л.К. Эрнста.

4. Отчёт по научно-исследовательской работе: Определение эффективности хвойной энергетической кормовой добавки при нарушениях обмена веществ у телят // Зенкин А.С., Кирдяев В.М., Пильгаев Ф.П., Еделькин А.В.

5. Отчёт по хоздоговорной теме: №418\13 "Разработка рекомендаций по применению хвойной энергетической кормовой добавки для нетелей" // ФГБОУ ВПО "Московский государственный университет им. Н.П. Огарева".

6. Лефлер Т.Ф., Мурзина Т.В., Кириенко Н.Н., Турицына Е.Г., Рабимов А.И. Влияние хвойной энергетической добавки на молочную продуктивность коров // Вестник КрасГАУ. 2020 №11 С. 114-121. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-114-121

7. Отчёт "Влияние хвойной энергетической добавки на основе биомассы леса на морфо-физиологические показатели ярок цыгайской породы" // ФГБУН "Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма".

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЦИКОРИЯ ОБЫКНОВЕННОГО (*CICHORIUM INTYBUS L.*) ДЛЯ ВЕТЕРИНАРИИ

А.Н. Бабенко, Л.В. Крепкова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», Москва, Россия, e-mail: alexandra.mogileva@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования новых фармакологических свойств цикория обыкновенного (*Cichorium intybus L.*) травы экстракта сухого. На модели сулемовой интоксикации крыс Wistar установлено выраженное гепато- и нефропротекторное действие исследуемого экстракта. Обоснована перспектива создания на его основе лекарственного средства для ветеринарии.

Ключевые слова: *Cichorium intybus L.*, гепатопротекторное действие, нефропротекторное действие, лекарственное средство, ветеринария

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF A MEDICINAL PREPARATION BASED ON COMMON CHICORY (*CICHORIUM INTYBUS L.*) FOR VETERINARY MEDICINE

A.N. Babenko, L.V. Krepkova

FGBNU "All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants", Moscow, Russia, e-mail: alexandra.mogileva@gmail.com.

Annotation. The article presents the results of experimental study of new pharmacological properties of common chicory (*Cichorium intybus L.*) herb extract dry. A pronounced hepato- and nephroprotective effect of the studied extract was established on the model of sulem intoxication of Wistar rats. The prospect of creation on its basis of a medicinal product for veterinary medicine was substantiated.

Keywords: *Cichorium intybus L.*, hepatoprotective effect, nephroprotective effect, drug, veterinary medicine

Введение. Загрязнение окружающей среды высокотоксичными соединениями, особенно тяжелыми металлами и их солями, занимает одно из первых мест на сегодняшний день. Загрязнение биосферы этими токсикантами представляет серьезную проблему для окружающей среды и здоровья животных и человека. Металлы загрязнители распространяются, оседая на поверхности почвы, в водоемах, накапливаются в растениях, попадают в организм животных с кормами и водой, вызывая токсикозы, сопровождающиеся нарушением обмена веществ и снижением продуктивности. Распространенность гепато- и нефропатий, обусловленных интоксикациями тяжелыми металлами, продолжает оставаться на высоком уровне. По этой причине профилактика и лечение данной патологии являются актуальными, в том числе поиск и разработка новых лекарственных препаратов на основе лекарственного растительного сырья [1-2]. В связи с этим особое внимание заслуживает новое лекарственное средство - сухой экстракт, полученный в ФГБНУ ВИЛАР из травы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus L.*), основными биологически активными веществами которого являются оксикумарины, оксикоричные кислоты и флавоноиды [4].

Целью наших исследований являлась оценка возможного гепато- и нефрозащитного действия сухого экстракта травы цикория при интоксикации сулемой.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на 90 крысах-самцах популяции Wistar с массой тела 180-200 г. Животные находились в виварии при стандартных

условиях содержания и кормления. План исследования одобрен биоэтической комиссией института.

Объектом данного исследования являлся сухой экстракт травы цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.), полученный в Центре химии и фармацевтической технологии ФГБНУ ВИЛАР, который стандартизован по сумме фенольных соединений в пересчете на цикориевую кислоту ($9,20 \pm 0,43$) % [3,5].

Острую почечную и печеночную недостаточность у животных вызывали однократным подкожным введением раствора хлорида ртути (II) в дозе 4 мг/кг. Было сформировано шесть групп по 15 гол. в каждой. I группа - интактный контроль, используемый для оценки токсического действия ртути двуххлористой (сулема). Животным II группы (модель патологии) однократно вводили подкожно (п/к) сулему в дозе 4 мг/кг; животным III группы вводили в желудок цикория обыкновенного травы экстракт сухой (ЦОТЭС) в дозе 100 мг/кг, IV группы – 500 мг/кг, V группы – препарат сравнения Силимар® в дозе 100 мг/кг. Эти дозы вводили за 1 ч до введения сулемы и в последующие 20 дней – для оценки гепатопротекторного действия. VI группа – ЦОТЭС 1000 мг/кг за 1 ч до введения сулемы и в последующие 10 дней – для оценки нефропротекторного действия.

Определение функционального состояния печени и почек проводили через 5, 10 и 20 сут. после введения сулемы. С этой целью определяли показатели клинической биохимии сыворотки крови на автоматическом биохимическом анализаторе крови URIT-8030 фирмы Urit Medical Electronic (Китай), при помощи наборов фирмы «Human» (Германия), а выделительную функцию почек – диурез на фоне 3% водной нагрузки.

На протяжении эксперимента регистрировали основные интегральные показатели экспериментальных животных: общее состояние, поведение, динамику массы тела, гибель. В конце эксперимента животные были подвергнуты эвтаназии в CO₂ – камере, у них определены коэффициенты массы почек и печени и проведены патогистологические исследования.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью лицензионной программы Statistica version 13 (TIBCO Software Inc, США). Статистически значимыми считали результаты при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Однократное подкожное введение хлорида ртути (II) крысам II группы вызывало токсическое поражение почек и печени, которое сопровождалось статистически значимым увеличением концентрации креатинина, мочевины, общего белка, триглицеридов, холестерина, билирубина, глюкозы; резким повышением активности «печеночных» ферментов. Изучение выделительной функции почек крыс, проведенное на 5 сут. эксперимента, показало, что интоксикация сулемой вызывала у животных нарушение динамики мочеотделения и снижение суммарного диуреза на 30% по сравнению с показателями контрольной группы. Указанные эффекты гепато- и нефротоксического действия сулемы сопровождались нарушением общего состояния животных: снижением потребления корма и воды, динамики массы тела на 25,9%, вялостью, гиподинамией и гибелью 3 животных, что составляло 20 % от общего количества животных в группе.

У крыс, получавших на фоне острой интоксикации сулемой ЦОТЭС в дозах 100 и 500 мг/кг в течение 20 дней, отмечали нормализацию биохимических показателей сыворотки крови, характеризующих белковый, липидный и углеводный обмен в печени, которые на 20 день эксперимента соответствовали аналогичным показателям в контроле. * $p < 0,05$ статистически значимый результат при сравнении модели патологии с контрольной группой, + $p < 0,05$ статистически значимый результат показателей IV и V групп относительно значений II группы в тот же срок наблюдения (таблица 1).

Таблица 1. Биохимические показатели крови крыс-самцов, сулемовая модель (M±m)

Группа животных n=10	Общий белок, г/л	Триглицериды, ммоль/л	Холестерин, общий, ммоль/л	Билирубин, общий, мкмоль/л	Глюкоза, ммоль/л
I. Контроль интактные	74,7±1,0	0,98±0,11	1,72±0,04	4,9±0,2	7,04±0,17

II. Сулема, 3 мг/кг	83,7±1,1*	1,55±0,12*	2,80±0,08*	7,8±0,1*	9,01±0,16*
III. Сулема + ЦОТЭС, 100 мг/кг	75,3±0,7 ⁺	1,22±0,15 ⁺	2,12±0,08 ⁺	4,6±0,1 ⁺	7,24±0,14 ⁺
IV. Сулема + ЦОТЭС, 500 мг/кг	76,3±0,9 ⁺	1,16±0,15 ⁺	1,81±0,05 ⁺	4,8±0,1 ⁺	7,47±0,13 ⁺
V. Сулема + Силимар [®] , 100 мг/кг	75,3±1,1 ⁺	1,02±0,16 ⁺	1,89±0,07 ⁺	4,7±0,2 ⁺	7,42±0,18 ⁺

* $p < 0,05$

Введение экстракта предотвращало резкое повышение активности ферментов сыворотки крови, характеризующих функциональное состояние печени (аланин- и аспаратаминотрансфераз (АЛТ, АСТ), щелочной фосфатазы (ЩФ), гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ), и способствовало их более быстрой нормализации. Полученные результаты III и IV опытных групп сопоставимы с результатами на препарате сравнения (таблица 2).

Таблица 2. Показатели активности некоторых ферментов сыворотки крови крыс-самцов, сулемовая модель (M±m)

Группа животных	ГГТ, Е/л	ЩФ, Е/л	АСТ, Е/л	АЛТ, Е/л
I. Контроль интактные	6,5±0,7	784,0±28,4	136,8±4,2	89,3±3,7
II. Сулема, 3 мг/кг	11,0±0,4*	1005,1±44,2*	175,1±4,4*	126,3±4,1*
III. Сулема + ЦОТЭС, 100 мг/кг	9,0±0,5 ⁺	971,0±60,4	154,7±10,5	90,0±5,4 ⁺
IV. Сулема + ЦОТЭС, 500 мг/кг	8,7±0,7 ⁺	897,6±57,0	151,1±7,1 ⁺	80,9±1,6 ⁺
V. Сулема + Силимар [®] , 100 мг/кг	8,6±0,4 ⁺	819,7±64,7	142,3±5,8 ⁺	92,0±3,4 ⁺

* $p < 0,05$

Введение ЦОТЭС в желудок крысам в дозе 1000 мг/кг (VI группа) на фоне сулемового нефрозо-нефрита, снижало уровень мочевины и креатинина в сыворотке крови крыс в 2 раза на 5 сут. наблюдения, а к 10 дню опыта исследуемые показатели статистически значимо не отличались от аналогичных в контроле. К 10 сут. наблюдения у крыс этой группы отмечали умеренное повышение диуреза как в динамике, так и суммарного. Введение ЦОТЭС в желудок крысам за час до инъекции сулемы и на протяжении 10 сут. увеличивало количество выделившейся мочи по сравнению с животными второй группы, что соответствовало уровню в контроле.

Введение ЦОТЭС во всех исследуемых дозах улучшало интегральные показатели крыс: повышало массу тела до уровня в контроле и снижало гибель до 7 % от общего числа животных в группе.

В конце эксперимента было установлено, что интоксикация животных хлоридом ртути (II) сопровождалась статистически значимым увеличением коэффициентов массы почек и печени, что свидетельствовало о формировании острого воспалительного процесса. У крыс, получавших ЦОТЭС, статистически значимо снижалась относительная масса печени, а весовой коэффициент почек имел тенденцию к снижению по сравнению с аналогичным показателем у животных II группы. Результаты патогистологического исследования печени крыс, получавших ЦОТЭС в дозах 100 и 500 мг/кг и препарат сравнения Силимар[®] показали отсутствие дистрофических изменений, что подтверждает наличие у них выраженных гепатопротекторных свойств.

Заключение. Полученные данные о гепато- и нефропротекторном действии ЦОТЭС на модели сулемовой интоксикации крыс, свидетельствуют о перспективе создания на его основе лекарственного средства для ветеринарии.

Исследования выполнены по теме «Направленный скрининг, оценка фармакологической активности и безопасности биологически активных веществ и фармацевтических композиций на их основе» (шифр темы FGUU-2022-0010).

Библиографический список

1. Ахполова В.О. Современные представления о кинетике и патогенезе токсического воздействия тяжелых металлов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – №1. – С. 55-61.
2. Епифанова И.Э., Епимахов В.Г. Поступление ртути, свинца и мышьяка с кормами и их накопление в организме крупного рогатого скота и овец // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т.5. № 3. – С. 173-186.
3. Лупанова И.А, Мизина П.Г., Ионов Н.С., Поройков В.В., Хлебников А.И., Мартынчик И.А. Влияние цикориевой и хлорогеновой кислот из *Cichorium intybus* L. на активность цитохрома P450 и глутатионтрансферазы // Биофармацевтический журнал. – 2022. – Т. 14 (5). – С. 8-18. <https://doi.org/10.30906/2073-8099-2022-14-5-8-18>
4. Сайбель О.Л., Радимич А.И., Даргаева Т.Д., Лупанова И.А., Ферубко Е.В., Курманова Е.Н., Мартынчик И.А. Фенольные соединения и фармакологический скрининг экстракта травы цикория обыкновенного // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2021. – 10(4). – С.36–45. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2021-10-4-36-45>
5. Krepkova L.V., Babenko A.N., Saybel' O.L., Lupanova I.A., Kuzina O.S., Job K.M., Sherwin C.M., Enioutina E.Y. Valuable Hepatoprotective Plants - How Can We Optimize Waste Free Uses of Such Highly Versatile Resources? // Front. Pharmacol. – 2021. – 12:738504. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.7385042>.

ВИДЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАКЦИНОПРОФИЛАКТИКИ ОСТРЫХ РЕСПИРАТОРНЫХ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Белоусова Д.А., Клепова Ю.В., Порываева А.П., Томских О.Г.
ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, Россия, г. Екатеринбург, e-mail: dashehc@mail.ru

***Аннотация.** Из результатов исследований, проведённых в Уральском регионе, были выделены основные причины респираторных заболеваний крупного рогатого скота, представлен пейзаж возбудителей, определены схемы вакцинации в Уральском регионе и динамика реализации программы вакцинопрофилактики, проведён анализ напряженности популяционного поствакцинального иммунитета. Результаты исследований подтвердили, что эпизоотологическая ситуация по ОРВИ КРС Уральского региона остаётся напряжённой, несмотря на все предпринимаемые меры.*

***Ключевые слова:** острые респираторные инфекции у крупного рогатого скота, вакцинопрофилактика, иммунобиологические препараты, напряженность популяционного поствакцинального иммунитета.*

TYPES AND EFFECTIVENESS OF VACCINE PROPHYLAXIS OF ACUTE RESPIRATORY VIRAL INFECTIONS IN CATTLE IN THE URAL REGION

Belousova D.A., Klepova Y.V., Poryvaeva A.P., Tomskikh O.G.
Federal State Budgetary Scientific Institution "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", Russia, Ekaterinburg, e-mail: dashehc@mail.ru.

***Annotation.** From the results of studies conducted in the Ural region, the main causes of respiratory diseases of cattle were identified, the landscape of pathogens was presented, vaccination schemes in the Ural region and the dynamics of vaccine prophylaxis program implementation were determined, and the analysis of the intensity of population postvaccinal immunity was carried out. The results of the research confirmed that the epizootologic situation on ARVI in cattle of the Ural region remains tense, despite all the measures taken.*

***Keywords:** acute respiratory infections in cattle, vaccine prophylaxis, immunobiological preparations, strain of population postvaccinal immunity.*

Введение. Животноводство является одной из важнейших отраслей аграрно-промышленного комплекса. На него приходится 40% мирового сельскохозяйственного ВВП, оно даёт рабочие места более чем 1,3 миллиардам человек и обеспечивает население примерно одной третью потребляемого белка.

По прогнозам Продовольственной и Сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций, к 2050 году население планеты достигнет 9,8 миллиарда человек, а необходимость в животном белке возрастёт на 70%. Прогнозируется, что мировое производство мяса увеличится более чем в два раза – с 229 миллионов тонн в 1999/2001 году до 465 миллионов тонн в 2050 году, а мировое производство молока удвоится с 580 до 1 043 миллионов тонн. [1]

Постоянный рост спроса в молочных и мясных продуктах, увеличение среднего количества поголовья в молочных стадах животноводческих организациях с одновременным уменьшением в большинстве стран количества молочных ферм ведёт к интенсификации животноводства, проявляющейся в высокой плотности поголовья. [2]

В свою очередь это приводит к быстрому распространению патогенных возбудителей, а также увеличивает способность патогенов к мутации и адаптации к новым видам хозяев, а также к росту тяжести заболевания в исторически восприимчивых популяциях.

Острые респираторные инфекции (ОРВИ) у крупного рогатого скота являются одной из главных проблем. Они снижают продуктивность животноводческой отрасли, влияя на общее состояние стада в связи с нарушением физиологического состояния животных, приводят к увеличению затрат на ветеринарные мероприятия в частности и усложняют менеджмент сельскохозяйственных организаций в целом.

Из результатов исследований, проведённых в Уральском регионе, были выделены основные причины респираторных заболеваний крупного рогатого скота, ими являются: вирус инфекционного ринотрахеита (ИРТ КРС), вирус диареи – болезни слизистых (ВД КРС), вирус парагриппа 3 типа (ПГ-3 КРС) и вирус респираторно-синцитиальной инфекции (РСИ КРС) (Рис. 1) [3]

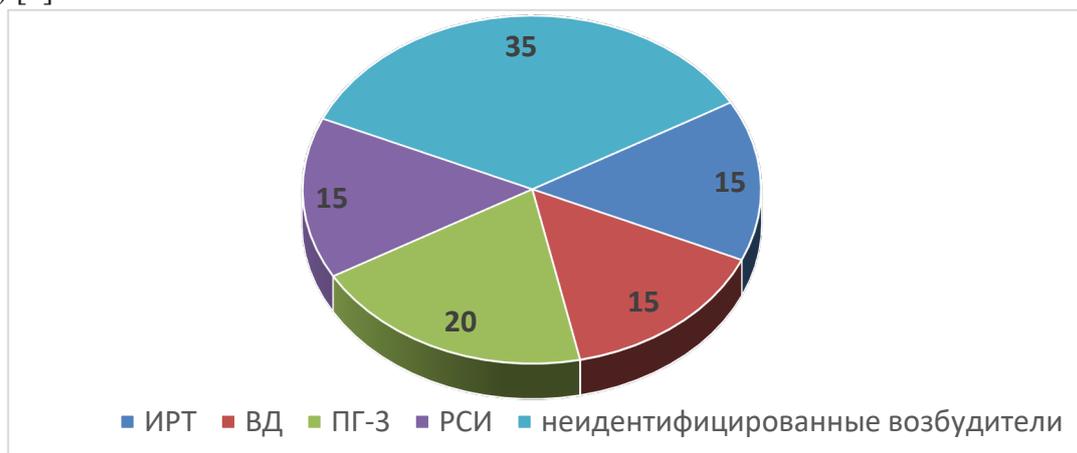


Рисунок 1 Основные возбудители ОРВИ КРС в Уральском регионе.

В ранее проведённых исследованиях был выявлен ряд негативных факторов, влияющих на физиологическое состояние животных, обусловленных ОРВИ у крупного рогатого скота, снижающих продуктивность стада:

Дыхательная дисфункция: заболевания дыхательного тракта, обусловленные в том числе и ОРВИ приводят к расстройствам кислотно-основного состояния, проявляющиеся в виде респираторного (газового), метаболического (обменного) и респираторно-метаболического (смешанного) ацидоза и алкалоза. [4]

Аборты: В исследованиях по проблемам акушерско-гинекологических заболеваний коров было установлено, что уровень инфицирования абортировавших коров ВД КРС составляет от 14,3% до 24,7%; ИРТ КРС – от 17,2% до 27,5%. [5]

Иммуносупрессия: У телят при заболеваниях, обусловленных ассоциациями острых респираторных инфекционных и инвазионных возбудителей, диагностировали патологические изменения в иммунореактивности организма, которые выражались в: 1) дисбалансе реакций клеточного и гуморального звена иммунитета; 2) супрессии процессов дифференцировки иммунокомпетентных клеток-предшественников; 3) нарушении функций клеток моноцитарно-макрофагального звена; 4) в напряжении неспецифической защиты. [6].

Методы исследований. Анализ документации ветеринарной статистической отчетности (формы 1-Вет, 1-Вет А, 2-Вет), ретроспективных и оперативных данных результатов исследований ОМиПИБ выполнен в соответствии с ФЗ № 152 от 27.07.2006 и Приказом Роспотребнадзора РФ № 4 от 10.01.2014

Серологические исследования биопроб от крупного рогатого скота в реакции торможения гемагглютинации (РТГА) проводили с использованием «Набор диагностикумов для серологической диагностики парагриппа-3 крупного рогатого скота реакцией торможения гемагглютинации (РТГА)» (ООО «Агровет», г. Москва); в реакции непрямой гемагглютинации (РНГА) с

применением «Набор диагностикумов для серологической диагностики вирусной диареи-болезни слизистых крупного рогатого скота методом непрямой гемагглютинации (РНГА)» (ООО «Агровет», г. Москва); «Набор диагностикумов для серологической диагностики инфекционного ринотрахеита крупного рогатого скота методом непрямой гемагглютинации (РНГА)» (ООО «Агровет», г. Москва); «Набор диагностикумов для серологической диагностики респираторно-синцитиальной инфекции крупного рогатого скота методом непрямой гемагглютинации (РНГА)» (ООО «Агровет», г. Москва). Учет результатов РТГА и РНГА проводили визуально. Титр антител к возбудителю выражали в значениях обратного логарифма по основанию 2.

Результаты исследования. Профилактические мероприятия, направленные на борьбу с респираторными заболеваниями у КРС, включают обеспечение колострального иммунитета за счёт поддержания высокого качества молозива, сбалансированное питание и в главную очередь рациональную и эффективную программу вакцинопрофилактики.

Согласно проведённому ретроспективному анализу (Рис.2) ежегодно в Уральском регионе вакцинируется более 82 % поголовья. Но за исследуемый период охват вакцинации КРС против ОРВИ не превышал 85,9% (2021 год). По определенным причинам в среднем 15,8 % поголовья крупного рогатого скота в регионе оставались невакцинированными.

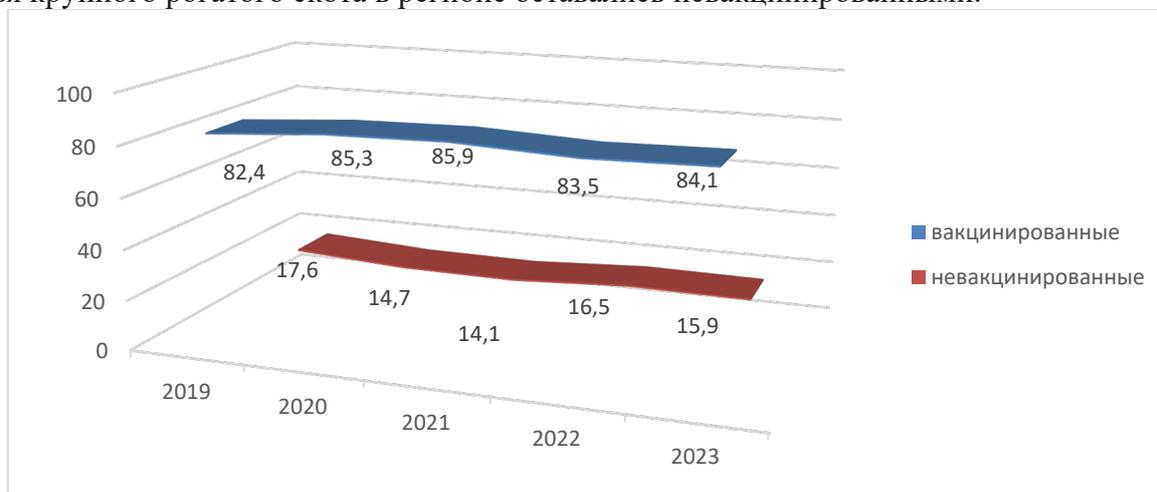


Рисунок 2 Динамика реализации программы вакцинопрофилактики ОРВИ крупного рогатого скота в сельскохозяйственных организациях Уральского региона (2019-2023 г.г.)

Анализ оперативных данных документации ветеринарной статистической отчетности и результатов эпизоотического мониторинга ОмИПИБ показал, что в животноводческих предприятиях Уральского региона для вакцинопрофилактики ОРВИ КРС применяются иммунобиологические препараты разных классов по происхождению антигена (Рис.3).

Самое большое распространение (37%) на территории Уральского региона имеют схемы вакцинации поголовья КРС против ОРВИ, включающие в себя такие иммунобиологические препараты как: «КОМБОВАК» - вакцина инактивированная против инфекционного ринотрахеита (ИРТ), парагриппа-3 (ПГ-3), вирусной диареи (ВД), респираторно-синцитиальной болезни (РСИ), рота- и коронавирусной болезнью телят (Россия); «КОМБОВАК-А» - вакцина инактивированная комбинированная против ИРТ, ПГ-3, ВД, РСИ, рота-коронавирусной болезни и аденовирусной инфекции КРС (Россия); «КОМБОВАК-Р» - вакцина инактивированная комбинированная против ИРТ, ПГ-3, РСИ, ВД и пастереллеза КРС (Россия).

Примерно в четверти организаций используется Hiprabovis- 4 – вакцина инактивированная комбинированная против вирусов ИРТ, ПГ-3, ВД и РСИ КРС (Испания).

Чуть более, в 29% случаев, распространена схема вакцинации, включающая комплекс: Bovilis BVD - вакцина, инактивированная против ВД КРС (Нидерланды); Bovilis IBR marker live – вакцина маркированная живая с растворителем Унисолв против ИРТ КРС (Нидерланды); Bovilis Bovipast RSP – вакцина, инактивированная против ПГ-3, РСИ и пастереллеза КРС (Нидерланды) + Hiprabovis 4.

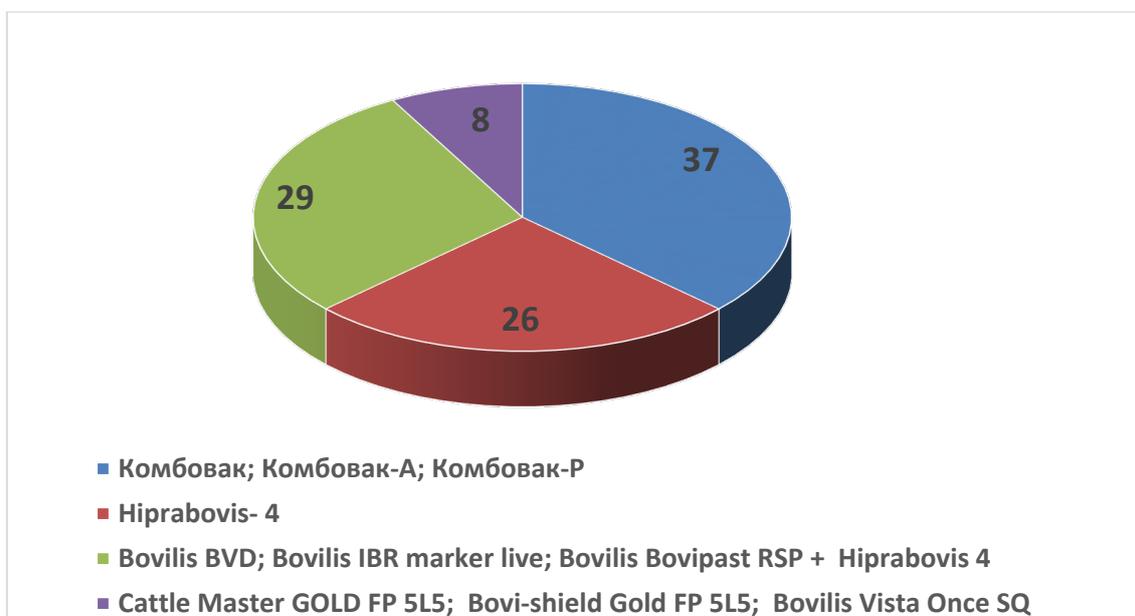


Рисунок 3 Спектр иммунобиологических препаратов, применяемых в лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятиях по защите поголовья крупного рогатого скота от ОРВИ (2022г.)

Самой менее распространенной в данном регионе является схема, состоящая из Cattle Master GOLD FP 5L5 - вакцина, комбинированная ИРТ, ВД, ПГ-3, РСИ и лептоспироза (США); Bovi-shield Gold FP 5L5 – вакцина живая против ИРТ, ВД, ПГ-3, РСИ КРС (США); Bovilis Vista Once SQ - вакцина живая против ИРТ, ВД, РСИ, ПГ-3 и пастереллеза КРС (США).

Напряженность популяционного поствакцинального иммунитета и уровень поствакцинальной иммунной прослойки имеют важное практическое значение для объективной оценки эпизоотической ситуации в хозяйстве, а также для осуществления целенаправленного контроля за защищенностью животных от ОРВИ. Динамика уровня поствакцинальной иммунной прослойки к возбудителям ОРВИ была изучена в стадах крупного рогатого скота животноводческих предприятий (n=16). Полученные результаты свидетельствовали о том, что в обследованных СХО в результате реализации программ вакцинопрофилактики сформировался достаточно высокий уровень иммунной прослойки к возбудителям ОРВИ: ИРТ КРС 88-98%; к ВД КРС – 87-92%; к ПГ-3 КРС – 98-100%; к РСИ КРС – 96-98%.

Заключение. Эпизоотологическая ситуация по ОРВИ КРС в условиях Уральского региона остаётся напряжённой, несмотря на все предпринимаемые меры, включающие в себя оздоровительные мероприятия и лечебно-профилактические программы по защите сельскохозяйственных животных от заразных заболеваний.

Доля СХО Уральского региона, проводящих вакцинопрофилактику ОРВИ КРС составила 82-85%, анализ динамики реализации программы вакцинопрофилактики против ОРВИ не показал увеличения этой доли.

В рамках Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации увеличивается выпуск и расширяется линейка Российских иммунобиологических препаратов. Доля СХО проводящих вакцинопрофилактику КРС против ОРВИ серией препаратов “Комбовак”, включающей в себя вакцины “Комбовак”, “Комбовак А”, “Комбовак Р”, “Комбовак К” возрастает.

Библиографический список

1. Estimates for World Population and Global Food Availability for Global Health - Tripathi, Abhishek & Mishra, Richa & Maurya, Kamlesh & Singh, Ram & Wilson, Douglas. (2019). 10.1016/B978-0-12-813148-0.00001-3.

2. Problems of cattle health improvement and protection of population against viral diarrhoea under current conditions of animal husbandry - Yulia Klepova, Antonina Poryvaeva, Yana Lysova, Daria Belousova and Venera Nurmieva. BIO Web Conf., 108 (2024) 03016. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803016>.

3. Значение комплексной лабораторной диагностики ОРВИ крупного рогатого скота для ветеринарной практики / А. П. Порываева, О. Г. Петрова, Е. В. Печура [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 5(196). – С. 59-67. – DOI 10.32417/1997-4868-2020-196-5-59-67.

4. Золотарев, А. И. Кислотно-основное состояние и газовый состав крови у телят при бронхите / А. И. Золотарев, А. Е. Черницкий, М. И. Рецкий // Ветеринария. – 2013. – № 7. – С. 47-52.

5. Программы контроля инфекционных факторов, влияющих на репродуктивную функцию высокопродуктивных молочных коров / И. А. Шкуратова, Е. Н. Шилова, О. В. Соколова, М. В. Ряпосова // Ветеринария и кормление. – 2020. – № 2. – С. 54-57. – DOI 10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2020-2-13.

6. Сравнительная характеристика иммунореактивности организма при заболеваниях, обусловленных патогенами инфекционной и инвазивной этиологии у крупного рогатого скота / Ю. В. Клепова, Д. А. Белоусова, И. М. Сажаев, А. П. Порываева // Вестник биотехнологии. – 2023. – № 4(37). – EDN EFGIAU.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *PON1* НА ДИНАМИКУ ЖИВОЙ МАССЫ ГОЛШТИНСКОГО СКОТА

Э.Р. Гайнутдинова, Н.Ю. Сафина

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Россия, e-mail: elga120574@mail.ru

Аннотация. Цель работы – изучение влияния полиморфизма гена параоксоназа-1 (*PON1*) на динамику живой массы голштинского скота. В ходе исследования установлено, что коровы с генотипом *AG* гена *PON1* характеризуются высокими показателями живой массы во все возрастные периоды, что делает их привлекательными для подбора родительских пар в программах селекции.

Ключевые слова: ген, аллель, полиморфизм, параоксоназа-1, *PON1*, живая масса, прирост

INFLUENCE OF *PON1* GENE POLYMORPHISM ON THE DYNAMICS OF LIVE WEIGHT OF HOLSTEIN CATTLE

E.R. Gainutdinova, N.Y. Safina

Tatar Research Institute of Agriculture FIC KazNTs RAS,
г. Kazan, Russia, e-mail: elga120574@mail.ru

Annotation. The aim of the work is to study the influence of polymorphism of paraoxonase-1 (*PON1*) gene on the dynamics of live weight of Holstein cattle. In the course of the study it was found that cows with *AG* genotype of *PON1* gene are characterized by high live weight in all age periods, which makes them attractive for selection of parental pairs in breeding programs.

Keywords: gene, allele, polymorphism, paraoxonase-1, *PON1*, live weight, gain

Введение. Процесс генетического улучшения животных носит систематический характер и состоит из нескольких важных этапов: определение целей разведения, разработка критериев отбора, генетическая оценка, отбор животных и, наконец, разработка селекционно-племенных планов. Эффективность программы генетического улучшения зависит от отбора животных с использованием точных и достоверных оценок параметров производительности для прогнозирования племенной ценности. Общеизвестно, что такой показатель, как живая масса, у крупного рогатого скота положительно коррелирует с удоем, поэтому важно оценить взаимосвязь между фенотипом животного и его продуктивностью. Некоторые аспекты продуктивности коров в первую очередь связаны с возрастом первого отела, на который, в свою очередь, влияют живая масса и скорость роста.

Мониторинг живой массы будущих молочных коров полезен для оптимизации планов осеменения, повышения плодовитости стада в долгосрочной перспективе, повышения продуктивности стада с точки зрения надоев молока, а также снижения метаболических заболеваний в начале первой лактации.

Параоксоназа-1 (*PON1*) играет ключевую роль в метаболизме и физиологии роста млекопитающих. Белок *PON1* обладает способностью взаимодействовать с инсулином, стеапсином, гормоном роста, липопротеинлипазой и лептином. Исследование, проведенное на китайских популяциях скота, указывает, что уровень живой массы животных во время контрольных взвешиваний значительно варьируется в зависимости от генотипа гена *PON1* [1].

Цель исследования – оценить влияние полиморфизма гена *PON1* (-211 Arg→Gln, A/G) на динамику живой массы крупного рогатого скота голштинской породы.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований стала популяция голштинского скота зарубежной селекции КФХ «Мухаметшин 3.3.» Сабинского района Республики Татарстан. Биологический материал – ДНК, выделенная из цельной крови, отобранной от 231 гол. в вакуумные пробирки из хвостовой вены. Выявление полиморфизма гена *PONI* проводили при помощи метода ПРЦ-ПДРФ в отделе физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Для анализа синтезировали праймеры (Евроген, Россия) с заданной олигонуклеотидной последовательностью [2]. Для процесса амплификации разрабатывались температурно-временные режимы и протокол норм внесения реагентов [3]. Гидролиз продуктов ПЦР осуществляли эндонуклеазой рестрикции *Bsc4I* (СибЭнзим, Россия) в соответствии с инструкцией производителя. При расчете динамики использовались данные о живой массе коров в момент рождения, 6, 12, 18 месяцев, а так же в возрасте 1-й, 2-й и 3-й лактаций. Информация была получена из ИАС «СЕЛЭКС. Молочный скот» (АРМ «Плинор», Россия). Обработку данных производили на ПК с применением формул биометрического анализа в генетике [4].

Результаты и обсуждение. Генотипирование показало, что в генотипе изучаемой популяции присутствуют 2 аллеля гена *PONI* – А (0,582) и G (0,418). Распределение генотипов *AA*, *AG* и *GG* среди животных установлено 33,3; 49,8 и 16,9 % соответственно. Анализ генетической структуры показал, что популяция находится в состоянии генетического баланса [5]. Схожие данные получены при генодиагностике коров голштинской породы отечественной селекции [3]. В популяции голштинского скота Бразилии наблюдается большое количество гомозиготных по аллелю А особей [2], а в поголовье мясного скота Китая выявлено более 50 % носителей гетерозиготного генотипа *AG* [1].

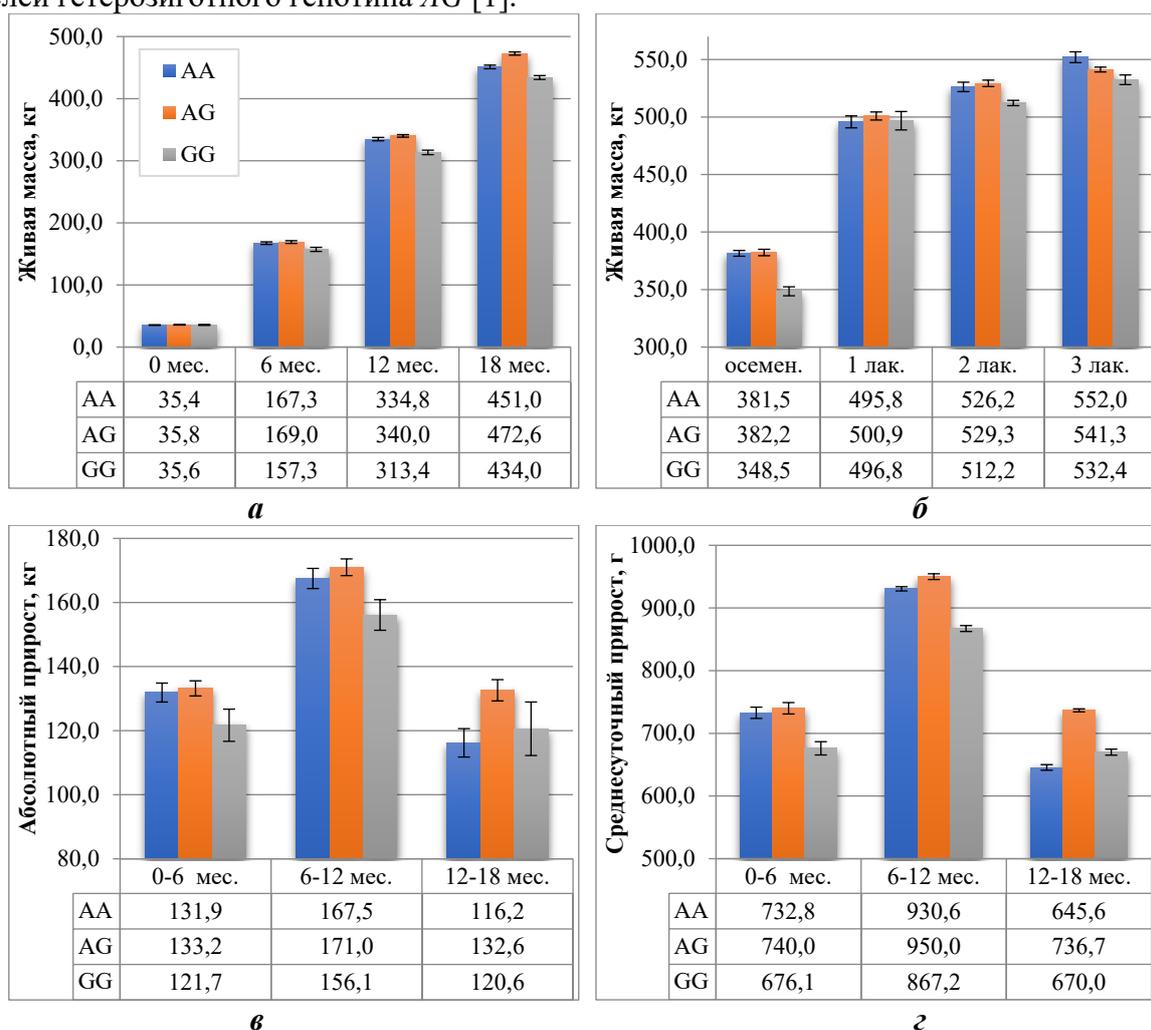


Рисунок 1 – Показатели живой массы коров с различными генотипами гена *PONI* в разные возрастные периоды

Влияние полиморфных вариантов в локусе гена *PON1-Bsc4I* на показатели живой массы оценивали для различных генетических групп коров выявленных генотипов (рис. 1).

На гистограмме (рис. 1, а) заметно, что нетели с генотипом *AG* имеют большую живую массу, чем особи с другими генотипами. А особи *GG*-типа на протяжении всех контрольных взвешиваний демонстрируют худшие значения. К моменту первого осеменения тенденция сохранилась, причем разница между генетическими группами составила: *AG* и *GG* – 33,7 кг (8,8 %; $p < 0,001$), *AA* и *GG* – 33,0 кг (8,7 %; $p < 0,001$). В 1-ю и 2-ю лактацию лучший показатель так же отмечают у коров с генотипом *AG* (рис. 1, б). Однако к 3-й лактации наибольшей живой массой обладали животные с гомозиготным генотипом *AA* – 552,0 кг. Статистически значимая разница их результата с показателем сверстниц генотипов *GG* и *AG* составила соответственно 19,6 и 10,7 кг ($p < 0,001$ и $p < 0,05$).

Существенную динамику можно наблюдать в показателях абсолютного (кг) и среднесуточного (г) прироста живой массы (рис. 1, в и г). В период с рождения и до 12 мес. значительные различия ($p < 0,001$) установлены между субпопуляциями имеющими генотипы *AG* и *GG* гена *PON1* – 11,5 и 14,9 кг абсолютного или 63,9 и 82,8 г среднесуточного прироста живой массы соответственно. К 18 мес. развития зафиксирован сдвиг уровня прироста *AA*-особей в сторону ухудшения. По сравнению с животными генотипа *AG*, их показатель был ниже на 16,4 кг абсолютного прироста или 91,1 г среднесуточного ($p < 0,001$).

Ранее полученные результаты во время опыта в популяции отечественного скота голштинской породы по оценке влияния полиморфизма гена *PON1* на хозяйственно-полезные признаки, так же свидетельствовали о превосходстве животных с генотипом *AG* гена *PON1* при контрольных взвешиваниях от 6 до 18 мес. и по среднесуточному приросту в период с рождения до 18 мес. [3]. Эти данные находят подтверждение в работе, проведенной на популяциях скота пород Ангус, Герефорд и Симментал, где так же выдающиеся показатели живой массы были установлены у гетерозиготных особей [1].

Заключение. По итогам проведенного ассоциативного анализа полиморфизма гена *PON1* с показателями живой массы крупного рогатого скота голштинской породы установлено, что животные с генотипом *AG* имеют высокие показатели абсолютного и среднесуточного прироста. Так же у этих особей была наивысшая живая масса во время контрольных взвешиваний с рождения и до 2-й лактации включительно, что выгодно отличает их от сверстниц иных генотипов и делает их привлекательными для подбора родительских пар в программах селекции.

Библиографический список

1. Ji A.G., Huai Y.H., Zhou Z.K., Li J.Y., Zhang L.P., Xu S.Z., Gao X., Ren H.Y., Chen J.B. Association between *PON1* Gene SNPs and Growth and Carcass Traits in Beef Cattle / A.G. Ji, Y.H. Huai, Z.K. Zhou, et al. // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2008. – Vol. 21 No. 8. – P. 1097-1102. DOI 10.5713/ajas.2008.70717
2. Silveira P.A.S., Butler W.R., LaCount S.E., Overton T.R., Barros C.C., Schneider A. Polymorphisms in the anti-oxidant paraoxonase-1 (*PON1*) gene associated with fertility of postpartum dairy cows // Theriogenology. – 2019. – Vol. 125. – P. 302-309. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.11.024
3. Сафина Н.Ю. Ш.К. Шакиров, Э.Р. Гайнутдинова, З.Ф. Фаттахова Полиморфизм гена параоксоназа-1 (*PON1*) и его ассоциации с хозяйственно-полезными признаками голштинского скота // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 3(59). – С. 43-48. DOI 10.12737/2073-0462-2020-43-48
4. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии. – М.: Колос, 1983. – 400 с
5. Гайнутдинова Э.Р., Сафина Н.Ю. Идентификация полиморфизма гена параоксоназа (*PON 1*) в популяции голштинского крупного рогатого скота // Фундаментальные и прикладные решения приоритетных задач токсикологии и биотехнологии : Сборник тезисов выступлений участников Международной научно-практической конференции (Казань, 28 октября 2022 года). – Казань: «Альянс», 2022. – С. 37-39.

ИЗУЧЕНИЕ СРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ КРЫС ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАПИТКА

Э.Р.Горева, М.А Стафикопуло
ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, г. Казань, Республика Татарстан
e-mail: elwira.goreva@yandex.ru

***Аннотация.** В данной статье рассматривается влияние употребления в течение трех недель энергетических напитков на стрессоустойчивость лабораторных крыс. В проведенном исследовании был использован тест «приподнятый крестообразный лабиринт» и тест «открытое поле».*

***Ключевые слова:** стресс, лабораторные животные, крысы, энергетический напиток, лабиринт, показатель.*

STUDYING THE STRESS RESISTANCE OF RATS WHEN DRINKING AN ENERGY DRINK

E.R. Goreva, M.A.Stafikopulo
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Academy of
Veterinary Medicine, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail:elwira.goreva@yandex.ru

***Annotation.** This article examines the effect of drinking energy drinks for three weeks on the stress resistance of laboratory rats. The study used the "raised cruciform maze" test and the "open field" test.*

***Keywords:** stress, laboratory animals, rats, energy drink, maze, index.*

Введение. Уже относительно давно на рынке безалкогольных напитков появились энергетические напитки, набирающие все большую популярность среди молодежи [1]. Однако в доступной нам литературе отсутствуют данные об изучении их влияния на нервную систему лабораторных животных. В связи с этим представляется интересным изучить изменения поведенческих реакций у крыс [2]. Как заявляет реклама, энергетические напитки оказывают положительное, тонизирующее влияние на нервную систему и физическую выносливость [5]. В связи с этим мы решили изучить, какое действие оказывает ежедневное употребление напитка, с высоким содержанием таурина и кофеина, на некоторые показатели психоэмоционального статуса и физическую выносливость крыс [3].

Приподнятый крестообразный лабиринт позволяет оценить степень тревожности, возникающую в результате стресса, вызванного высотой и непривычной ситуацией- помещением на открытое освещенное пространство [2].

Методика «открытое поле» (ОП) позволила исследовать врожденные особенности ориентировочно-исследовательского поведения и резистентности к стрессу по Холлу [4].

Исходя из вышесказанного был проведен эксперимент на изучении стрессоустойчивости лабораторных крыс при употреблении энергетического напитка с содержанием таурина и кофеина.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлись 6 самок белых лабораторных крыс массой 180-250г. Животных разделили на 2 группы: 1 группа – контроль, 2 группа – замена воды на энергетический напиток.

Для оценки уровня тревожности и стресса у крыс, после употребления в течение трёх недель энергетика, использовали тест «Приподнятый крестообразный лабиринт» и тест «Открытое поле». Лабиринт представляет собой два противоположных закрытых крыла и два

открытых и освещенных крыла, длина их составляла 40см, ширина 10см, высота стенок составляла 15см. Установка должна была приподнята от пола на уровне 1 метра (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Лабораторная крыса в открытом рукаве крестообразного лабиринта

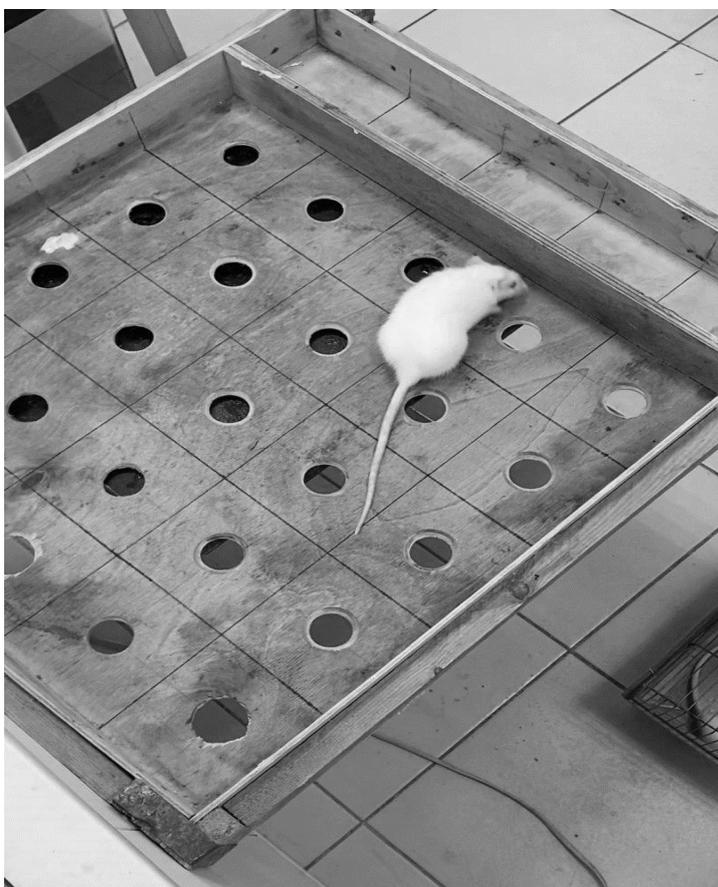


Рисунок 2 – Лабораторная крыса в открытом поле

Основная часть. Крысу помещали в середину установки головой к открытому рукаву и позволяя свободно перемещаться внутри лабиринта в течение 3 минут. При этом регистрировали такие показатели, как: количество посещений закрытого и открытого крыльев, время пребывания в закрытом и открытом крыльях, груминг, количество стоек и свешиваний. После каждого животного лабиринт обрабатывали дезинфицирующим средством.

«Открытое поле» представляет собой квадратную арену, разделенную на 25 квадратов, с отверстиями (Рисунок 2). В ОП оценивали ориентировочно-исследовательскую реакцию по числу пересеченных квадратов, по числу заглядываний в отверстия. О ярком выражении пассивного страха судили по частоте груминга.

Результаты исследований. В ходе проведенных исследований были выявлены некоторые закономерности, которые представлены в Таблице 1 и Таблице 2.

Таблица 1. Показатели уровня тревожности экспериментальных животных в крестообразном лабиринте (n=3)

Показатель		Группа крыс по виду корма	
		1 группа	2 группа
Количество посещений	Открытое крыло	2,33	1
	Закрытое крыло	2,33	2
Время пребывания, сек	Открытое крыло	42,7	16,33
	Закрытое крыло	137,7	163,7
Груминг	Открытое крыло	0	0
	Закрытое крыло	2,33	1,33
Количество стоек	Открытое крыло	2,33	0
	Закрытое крыло	5,7	5,33
Количество свешиваний	Открытое крыло	5,33	2,7

Как показано в таблице 1 среднее количество посещений открытого крыла в 1 группе было в два раза больше. Время нахождения в закрытых рукавах в 1 группе составило 76%, во второй – 90% от общего времени теста. Показатели стоек в закрытом крыле в обеих группах одинаковые. Свешиваний в 1 группе было почти в 2 раза больше

Таблица 2. Показатели уровня тревожности экспериментальных животных на открытом поле (n=3)

Показатель	1 группа	2 группа
Число пересеченных горизонтальных поверхностей	29,3	58
Количество заглядываний в открытое отверстие	5,7	14,3
Груминг, сек	4,7	0

В таблице 2 у 1 группы среднее количество пересеченных горизонтальных поверхностей равно 29,3. Среднее количество опусканий морды составило 5,7, а время груминга – 4,7. У

2 же группы почти все показатели превышают показатели контрольной группы почти в 2 раза. Время груминга составило 0 секунд.

Обсуждение и заключение. По результатам исследования можно сделать выводы:

1. Употребление напитка, с большим содержанием таурина и кофеина, негативно сказалось на стрессоустойчивости крыс, что наглядно показано в выводе по таблице 1.
2. По результатам таблицы 2 можно понять, что у опытных крыс исследовательский инстинкт и активность выше, чем у контрольной группы.

Библиографический список

1. Арстанбеков Медербек Маматжанович. Влияние энергетических напитков на высотную устойчивость крыс // Бюллетень науки и практики. – 2023. – №5. Гирфанов, А. И. Морфофизиологические изменения эритроцитов у крыс при применении комплексного препарата / А. И. Гирфанов, Г. Б. Бозова, Р. М. Папаев // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 251, № 3. – С. 94-97.
2. Гирфанов, А. И. Особенности роста и развития молодняка крыс при использовании наноструктурного препарата / А. И. Гирфанов, Г. Б. Бозова, В. Е. Катнов, В. О. Ежков // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2021. – Т. 245. № 1. – С. 32-36
3. Шалыгин Л. Д., Еганян Р. А. Энергетические напитки - реальная опасность для здоровья детей, подростков, молодежи и взрослого населения. Часть 1. Состав энергетических напитков и влияние на организм их отдельных компонентов // Profilakticheskaya Meditsina. – 2016. – Т. 19. №1. – С. 56-63
4. Sun Q., Wang B., Li Y., Sun F., Li P., Xia W., Zhu Z. Taurine supplementation lowers blood pressure and improves vascular function in prehypertension: randomized, double-blind, placebocontrolled study // Hypertension. – 2016. – V. 67. №3. – P. 541-549.

АДАПТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЧЕРЕПА ДИКИХ ГУСЕЙ В ЭВОЛЮЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

Л. К. Дадiani, Ф. М. Нехайчик

ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, г. Казань, Россия, e-mail: dadiani.laura@mail.com

Аннотация. В статье рассмотрены приспособительные особенности строения черепа диких гусей, сформировавшихся в ходе эволюции. Изучены основные черты строения черепа исследуемого вида птиц. В целях удобства череп птицы условно разделен на мозговой и лицевой отделы.

Ключевые слова: пернатая дичь, адаптации, мозговой отдел черепа, лицевой отдел черепа, клюв.

ADAPTIVE FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE SKULL OF WILD GEESSE IN THE EVOLUTIONARY PROCESS.

L. K. Dadiani, F. M. Nehaichik

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Academy of Veterinary Medicine, Kazan, Republic of Tatarstan, e-mail: dadiani.laura@mail.com

Annotation. The article discusses the issues of adaptations of the structure of the skull of wild geese, formed during evolution. The structural features of the skull of the studied species of birds were studied. For convenience, the bird's skull is conventionally divided into the brain and facial sections.

Keywords: feathered game, adaptations, cerebral part of the skull, facial part of the skull, beak.

Введение. Пернатая дичь - традиционное наименование птиц, являющихся объектом любительской и промысловой охоты. В фауне стран СНГ к пернатой дичи относятся около 250 видов птиц. Охотничьей, как правило, считается птица, обладающая вкусным мясом, хотя причисление того или иного биологического вида к дичи носит достаточно условный характер и зачастую вызвано традицией. Так, во Франции и Италии дрозды считаются ценной дичью, а в России к дичи вообще не относятся [1].

Пернатая дичь является наиболее распространенным объектом охоты. Это обусловлено тем, что птицы более многочисленны, чем млекопитающие, они встречаются практически во всех биотопах, охота на них обычно не представляет большой сложности и доступна всем категориям охотников [1].

Представители отряда гусеобразные (*Anseriformes*) входят в надотряд новонёбных птиц, однако наряду с такими птицами, как гуси, утки, лебеди, отряд включает и более экзотические семейства (например, паламедеи из Южной Америки). Виды отряда широко распространены и играют большую роль в биосфере умеренных широт Земли. Некоторые виды гусеобразных имеют важное сельскохозяйственное значение [1].

Гусь серый - *Anser anser*. Класс Vertebrata - позвоночные животные. Подкласс Aves - птицы. Надотряд Neognathae - новонёбные, или типичные, птицы. Подотряд пластинчатоклювые (*Lamelliformes*). Отряд Anseres или *Anseriformes* - гусянообразные, семейство Anatidae - утиные, подсемейство Anserinae - гусяные. Род *Anser* - гуси [1].

Серые гуси являются далекими предками многих пород современных домашних гусей. Даже дикие птенцы этой птицы хорошо поддаются приручению. Любопытно, что воспитанные домашней самкой дикие гуси все же не утрачивают свои инстинкты и с приходом осени совершают перелет на юг. После зимовки они нередко возвращаются обратно в дом того человека, который их приручил. Серый гусь - птица длиной до 70–90 см и весом около 2,1–4,5

кг, размах крыльев 147–180 см. Оперение серовато-бурое с волнистым рисунком на шее и брюхе. Имеет светлое окаймление перьев на спине. Клюв розоватый или оранжевый. Самец заметно крупнее самки [1].

Материалы и методы исследований. Для проведения исследования был использован череп серого гуся, взятый от взрослого животного. Анатомическое изучение проводилось согласно общепринятой методике вываривания. Кости скелета варили на медленном огне, удаляли кусочки мягких тканей, тщательно высушивали. Для достижения большей белизны кости погружали в 3% раствор перекиси водорода.



Рисунок 1 – Череп серого гуся с латеральной поверхности



Рисунок 2 – Череп серого гуся с дорсальной поверхности

Основная часть: Серого гуся относят к перелетным птицам, соответственно способность к полету и большая подвижность головы на длинной шее должны сопровождаться ее легкостью. Облегчение черепа достигается пневматизацией костей головы и редукцией зубов. Синусы в костях птиц содержат перепончатые мешки. Самый большой синус – подглазничный. Он располагается впереди и ниже глаза и распространяется вокруг глазной орбиты. Прочность костей при этом сохраняется за счет большой минерализации компакты, пористости губчатого вещества и раннего сращения. Швы между костями черепа видны лишь в первые дни после вылупления (кости черепа настолько тонки, что соединение их друг с другом при помощи швов становится невозможным, поэтому у птиц большинство костей черепа сливается друг с другом).

Для черепа птицы характерно наличие сильно развитых незамкнутых орбит, что связано с хорошо развитым зрением. Сам череп легкий и прочный, что обуславливает его облегчение во

время полета на дальние расстояния. В черепе имеются воздушные полости для снижения веса, также есть укрепленные зоны для прикрепления мощных шейных мышц во время взлета и полета [2].

Мозговой отдел черепа включает парные (височная, теменная и лобная кости) и непарные кости (затылочная, клиновидная и решетчатая). Эти кости формируют крышу, боковые стенки и дно черепно-мозговой полости. В черепной полости птиц различают две ямки: краниодорсально находится ямка большого мозга, а каудовентрально – ямка мозжечка. Обонятельная ямка отсутствует. Затылочная кость имеет один мышцелок, что значительно увеличивает подвижность головы. Для гусеобразных характерно наличие выраженной височной ямки и заднего глазничного отростка. Способ питания отражается и на положении большого отверстия затылочной кости. У гусеобразных это отверстие имеет вытянуто овальную форму. Водоплавающие птицы приобретают способность при нырянии вытянуть голову вперед. Соответственно изменяется и вентральная поверхность мозговой полости черепа. На дорсальной поверхности дна полости черепа располагается ямка для продолговатого мозга, она постепенно углубляется при переходе продолговатого мозга в спинной. У диких гусей чешуя височной кости формирует височную ямку, которая очень обширна. У гусеобразных лобная кость значительно развита, принимает участие в образовании орбиты. Лобная часть узкая и плоская. Мозговая поверхность лобных костей несет хорошо выраженный сагиттальный гребень, переходящий каудально на теменные кости. Гребень проходит в дорсальную срединную щель между полушариями. По бокам от гребня лобная кость формирует ямки для теменных долей полушарий конечного мозга. Межтеменная кость отсутствует. Каудальная часть клиновидной кости (базисфенонд) образует нижнюю стенку мозговой полости, внутренняя мозговая поверхность ее вогнута и образует ямку продолговатого мозга, постепенно поднимается в дорсальном направлении. Чешуя височной кости маленькая. На вентральной поверхности решетчатой кости имеются два хорошо выраженных вдавления. Особенности лицевого отдела: слезная кость срастается с лобной костью, передний глазничный отросток широкий и длинный. Резцовая кость в эмбриональный период срастается с другими костями лицевого отдела, образуя массивную кость надклювья. Небная кость участвует в образовании твердого неба и ограничивают хоаны, разделенные сошником. Они подвижны и соединены впереди суставом с верхней челюстью, каудально с крыловидной костью. У гуся рукоятка небной кости перекручена по оси и раздвоена. Крыловидная кость довольно массивная, срастается с небной костью. Носовые кости присоединяются суставом к лобным и слезным костям и позволяет поднимать вверх надклювье. Носовая полость отделена друг от друга носовой перегородкой. Оральный участок носовой перегородки костный или хрящевой, а аборальный переходит в соединительно-тканную перепонку. Верхняя челюсть при соединении с лобными и носовыми костями сохраняет подвижность, поэтому у гусей сохраняется не верхняя, а нижняя скуловая дуга, подвижно соединенная своим аборальным концом с квадратной костью. Кроме этого, небные отростки верхнечелюстных костей не срастаются, поэтому в твердом небе имеется щель, через которую носовая полость сообщается с ротоглоткой. У гуся небные отростки верхнечелюстной кости срастаются друг с другом по средней сагиттальной линии и щели в твердом небе нет. Нижняя челюсть присоединяется к мозговому отделу через квадратную кость, которая подвижно соединяется не только с нижней челюстью, но и с височной костью. Разделяется на зубную кость и сочлененную кость. Зубная кость располагается оральнее и не имеет зубов. Сочлененная кость через сустав соединяется с квадратной костью. Впереди сустава на дорсолатеральном крае у гусят имеется гребень. Дорсальные отростки квадратной кости короткие, а тело широкое, что и придает кости форму квадрата [3].

Результаты исследований. Исходя из вышеизложенного, определены адаптационные особенности черепа диких гусей в эволюционном процессе:

1. Особенности строения клюва – форма и структура клюва идеально подходят для сбора растительной пищи и фильтрации воды при питании, развитие плоской закругленной формы клюва позволяет легко собирать корм с земли и воды, наличие гребенчатых пластинок на внутренней поверхности клюва обеспечивает отцеживание пищи

2. Особенности расположения глаз и носовых отверстий – боковое расположение глаз для максимального обзора при поиске пищи и обнаружения хищников, размещение носовых отверстий в верхней части клюва для обоняния земли или воды во время кормления.

3. Особенности строения черепа – череп легкий, но прочный для облегчения полета, наличие воздушных полостей для снижения веса, укрепленные зоны для прикрепления мощных шейных мышц во время взлета и полета.

4. Особенности челюстей и языка – подвижный и шарнирный механизм челюстей для облегчения сбора и проглатывания пищи, строение языка способствует фильтрации воды и захвату корма.

Заключение. Череп диких гусей демонстрирует множество эволюционных приспособлений, тесно связанных с их образом жизни и условиями окружающей среды. Плоский клюв с гребенчатыми пластинками внутри идеально подходит для сбора растительной пищи и фильтрации воды. Расположение глаз по бокам и носовых отверстий в верхней части клюва обеспечивает широкий обзор и отличное обоняние при поиске корма.

Легкий, но прочный череп с воздушными полостями внутри костей способствует энергоэффективному полету на большие расстояния во время миграций. Подвижные челюсти с шарнирным механизмом и особое строение языка оптимизированы для захвата, фильтрации и проглатывания различных видов пищи.

Все эти анатомические особенности сформировались в процессе длительной эволюции и естественного отбора как приспособления, улучшающие выживаемость и репродуктивный успех диких гусей в их специфических средах обитания.

Библиографический список

1. Рязанова О. А., Позняковский В. М. Атлас аннотированный. Птица сельскохозяйственная. Пернатая дичь: учебно-справочное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 116 с.

2. Никонова Н. А. Анатомия домашней птицы: учебное пособие. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2022. – 154 с.

3. Лазарева М. В., Власов А. П., Наумкин И. В. Анатомические особенности домашней птицы. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2017. – 119 с.

4. Лаврентьев А. Ю., Яковлев В. И. Выращивание молодняка гусей на мясо с использованием отечественных ферментных препаратов. – Чебоксары, 2023. – 160 с.

5. Епимахова Е. Э., Н. В. Самокиш, Б. Т. Абилов. Интенсивное кормление сельскохозяйственных птиц: учебное пособие для вузов – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 92 с.

ВЛИЯНИЕ БИОГЕННОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ АКВА-БИОТ-NORM НА КАЧЕСТВО МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

В.А.Дворецкая¹, В.Г. Семенов¹, А.А.Юлдашев²

¹ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Россия, babyceffy@list.ru

²Филиал ФГБОУ ВО Астраханский ГТУ в Ташкентской области Республики Узбекистан, г.п. Салар, semenov_v.g@list.ru

***Аннотация:** В настоящее время радужная форель пользуется популярностью как объект мирового рыбоводства и активно культивируется во многих странах. Наблюдается стремительное развитие аквакультуры за счет разработки и внедрения инновационных технологий в содержании рыб. В работе рассматривается воздействие биогенной кормовой добавки на органолептические показатели и химический состав мяса радужной форели.*

***Ключевые слова:** радужная форель, лососевые, аквабионты, аквакультура, биогенная кормовая добавка, ветеринарно-санитарная экспертиза.*

INFLUENCE OF BIOGENIC FEED ADDITIVE AKWA-BIOT-NORM ON THE QUALITY OF RAINBOW TROUT MEAT PRODUCTS

Dvoretzkaya V.A., Semenov V.G.

FSBEI HE Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia, babyceffy@list.ru

Yuldashev A.A.

Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Astrakhan State Technical University in the Tashkent region of the Republic of Uzbekistan, urban settlement. Salar, semenov_v.g@list.ru

***Abstract:** Currently, rainbow trout is popular as an object of world fish farming and is actively cultivated in many countries. There is a rapid development of aquaculture due to the development and implementation of innovative technologies in fish keeping. The work examines the impact of a biogenic feed additive on the organoleptic characteristics and chemical composition of rainbow trout meat.*

***Key words:** rainbow trout, salmon, aquabionts, aquaculture, biogenic feed additive, veterinary and sanitary examination.*

Введение. Как продукт питания, красная рыба является ценным источником протеинов животного происхождения [1]. Белки мяса рыбы по биохимической ценности не уступают белкам мяса млекопитающих и птиц, более того, они легче перевариваются и усваиваются пищеварительной системой человека. Это одна из причин, почему мясо форели и других представителей семейства лососевых широко используется в диетическом и детском питании, а также в повседневном рационе многих людей. Однако не всякая продукция рыбоводства соответствует нормам безопасности и пользы для человека, поэтому особое внимание уделяется ветеринарно-санитарной экспертизе мяса и икры лососевых.

При правильной организации и оптимизации рыбоводческих хозяйств выращивание форели может быть высокопродуктивным [2]. Полноценное и сбалансированное питание аквабионтов с применением витаминно-минеральных и биогенных добавок играет важную роль. Уже длительное время микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности используются в животноводстве и аквакультуре в качестве регуляторов метаболических процессов в организме животных и рыб [4]. Однако вопрос воздействия биогенных препаратов на продукцию гидробионтов с точки зрения качества и безопасности остается открытым.

В связи с этим целью данного исследования является изучение влияния биогенной кормовой добавки Akwa-Biot-Norm на мясо радужной форели, его органолептические и химические показатели.

Материалы и методы исследования. Для реализации поставленной цели были проведены исследования на базе рыбоводного хозяйства ИП Журавлев В.Г. на территории республики Марий Эл, а диагностическая часть проводилась в условиях лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ.

Экспериментальные садки были зарыблены радужной форелью, разделенной на две аналогичные группы по 50 голов в каждой: контрольную и опытную. Контрольная группа получала полнорационный комбикорм в соответствии с нормами, тогда как опытной группе дополнительно вводили биогенную кормовую добавку Akwa-Biot-Norm, разработанную учеными ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (В.Г. Семенов и др.), из расчета 25 мл на 1 кг комбикорма [2, 3, 4]. За счет содержания в препарате 1% раствора желатины форма суспензии облегчает скармливание аквабионтам и значительно экономит расход добавки в водной среде. Опытная группа получала Akwa-Biot-Norm курсами по 5 дней с перерывом в 2 дня, наблюдение проводилось в течение 4-х недель.

Ветеринарно-санитарная экспертиза рыбы проводилась согласно требованиям «Правил ветеринарно-санитарной экспертизы пресноводной рыбы и раков» [2]. Исследование тушек рыб осуществляли с помощью органолептических и физико-химических методов. Оценивали визуально внешний вид рыбы, состояние чешуи и слизи, плавников, жаберных крышек и лепестков, глаз, внутренних органов, консистенцию мышечной ткани. Устанавливали степень вздутия брюшка, запах.

При вскрытии свежей рыбы, делая разрез от анального отверстия до заднего края ротового отверстия, оценивали внешний вид внутренних органов невооруженным глазом.

Химический состав определяли в соответствии с государственными стандартами:

- ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги;
- ГОСТ 25011-81. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка;
- ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира;
- ГОСТ 31727-2012. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы.

Результаты исследований и их обсуждение. Радужная форель опытной и контрольной групп по органолептическим показателям не имела различий и соответствовала нормам свежей, доброкачественной продукции (согласно ГОСТ 814-2019 Рыба охлажденная. Технические условия.)

Поверхность рыбы чистая, целостность чешуйчатого покрова не нарушена, побитостей и ерошения не наблюдается, тонкий слой слизи со специфическим запахом без посторонних примесей. Окраска естественная, чешуя блестящая, плотно прилегающая. Кожа упругая, без посторонних пятен. Мышцы упругие, эластичные, с трудом отделяется от костей, на поперечном разрезе спинные мышцы имеют характерный цвет и рисунок для лососевых. Запах специфический. Жаберные крышки плотно закрыты, жабры красного цвета. Глаза выпуклые, влажные, блестящие, прозрачные, без повреждений. Брюшко характерной формы, не вздутое. Анальное отверстие плотно закрыто, не выпячено, без выделения слизи. Образцы свободны от гельминтов и их яиц.

Для оценки влияния биогенной кормовой добавки на основе комплекса полисахаридных дрожжевых клеток в составе комбикормов на обменные процессы у радужной форели был также изучен химический состав мышц. В начале опыта рыбы обеих групп имели аналогичные показатели: влага $83,57 \pm 0,08\%$, сухое вещество $16,41 \pm 0,21\%$, сырой протеин $12,11 \pm 0,09\%$, сырой жир $2,94 \pm 0,04\%$, зола $1,38 \pm 0,11\%$.

Результаты исследования приведены в таблице 1.

Химический состав мяса радужной форели

Группа	Влага, %	Сухое ве- щество, %	Состав сухого вещества, %		
			сырой про- теин	сырой жир	зола
Контрольная	83,62±0,09	16,35±0,09	12,33±0,04	2,87±0,08	1,14±0,09
Опытная	80,17±0,06 *	19,77±0,03 ***	14,12±0,04 ***	3,79±0,12 ***	1,86±0,11 **

* P<0,05

**P<0,01

***P<0,001

Общий химический состав мяса характеризуется количеством влаги и сухого вещества. Полученные показатели свидетельствуют о том, что у рыб опытной группы содержание влаги в мышцах составляло в среднем 80,17%, что на 3,45% ниже, чем в контрольной группе. Кроме того, после применения биогенной кормовой добавки Akwa-Biot-Norm радужная форель в составе опытной группы имела на 3,42% сухого вещества в мясе больше, чем аналог из контрольной. Массовая доля протеина, жира и золы у рыб опытной группы стала выше контроля на 1,79; 0,92 и 0,72%. Это указывает на повышение обменных процессов в организме рыб семейства лососевых при применении исследуемого препарата. Все изученные показатели находятся в пределах нормы.

Выводы. Осмотр и органолептическая оценка мяса рыбы из опытного и контрольного садков исключили негативное воздействие исследуемого препарата на внешний вид, консистенцию и качество мяса радужной форели. Исследование химического состава мышц опытной и контрольной групп позволяет сделать вывод о том, что применение кормовой добавки Akwa-Biot-Norm в течение 4-х недель способствовало повышению продуктивности и улучшению пищевой ценности продукции радужной форели, разводимой в условиях ИП Журавлев В.Г. на территории республики Марий Эл.

Библиографический список

1. Кцоева, И. И., Темираев Р.Б. Химический состав мышц радужной форели при использовании в кормах биологически активных добавок // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, № 4. – С. 150-153.
2. Тюрин, В. Г., Семенов В. Г., Косяев Н.И., Никитин Д.А. Роль биогенной кормовой добавки Akwa-Biot-Norm в реализации биоресурсного потенциала осетровых рыб // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2018. – № 4(7). – С. 55-60.
3. Семенов, В. Г., Косяев Н.И., Никитин Д.А. Повышение продуктивности прудовой аквакультуры и профилактика ее воздействия на водные ресурсы // Современная ветеринарная наука: теория и практика: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию факультета ветеринарной медицины Ижевской ГСХА. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 476-482.
4. Дворецкая, В. А., Семенов В.Г., Юлдашев А.А. Гематологические и иммунологические показатели русского осётра при применении биогенной кормовой добавки Akwa-Biot-Norm // Актуальные проблемы ветеринарной медицины и зоотехнии: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2023. – С. 39-46.

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРВОТЕЛОК ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ИМЕЮЩИХ РАЗНЫМ ГЕНОТИП ГЕНА *TG5*

Ф.Ф.Зиннатов¹, К.Ю.Николаева¹, Т.М.Ахметов¹, Ф.Ф.Зиннатова²,
Н.Д.Чевтаева², М.А.Стафикопуло¹

¹Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана,
Казань, Россия

²Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия
e-mail: ffzinnatov@mail.ru

Аннотация. Продукция молочного скотоводства является основным источником круглогодичного дохода сельскохозяйственных предприятий регионов от реализации молока и молочных продуктов. Сегодня система производства молока - это сложный биотехнологический процесс, а современный молочный комплекс - инженерно-биологическая структура. В связи с этим возникла необходимость улучшить его молочную продуктивность, в особенности удой и жирность молока. Для достижения этой цели, селекционеры используют генотипирование, чтобы определить генетический потенциал животных и выявить первотелок с желательными аллелями для использования в разведении.

Ключевые слова. ДНК, ген, *TG5*, тиреоглобулин, молочная продуктивность, первотелки, голштинская порода.

THE STUDY OF INDICATORS OF MILK PRODUCTIVITY OF HOLSTEIN HEIFERS WITH DIFFERENT POLYMORPHISMS OF THE *TG5* GENE

Zinnatov F.F.¹, Nikolaeva K.Yu.¹, Akhmetov T.M.¹, Zinnatova F.F.²,
Chevtaeva N.D.², Stafikopulo M.A.¹

¹Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman

²Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

Annotation. Dairy cattle products are the main source of year-round income for regional agricultural enterprises from the sale of milk and dairy products. Today, the milk production system is a complex biotechnological process, and a modern dairy complex is an engineering-biological structure. In this regard, there was a need to improve its milk productivity, especially milk yield and milk fat content. To achieve this goal, breeders use genotyping to determine the genetic potential of animals and identify first-calf heifers with desirable alleles for use in breeding.

Keywords. DNA, gene, *TG5*, thyroglobulin, milk productivity, first heifers, Holstein breed.

Введение. Для сохранения и развития молочного животноводства важно целенаправленное формирование стад с высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности [1]. Современные разработки в области биотехнологии и молекулярной биологии открывают возможности для создания новых тест-систем, позволяющих определять генетические маркеры хозяйственно-полезных признаков не зависимо от возраста, пола или физиологического состояния животных [2]. Тем не менее, существуют значительные колебания количественных и качественных показателей молочной продуктивности среди особей внутри породы, и в процессе работы с голштинским скотом особое внимание уделяется первотелкам [3].

Изучение генома домашнего скота с целью выявления генов жирномолочности, связанных

с молочной продуктивностью, даст возможность решать глобальные селекционные задачи в племенном деле [4].

В нашей работе рассматривается ген жирномолочности – *TG5* (тиреоглобулин). Тиреоглобулин - важный белок щитовидной железы, который играет роль матрицы для образования гормонов в щитовидной железе, а также для их накопления и контролируемого высвобождения в железе. Многими зарубежными и отечественными учеными в своих исследованиях показано, что у коров, выведенных для производства молока, тиреоглобулин влияет на выход молочного жира и его долю в молоке [5].

Результаты и выводы проведенной научно-исследовательской работы указывают на необходимость использования животных, которые являются носителями желательного аллеля Т по гену *TG5*, при выборе родительских пар для разведения, чтобы улучшить молочную продуктивность, жирность и рентабельность производства молока.

Основной целью данного исследования явилось - изучение показателей молочной продуктивности первотелок голштинской породы имеющих в своем геноме различные вариации гена *TG5*, используя ДНК (ПЦР)-диагностику. Это позволит более точно определить генетический потенциал не только породы в целом, но и отдельных животных, а также обеспечить эффективный контроль и корректировку селекционных процессов.

Материалы и методы исследований. В марте 2023 года были проведены исследования, в ходе которых были получены образцы ДНК из лейкоцитов крови 100 коров-первотелок голштинской породы. Эти первотелки были предоставлены СХПК ПЗ им. Ленина Атнинского района Республики Татарстан. Кровь для анализа была собрана с помощью вакуумных пробирок из хвостовой вены.

ДНК выделяли стандартным набором «АмплиПрайм ДНК-сорб-В» (Россия) предназначенный для экстракции нуклеиновых кислот из биологического материала. Амплификацию фрагментов гена тиреоглобулина (*TG5*) осуществляли с помощью следующих праймеров:

TG5-F: 5'-GGG-GAT-GAC-TAC-GAG-TAT-GAC-TG-3',

TG5-R: 5'-GTG-AAA-ATC-TTG-TGG-AGG-CTG-TA-3'.

ПЦР проводили с 2 мкл ДНК-образца, общий объем реакционной смеси в одной пробирке составлял 20 мкл (таблица 1).

Таблица 1. Состав реакционной смеси для амплификации гена *TG5*

Реагенты	Исходная концентрация	Итоговая концентрация	На 1 пробу (мкл)
dH ₂ O			12,4
dNTPs	2,5 мМ	0,25мМ	2
Тақ Буфер	×10	×1	2
Тақ ДНК полимераза	5 ед	1 ед	0,2
TG5 F	11,5 мкМ	0,5 мкМ	0,87
TG5 R	19,0 мкМ	0.5 мкМ	0,53
ДНК			2
Всего			20

Далее проводили амплификацию с 2 мкл ДНК-образца, общий объем реакционной смеси в одной пробирке составлял 20 мкл. Для проведения рестрикционного гидролиза полученного амплификата использовался фермент эндонуклеаза *BstX2 I*. Пробы расщепляли согласно рекомендации протокола производителя. Смесь помещали в термостат (*Binder*, Германия) на 12 часов при 37°C.

Молекулярный вес продуктов ПЦР-ПДРФ-анализа определяли методом горизонтального электрофореза в 2,5% агарозном геле. Для приготовления геля использовали агарозу, трис-боратный буфер (*TBE*-буфер), 10%-ный бромистый этидий 5мкл. Электрофорез проведен при 200мА, 150В, 20Вт (Эльф-8, ДНК-Технология, Россия). Результаты электрофореза детектировали с помощью видеодокументирующей системы *GelDoc* (*BioRad*, США).

Основная часть. Анализ качества молока, экспресс-оценку процентного содержания жира, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) и плотности в одной пробе свежего цельного – определение его состава производили с использованием анализатора молока Клевер-2.

Также сравнительный анализ молока проведенных ранее исследований показал, что средний удой молока коров за 305 дней лактации составил – 6345,2 кг, а за всю лактацию – 8348,1 кг. Среднее содержание жира в молоке составило – 4,26%.

Все исследуемые животные находились в одинаковых условиях технологического содержания, кормления и ветеринарного обслуживания.

Результаты. При амплификации ДНК лейкоцитов крови первотелок с парой праймеров идентифицированы специфические фрагменты гена *TG5* длиной 548 п.н.. Затем, при последующем рестрикционном гидролизе и электрофорезе фрагментов в агарозном геле у коров, были обнаружены два аллеля – *C* и *T*, а также три генотипа *TG5^{TT}*, *TG5^{CT}*, *TG5^{CC}*. Фрагменты 473/75 п.н. соответствовали генотипу *TG5^{TT}*, фрагменты 473/295/178/75 п.н. – гетерозиготному генотипу *TG5^{CT}*, а фрагменты 295/178/75 нуклеотидов – генотипу *TG5^{CC}* (рисунок 1).

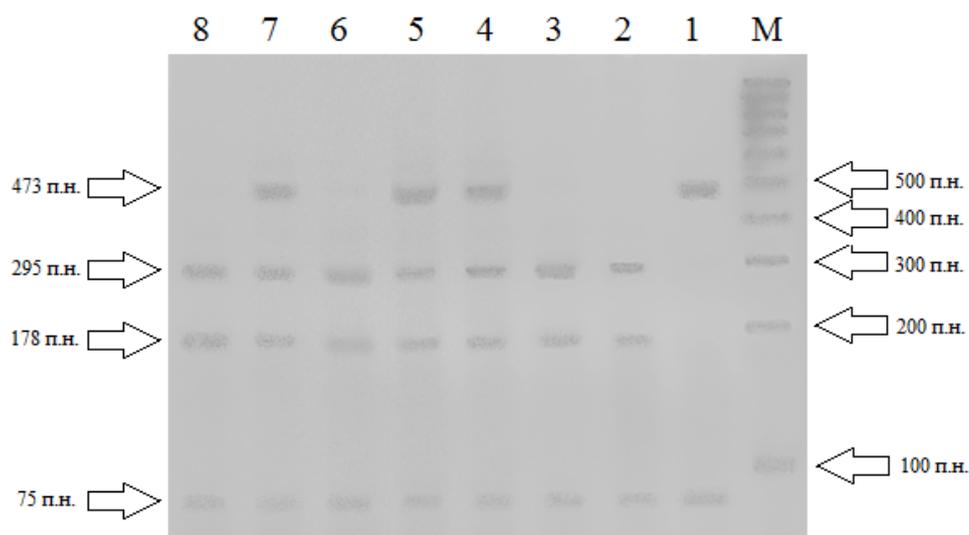


Рисунок 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ гена *TG5* крупного рогатого скота с праймерами *TG5-F*, *TG5-R* и эндонуклеазным расщеплением ферментом *BstX2 I*.

- Обозначения: М – ДНК-маркеры 100 bp + 50 bp;
 1 – генотип *TG5^{TT}* (473/75 п.н.);
 2, 3, 6, 8 – генотип *TG5^{CC}* (295/178/75 п.н.);
 4, 5, 7 – генотип *TG5^{CT}* (473/295/178/75 п.н.).

Из 100 исследованных первотелок, 8 были носителями генотипа *TG5^{TT}*, 35 – генотипа *TG5^{CT}*, а 57 – генотипа *TG5^{CC}*. Частота генотипа *TG5^{TT}* составила 8%, генотипа *TG5^{CT}* – 35%, а генотипа *TG5^{CC}* – 57%. Аллель *T* составил 0,32, аллель *C* – 0,68 (таблица 2).

Таблица 2. Частота встречаемости генотипов гена *TG5*

<i>TG5^{CC}</i>		<i>TG5^{CT}</i>		<i>TG5^{TT}</i>		Частота аллелей	
N	%	N	%	N	%	T	C
57	57	35	35	8	8	0,32	0,68

Исследование показало, что коровы с генотипом $TG5^{TT}$ демонстрировали высокий уровень удоя, составляющий 7135,6 кг молока, в то время как коровы с генотипом $TG5^{CT}$ имели чуть ниже показатели удоя - 6360,7 кг, а у коров с генотипом $TG5^{CC}$ удой составил - 6224,8 кг.

Наиболее жирным оказалось молоко коров с генотипом $TG5^{TT}$, их жирность составила - 4,39%, у коров с генотипом $TG5^{CC}$ - 4,34% жира, а у коров с генотипом $TG5^{CT}$ этот показатель был на уровне - 4,12% (таблица 3).

Таблица 3. Продуктивность первотелок с различными генотипами гена $TG5$

Генотип	Показатели продуктивности коров		
	Удой, кг	Жир, %	Массовая доля жира, кг
$TG5^{TT}$ (n=8)	7135,6±152,78	4,39±1,07	313,3±1,6
$TG5^{CT}$ (n=35)	6360,7±735,97	4,12±0,72	262,1±5,3
$TG5^{CC}$ (n=57)	6224,8±844,75	4,34±0,75	270,1±6,3

Обсуждение и заключение. В процессе изучения молочной продуктивности первотелок голштинской породы, принадлежащих СХПК ПЗ им. Ленина Атинского района РТ, мы выяснили, что средний удой коров за 305 дней лактации составляет 6345,2 кг молока, а средняя жирность молока – 4,26%.

Также мы провели анализ крови коров и обнаружили 3 генотипа по гену тиреоглобулина. Животные с генотипом $TG5^{TT}$ имели самые высокие показатели молочной продуктивности: удой за 305 дней лактации составил 7135,6 кг молока, а жирность молока – 4,39%.

Анализ полиморфизма по гену $TG5$ показал, что коровы с генотипом $TG5^{TT}$ имеют наибольшую жирность молока и высший удой. Эти результаты имеют практическое применение в скотоводстве, так как они могут быть использованы для контроля и корректировки селекционных процессов.

Библиографический список

1. Зиннатова, Ф.Ф. Взаимосвязь полиморфизма гена бета-лактоглобулина с молочной продуктивностью у коров и коров первотелок / Ф.Ф. Зиннатова, А.М. Алимов, Ф.Ф. Зиннатов // Ученые записки КГАВМ. – 2012. – №211. – С. 206-209.
2. Калашникова, Л. А., Оценка полиморфизма комплексных генотипов CSN3, LGB, PRL, GH, LEP и молочной продуктивности у холмогорских коров/ Л. А. Калашникова, Я. А. Хабибрахманова, И. Е. Багаль, В. Л. Ялуга, В. П. Прожерин // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 2. – С. 14–17.
3. Крупин, Е.О. Молочная продуктивность и качество молока коров в зависимости от генотипа / Е.О. Крупин, Ш.К. Шакиров, М.Ш. Тагиров // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 4. – С. 120-125.
4. Николаева, К. Ю. Взаимосвязь молочной продуктивности коров с полиморфизмом гена LGB / К. Ю. Николаева, Л. Н. Хасанова // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК: Сборник материалов международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной 150-летию ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, Казань, 15–16 марта 2023 года. Том I. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2023. – С. 124-127.
5. Sedykh T.A. Influence of TG5 and LEP gene polymorphism on quantitative and qualitative meat composition in beef calves /T.A. Sedykh, L.A. Kalashnikova, I.V. Gusev, I.Yu. Pavlova, R.S. Gizatullin, I.Yu. Dolmatova//Iraqi Journal of Veterinary Sciences. -2016. -Т. 30. -№ 2. -С. 41-48.

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ОВЦЕМАТОК

Р.С. Искужина, М.Г. Маликова, М.Т. Сабитов, Ш.А. Тятигачев

Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (БНИИСХ УФИЦ РАН), Республика Башкортостан, г.Уфа, Россия
e-mail: iskuzhina94@mail.ru

***Аннотация.** Использование вновь разработанной КМВКД в рационах овцематок за весь производственный цикл оказало положительное влияние на морфо-биохимические показатели крови. Установлено, что у животных опытной группы содержание эритроцитов во время суягности на 3,97%; лейкоцитов – 4,24 и гемоглобина – 3,80%; в период подсоса соответственно – на 3,16; 2,33 и 2,24%; и после отбивки ягнят – на 1,40%; 2,83 и 1,58% выше, по сравнению с контрольной группой.*

***Ключевые слова.** КМВКД, добавка, макроэлементы, микроэлементы, овцематки, морфологические и биохимические показатели, крови.*

THE EFFECT OF FEEDING A COMPLEX MINERAL FEED ADDITIVE ON THE MORPHO-BIOCHEMICAL PARAMETERS OF THE BLOOD OF SHEEP

R.S. Iskuzhina, M.G. Malikova, M.T. Sabitov, SH.A. Tyatigachev

Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
e-mail: iskuzhina94@mail.ru

***Annotation.** The use of the newly developed CMVFA in the diets of sheep during the entire production cycle had a positive effect on the morphobiochemical parameters of the blood. It was found that in animals of the experimental group, the content of erythrocytes during pregnancy was 3.97%; leukocytes – 4.24 and hemoglobin – 3.80%; during suckling, respectively, by 3.16; 2.33 and 2.24%; and after beating lambs – by 1.40%; 2.83 and 1.58% higher than in the control group.*

***Keywords.** CMVFA, additive, macronutrients, microelements, sheeps, morphological and biochemical parameters, blood.*

Введение. В настоящее время овцеводству в Российской Федерации уделяется особое внимание, т. к. обладает неоспоримыми достоинствами среди других приоритетных отраслей животноводства России.

Проблема увеличения объемов производства молодой баранины и улучшения их мясных качеств основывается, прежде всего, при рациональном использовании имеющегося в республике генофонда, а также улучшения их племенных качеств и организацией полноценного кормления, обеспечивающее во всех элементах питания, в том числе по минеральным веществам[1,2].

Известно, что потребность животных в макро- и микроэлементах зависит от уровня продуктивности, физиологического состояния организма, и она особенно велика у овцематок во время суягности и в период лактации, так как минеральные вещества являются структурным материалом при формировании тканей и органов, входят в состав органических веществ, участвуют в активации процессов ассимиляции, создании запасов элементов

питания, регулируют обмен веществ. А повышение сохранности, продуктивности и улучшение качественных показателей продукции во многом происходит за счет минеральных добавок [3,4]. Однако, по данным М.Г. Маликовой, минеральный состав кормов Башкортостана, используемых в рационах животных по содержанию кальция, фосфора, магния, натрия, меди, в кобальте и сере не обеспечивают потребность животных в сравнении с детализированными нормами по А.П. Калашникову и др. (2003) [5].

В этой связи, вновь разработанная комплексная минерально-витаминная кормовая добавка (далее КМВКД) с использованием дешевых местных минеральных и органических сырьевых ресурсов (цеолита и сапропеля), и усовершенствования существующих методов и способов обогащения рационов и норм скармливания для каждой половозрастной группы овец имеет научно-практический интерес и особую актуальность.

Для объективной оценки испытуемой КМВКД в качестве балансирующей добавки по недостающим минеральным веществам в рационах овцематок необходимым условием является морфологические и биохимические показатели крови. Они характеризуют основные обменные процессы, происходящее в организме животных и являются основными факторами, способствующее увеличению продуктивности и продолжительности хозяйственного использования [4].

Исходя их вышеизложенного, основной целью настоящих исследований явилось изучение морфо-биохимических параметров крови у овцематок при использовании в их рационах комплексной минерально-витаминной кормовой добавки.

Материалы и методы. Научно-хозяйственные и физиологические опыты проводились в условиях ИП главы КФХ «Якупов Д.Н.» Бирского района Республики Башкортостан. Для проведения опытов были подобраны 2 группы овцематок по методу пар-аналогов по возрасту и живой массе. В контрольную группу подобрали овцематок Романовской породы, а в опытную - ее помесей (Романовской х Эдильбаевской).

Рационы суягных и лактирующих овцематок составляли в соответствии нормативными показателями Н.Г. Макареца (2012) с учетом количества ягнят, полученной от каждой овцематки. Первоначальную норму подкормки для овцематок рассчитали с учетом уровня потребности и доступности минеральных веществ за счет кормов рациона. Норму подкормки КМВКД ежемесячно корректировали в зависимости от потребности маток, роста и развития ягнят до отбивки. Морфо-биохимические исследования крови проводились в условиях лаборатории Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук и ГБУ Дюртюлинской районной и городской ветеринарной станции Республики Башкортостан на полуавтоматическом анализаторе StatFax 3300, AwarenessTechnology.

Статическую обработку цифровых данных проводили с помощью метода вариационной статистики с использованием программного пакета Office Microsoft Excel 2019, критерии достоверности разности определяли по Стьюденту.

Результаты исследований. Морфо-биохимические показатели крови изучали у пяти постоянных овцематок из каждой группы до постановки на опыт, в период суягности, лактации (подсоса) и через месяц после отъема ягнят. Морфо-биохимические показатели крови при разных физиологических состояниях приводится в таблице 1.

При сравнительном анализе результатов исследований морфологического состава крови установлено, что изучаемые показатели в обеих группах соответствовали средним значениям физиологического норм. Однако, следует отметить у животных опытных групп, потребляющих с дробленкой КМВКД в период суягности содержание эритроцитов на 3,97%, лейкоцитов – 4,24 и гемоглобина – 3,80%; в период подсоса соответственно – на 3,16; 2,33 и 2,24%; и после отбивки ягнят – на 1,40%, 2,83 и 1,58% выше, чем среднее значения у контрольных групп животных, получавшие с кормами рациона монокальцийфосфат и премикс П-80-1-1 в соответствии с нормами А.П. Калашникова (2003).

Таблица 1. Морфо-биохимические показатели крови овцематок

Показатель	Норма	Периоды физиологических состояний овцематок:		
		суягности	подсоса	после отбивки ягнят
Контрольная группа				
Гемоглобин, г/л	80-120	98,52±1,52	92,35±1,25	96,52±1,38
Эритроциты, 10 ¹² /л	7-12	8,32±0,42	7,9±0,33	8,56±0,31
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6-14	6,82±0,47	6,43±0,51	7,06±0,41
Опытная группа				
Гемоглобин, г/л	80-120	102,26±1,48*	94,42±1,33	9,05±1,34
Эритроциты, 10 ¹² /л	7-12	8,65±0,40*	8,15±0,42*	8,68±0,31
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6-14	7,12±0,53*	6,58±0,53*	7,26±0,48*

Примечание: * P < 0,05; **P < 0,001; ***P < 0,0001

Заключение. Таким образом, использование КМВКД в рационах овцематок в различные физиологические периоды, т.е. за весь производственный цикл оказала стимулирующее влияние на процессы пищеварения, переваривания и усвоения питательных и минеральных веществ в организме. А витамины в комплексе с минеральными веществами ускорили ферментативную активность в процессе гемопоэза и характеризуют о нормальном функционировании кроветворных органов и в целом обменных процессов всего организма.

Библиографический список

1. Молчанов А.В., Егорова Е.А., Козин А.Н. Влияние ПВМ 81-2 «Сульфвита» на биохимические и гематологические показатели крови баранчиков эдильбаевской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – №4. – С. 42-43.
2. Прокопьева М., Нестерова О., Середа Н. Влияние белково-витаминно-минеральной добавки на продуктивность животных // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2022. – № 2. – С. 16-19.
3. Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. Минеральное питание животных. – М.: КОЛОС, 1979. – 471 с.
4. Кондрахин, И.П., Архипов А.В. и др. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник. – М.: КОЛОС, 2004. – 520 с.
5. Маликова М.Г., Суяргулов Р.Р. Кормовые ресурсы Республики Башкортостан и пути их рационального использования. – Уфа: РЕГТАЙМС, 2009. – 360 с.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У СОБАК И СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ ЕГО НАРУШЕНИЙ: КРАТКИЙ ОБЗОР

Е.О. Крупин

ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия, e-mail: evgeny.krupin@gmail.com

***Аннотация.** В статье представлен обзор научных результатов, полученных различными учеными, исследующими обмен веществ у домашних и служебных собак, возможные нарушения и их диагностические маркеры, способы профилактики нарушений обмена веществ.*

***Ключевые слова:** собака, обмен веществ, кровь, профилактика, кормовые добавки.*

METABOLISM IN DOGS AND WAYS TO PREVENT ITS DISORDERS: A BRIEF REVIEW

E.O. Krupin

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail:evgeny.krupin@gmail.com

***Annotation.** The article presents a review of scientific results obtained by various scientists investigating metabolism in domestic and service dogs, possible disorders and their diagnostic markers, ways of prevention of metabolic disorders.*

***Keywords:** dog, metabolism, blood, prevention, feed additives.*

Введение. Домашние животные помогают нам в повседневной жизни, оказывая психоэмоциональную поддержку. Они часто используются в трудотерапии, логопедии или физической реабилитации. Они также ценятся как компаньоны, что влияет на качество жизни человека [1]. Существует и успешна одна из форм зоотерапии – канистерапии, которая использует положительное влияние собак как на физическое, так и на психическое здоровье младших школьников. Поскольку собака является древнейшим одомашненным животным, за время своего совместного проживания с человеком она научилась читать понимает язык тела людей, а также способна чувствовать их состояние [2]. Площадка для собак сегодня – это территория для социальной адаптации и коммуникации между животными, а также общения питомцев с хозяевами и другими людьми. При правильном проектировании и строительстве площадки для выгула собак и подобные общественные пространства представляют собой ценный актив формирования комфортной городской среды, обеспечивающий физическое и психическое здоровье животных, а также их владельцев и сторонних лиц [3]. Существует целая система школ для подготовки проводников и развития питомников служебного собаководства. Велика роль этих животных в охране государственной границы [4].

На основании изложенного выше, целью данной работы является краткое рассмотрение основных моментов, касающихся надлежащего обеспечения домашних и служебных собак питательными и биологически активными веществами, оценки нарушений обмена веществ и показателей, позволяющих судить об этом.

Материалы и методы исследований. Приведен обзор научных результатов, полученных различными учеными и посвященных раскрытию вопросов сбалансированного кормления собак и профилактики нарушений обмена веществ, формирования их физического и психоэмоционального здоровья.

Результаты исследований и обсуждение. Результативность работы служебных собак напрямую зависит от их физической формы, и, соответственно от обмена веществ в их организме [5]. Е.А. Шевченко и Л.И. Баюров (2020) отмечают, что большинство собак кормят коммерческими кормами, основная масса которых обеспечивает их довольно сбалансированное питание. Потребность в энергии направлена на основной обмен, образование продукции, синтез тканей организма и физические нагрузки. Потребность зависит от сбалансированности рационов, температуры окружающей среды, а также массы их тела, физиологического статуса, состояния шерстного покрова, мышечной работы, конституции и типа высшей нервной деятельности, пола и возраста. Например, в летнее время суточная потребность в энергии у собак снижается в среднем на 15 %, а в зимнее - возрастает на такую же величину [6]. Как сообщают А.В. Требухов, Г.М. Бассауэр, О.Г. Дутова, С.А. Утц (2022) нарушение гомеостаза у служебных собак проявляется снижением глюкозы, средней концентрации гемоглобина в эритроцитарной массе и среднего количества гемоглобина в одном эритроците, а также повышением среднего размера эритроцитов, общего белка и глобулинов [7]. В.Н. Гапонова, С.П. Ковалев, В.А. Трушкин [и др.] (2020) отмечают, что могут накапливаться продукты перекисного окисления липидов вследствие эндогенной интоксикации, особенно у животных с заболеваниями мочевыделительной системы, особенно при хронической болезни почек [8]. Г.С. Раднаева, Е.А. Томитова (2022) сообщают, что повышенное содержание марганца, кальция, меди, железа, фенолов в рационах и воде препятствуют усвоению йода организмом животных. При клиническом исследовании у сук наблюдались нарушения метаболизма, что проявлялось следующими симптомами: низкая температура тела, рост медленный, увеличение веса, снижение или отсутствие аппетита, непереносимость холода, замедленное умственное развитие, алоpecia. При биохимическом исследовании сыворотки крови отмечается увеличение некоторых показателей: холестерина, триглицеридов, аланинаминотрансферазы, аспарта-таминотрансферазы, щелочной фосфатазы и магния. При иммуноферментном исследовании наименьшая концентрация гормонов Т3, Т4 щитовидной железы была у собак крупных пород. При нарушениях обмена веществ нередко диагностируют и гипотиреоз [9]. В этом случае Л.Ю. Карпенко, О.Н. Ершова, А.А. Бахта, А.И. Козицына рекомендуют использовать показатели общего Т4 и ТТГ как наиболее значимые маркеры при оценке функции щитовидной железы у собак [10]. По данным Г.М. Бассауэр (2023) действие паратипических (в т.ч. техногенных) факторов дает дополнительную нагрузку на организм служебных собак, обуславливая риск функциональной перегрузки обмена веществ. Применение препаратов железа пролонгированного действия для служебных собак с высокой физической активностью позволяет увеличить окислительно-восстановительные процессы в организме с образованием необходимого количества энергии, обеспечивает восстановление основных показателей обмена и повышает физическую активность служебных собак [11]. Для снижения стрессовой нагрузки применяют комплекс специализированных упражнений, направленных на десенсибилизацию животного и на контрбуславливание, в конечном итоге наблюдаются восстановление до референсных значений гематологических и поведенческих показателей [12]. Исходя из того, что дефицит питательных веществ – это долгосрочные состояния и развиваются они постепенно, то могут быть скорректированы с помощью адресных функциональных кормовых добавок. Оставаясь информированными, бдительными и инициативными, мы можем обеспечить нашим друзьям-собакам любовь, поддержку и медицинскую помощь, в которых они нуждаются, чтобы процветать, несмотря на эти метаболические препятствия [13, 14].

Заключение. Таким образом, рассмотрены вопросы поддержания физической формы собак, обеспечения ее потребностей в энергии, питательных и биологически активных веществах. Приведены наиболее значимых показатели, характеризующие изменение гомеостаз у животных, отмечена роль отдельных кормовых средств в регуляции метаболизма и улучшения здоровья животных.

Библиографический список

1. Суханова В.С. Влияние домашних животных на психоэмоциональное здоровье хозяев / В. С. Суханова, И. Н. Лыков // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 85/2. – С. 63-68.
2. Табатчикова Е.С. Канистерапия как средство профилактики тревожности у младших школьников / Е.С. Табатчикова, Е.Н. Скавычева // Человек. Социум. Общество. – 2023. – № 6. – С. 122-127.
3. Рязских М.В. Анализ зарубежного опыта проектирования площадок для свободного выгула собак / М.В. Рязских, Ю.И. Лиханский // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2022. – № 6. – С. 128-134.
4. Терещенко А.В. Из истории развития служебного собаководства в округах пограничных войск СССР / А.В. Терещенко // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: История и политические науки. – 2013. – № 2. – С. 51-58.
5. Фармакологическая коррекция обмена веществ у собак в период восстановления физической активности / А.В. Требухов, Г.М. Бассауэр, О.Г. Дутова [и др.] // Ветеринария. – 2022. – № 9. – С. 50-56.
6. Шевченко Е.А. Потребность собак в энергии / Е.А. Шевченко, Л.И. Баюров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 163. – С. 23-39.
7. Лечение патологии обмена у служебных собак / А.В. Требухов, Г.М. Бассауэр, О.Г. Дутова, С. А. Утц // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 6(212). – С. 79-84.
8. Клиническое значение показателей антиоксидантной системы организма собак с хронической болезнью почек / В.Н. Гапонова, С.П. Ковалев, В.А. Трушкин [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 1. – С. 183-185.
9. Раднаева, Г.С. Исследование макро- и микроэлементов в водах Улан-Удэ и влияние их на щитовидную железу собак / Г.С. Раднаева, Е.А. Томитова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(62). – С. 96-100.
10. Корреляционный анализ показателей функции щитовидной железы у клинически здоровых собак / Л.Ю. Карпенко, О.Н. Ершова, А.А. Бахта, А. И. Козицына // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 4. – С. 145-147.
11. Бассауэр Г.М. Влияние препарата "суиферровит" на восстановление физической активности служебных собак / Г.М. Бассауэр // Вестник биотехнологии. – 2023. – № 3(36).
12. Курятова Е.В. Терапия хронического эмоционального стресса собак / Е. В. Курятова, О. Н. Тюкавкина А.С. Пискунов // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 59-67.
13. Davison L.J. Effect of dietary carbohydrate on the progression of diabetes mellitus in dogs." Journal of Veterinary Internal Medicine. – 2016. – № 30(4). – P. 984-996.
14. O'Brien T.D. Advances in understanding the pathogenesis of diabetes in dogs and cats. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. – 2010. – № 40(2). – P. 231-243.

ОСОБЕННОСТИ ДОРАЩИВАНИЯ И ОТКОРМА МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ С ДОБАВЛЕНИЕМ В РАЦИОНЫ ФЕРМЕНТА

Л.Р. Михайлова, А.Ю. Лавреньтьев

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»

e-mail: Lmikhaylova01@mail.ru

***Аннотация.** Для определения генетического потенциала современных и местных пород свиней, необходимо изготавливать комбикорм высокого качества. На данный момент показатель генетического потенциала животных превосходит уровень кормления; иначе говоря, совершенствуя технологию кормления свиней, можно быстро повысить экономические показатели по производству свинины.*

***Ключевые слова:** фермент, комбикорма, убойный выход, затраты кормов, молодняк свиней.*

Введение. Задачей свиноводства является снижение затрат за счет повышения усвояемости организмом животного переваренных питательных веществ корма. Одним из значимых способов, которые необходимы для решения поставленной задачи можно считать дополнительное включение в состав комбикормов для сельскохозяйственных животных биологически активных веществ, а именно современных ферментных препаратов нового поколения. Качество свинины сильно отличается от мяса других видов сельскохозяйственных животных [4, 5]. Свиньи обладают ценными хозяйственными и биологическими качествами, такими как высокая плодовитость, скорость роста, калорийность и качество мяса, снижение затрат на корма и убойный выход [1, 2, 3].

Сегодня развитие свиноводства невозможно без освоения и внедрения новых современных технологий, использования в кормлении качественных кормов и добавок [1]. Кормовые добавки и биологически активные вещества в рационе сельскохозяйственных животных способствуют сбалансированному питанию в соответствии со стандартами и требованиями кормления [1, 2]. На данный момент промышленность разрабатывает и внедряет в производство новые рецептуры комбикормов, минеральных добавок и БАВ [3]. Они различаются по происхождению и механизму действия этих компонентов у конкретного вида животных [5]. Использование ферментов играет важную роль в получении продуктов животного происхождения и является эффективным способом для повышения перевариваемости кормов для животных, поэтому одним из основных перспективных направлений в технологии получения свинины является использование ферментных препаратов в комбикормах [2, 3].

Цель - изучение влияния ферментного препарата Feedbest P5000 GT на рост, затраты кормов и мясную продуктивность в составе комбикормов молодняка свиней на доращивании и откорме.

Материалы и методика исследования. Исследования проводились на молодняке свиней в крупной белой породы в возрасте от 60 до 210 дней. Для это сформировали 4 группы по 12 голов в каждой по принципу групп-аналогов с учетом живой массы, возраста, породы, пола, происхождения. Свиньи во всех группах находятся в одинаковых условиях кормления и содержания.

Поросята контрольной группы получали основной хозяйственный рацион, состоящий из ячменя, пшеницы, гороха, кукурузы, жмыха подсолнечного, мясо-костной муки, отрубей пшеничных, премикса и поваренной соли. В структуре комбикорма подопытных животных по питательности доля концентратов была 94%, кормов животного происхождения 5%, премикс 1%. В дополнение основному рациону поросята первой группы получали ферментный препарат препарата Feedbest P5000 GT в количестве 60 г/т, второй группы – 90 г/т, а третьей группы – 120 г/т.

При проведении научно-хозяйственного опыта использовался ферментный препарат нового поколения - Feedbest P5000 GT, который является ферментным препаратом для повышения биодоступности фосфора, минеральных элементов, аминокислот из компонентов кормов для сельскохозяйственной птицы и свиней.

Результаты исследования. На начало постановки опыта живая масса молодняка свиней была практически одинаковой и варьировала от 17,27 до 17,39 кг. На конец опыта этот данный показатель немного изменился. Среднесуточный прирост за научно-хозяйственный опыт в первой группе молодняка свиней оказался на 4,12% больше, чем в контрольной, во второй группе – на 8,32% и в третьей – на 5,80%. Было отмечено, что абсолютный прирост у молодняка свиней опытных групп был больше, чем у животных из контрольной группы на 4,87%, 9,69% и на 6,87% соответственно. Сохранность животных контрольной и опытной групп была идентичной и составляла 100 %.

Таблица 1. Экстерьерные промеры свиней (в среднем на 1 голову по группам)

Промеры, см	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Длина туловища	118,58±1,25	120,75±1,26	124,83±1,42**	123,67±1,24**
Обхват груди	105±1,35	117,33±1,36***	118,17±1,41**	116,83±1,35***
Высота в холке	66,33±0,49	68,83±0,59***	67,50±0,29*	68±0,30**
Обхват пясти	17,62±0,16	17,75±0,07	17,45±0,06	17,6±0,05

*- При $P \leq 0,05$; ** - При $P \leq 0,01$; *** - При $P \leq 0,001$

В условиях научно-хозяйственного опыта были взяты измерения показателей длины туловища, высоты в холке, обхвата груди и обхвата пясти молодняка свиней. В ходе использования в рационах Feedbest P5000 GT измерения длины туловища свиней трех опытных групп по сравнению с контрольной группой были выше в первой опытной группе на 1,8%, во второй опытной группе на 5,3%, в третьей группе на 4,3%. Дальнейшие измерения экстерьерных промеров показали, что обхвата груди за лопатками второй опытной группы был выше по сравнению с контрольной группой на 13,05%, с первой опытной на 0,7%, с третьей опытной группой на 1,15%. Также следует отметить, что по показателям высоты в холке откармливаемые животные контрольной группы имели наименьшие измерения. Они отставали от своих сверстников первой опытной группы на 3,7%, второй опытной группы на 1,7%, а также от третьей группы на 2,5%. По измерениям обхвата пясти животных было выявлено превышение у первой опытной группы на 0,7% по сравнению с контрольной группой. В свою очередь, контрольная группа превосходила вторую опытную на 0,9% и третью опытную – на 0,2% соответственно. Было выявлено превышение по измерениям обхвата пясти животных у первой опытной группы на 0,7% по сравнению с контрольной группой. В свою очередь, контрольная группа превосходила вторую опытную на 0,9% и третью опытную – на 0,2% соответственно.

Максимальный убойный выход был у животных второй опытной группы – 69,06%, самый низкий показатель у молодняка свиней контрольной группы – 65,91%. Перед убоем животные контрольной группы имели живую массу 122,3 кг, первая опытная группа – 126,8 кг, вторая опытная – 132,8 кг и третья опытная – 129,1 кг. Масса парной туши второй опытной группы составила 83,68 кг и была наивысшей, чем в контрольной группе на 9,44 кг, первой опытной на – 6,43 кг, третьей опытной на – 3,6 кг. Масса туши после охлаждения составила в контрольной группе 80,61 кг, в первой опытной группе – 84,71 кг, во второй опытной группе – 91,74 кг и в третьей опытной группе – 87,81 кг. Потери массы туши после охлаждения в контрольной группе составила 3,07 кг или на 3,66%, в первой опытной – 1,98 кг или на 2,3%, во второй опытной группе – 1,38 кг или 1,5%, в третьей опытной – 1,71 кг или 1,9%.

За период научно-хозяйственного опыта молодняк свиней в опытных группах превосходил сверстников контрольной группы по выходу мышечной ткани. По сравнению с контрольной группой в первой опытной группе этот показатель был больше на 3,25%, второй опытной - 5,16% и третьей опытной - 4,21% соответственно.

По экспериментальным данным рассчитана стоимость корма подопытных животных во всех группах. Потребление пищи в экспериментальных группах снизилось 4,68%, 8,76% и 6,52% соответственно. По результатам исследования было выявлено, что рост подопытных животных и снижение расхода кормов у свиней II группы.

Выводы. Данные исследований показали, что применение ферментного препарата - Feedbest P5000 GT в составе комбикормов для молодняка свиней положительно влияет на рост, мясные качества, затраты кормов на 1 кг прироста. Лучшие показатели были во второй опытной группе, где в состав комбикормов добавлялся ферментный препарат в количестве 90 г/т.

Библиографический список

1. Лаврентьев А.Ю., Евдокимов Н.В., Шерне В.С., Михайлова Л.Р., Дарьин А.И., Жестянова Л.В. Влияние некоторых паратипических факторов на воспроизводительные качества свиноматок / А. Ю. Лаврентьев, Н. В. Евдокимов, В. С. Шерне [и др.] // Аграрная наука. – 2022. – № 11. – С. 51-54.
2. Лаврентьев, А. Особенности выращивания поросят-сосунов / А. Лаврентьев, Л. Михайлова, Л. Жестянова // Животноводство России. – 2022. – № 9. – С. 31-32. – DOI 10.25701/ZZR.2022.09.09.005.
3. Лаврентьев, А. Ю. Рожьсодержащие комбикорма в рационе бычков на дорашивании / А.Ю. Лаврентьев, Л.Р. Михайлова, В.С. Шерне // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2(58). – С. 197-203. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-2-197-203.
4. Михайлова, Л.Р. Влияние количества ржи в комбикормах для бычков на дорашивании / Л.Р. Михайлова, А.Ю. Лаврентьев, В. С. Шерне // АгроЗооТехника. – 2022. – Т. 5, № 4.
5. Михайлова, Л.Р. Специальные комбикорма и иммуностимулятор при выращивании поросят-сосунов / Л.Р. Михайлова, А.Ю. Лаврентьев, В. С. Шерне // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(55). – С. 206-210. – DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-206-210.

**ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛООВОГО СТРЕССА
НА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЗООГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ**

Е.Н. Муханина, Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров

ТатНИИСХ обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия,
e-mail: katrinrach1992@yandex.ru

***Аннотация.** Одной из серьезных проблем молочного скотоводства является тепловой стресс. Коровы отечественной селекции на привязном содержании находятся в коровниках с недостаточным притоком воздуха, вследствие чего температура в данном помещении на порядок выше, чем на ферме с беспривязным содержанием коров зарубежной селекции. Из-за воздействия теплового стресса на коров, происходит большая потеря молока в летний период.*

***Ключевые слова:** крупный рогатый скот, тепловой стресс, зоогигиена, молочный скот, система содержания*

**EFFECTS OF PROLONGED EXPOSURE TO HEAT STRESS ON HOLSTEIN COWS
OF DOMESTIC AND FOREIGN SELECTION DEPENDING ON ZOOHYGIENIC
CONDITIONS OF MAINTENANCE**

E.N. Mukhanina, N.Y. Safina, E.R. Gaynutdinova, Sh.K.Shakirov

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail: katrinrach1992@yandex.ru

***Annotation.** One of the serious problems of dairy farming is heat stress. Cows of domestic breeding on tethered maintenance are located in cowsheds with insufficient air supply, as a result of which the temperature in this room is an order of magnitude higher than on a farm with loose cows of foreign breeding. Due to the effects of heat stress on cows, there is a large loss of milk in the summer.*

***Keywords:** cattle, heat stress, zoogygiene, dairy cattle, housing system*

Введение. Глобальное повышение температуры – это зафиксированный метеорологическими приборами достоверный рост среднегодовой температуры воздуха по всей планете [2].

Температура воздуха является одним из основных экологических факторов, оказывающих воздействие на организм животного. Из-за этого состояние теплового стресса у высокопродуктивных коров стало серьезнейшей проблемой молочного скотоводства в летний пастбищный период [3].

Вероятность массовой заболеваемости и падежа скота может возрасти в последствии влияния теплового стресса. Выраженность теплового стресса определяется температурно-влажностным режимом окружающей среды, долговременностью его воздействия на организм, что приводит к долговременному спаду молочной продуктивности коров.

Во время недолгого действия повышенных температур (теплового шока) молочная продуктивность коров уменьшается на 10 – 35 %, но помимо того, что животное перегрелось и дало меньше молока единожды, последствия однократного сильного стресса могут длиться до шести недель.

Наиболее комфортной температурой воздуха в скотоводческих помещениях считается 8-12 °С, а по сведениям иностранных ученых – 10-15 °С. Часть авторов указывает, что верхняя граница оптимальной температуры находится на уровне 20 °С [4].

Материалы и методы. Наше исследование проводилось в СХПК «Племенной завод им. Ленина» расположенном в Атнинском районе Республики Татарстан.

Коровы отечественной селекции содержатся в типовых 4-х рядных коровниках с привязным содержанием. В хозяйстве внедрена система круглогодичного однотипного содержания и кормления. В производственных помещениях для оптимального микроклимата в летние месяцы налажена система принудительной вентиляции (установлены разгонные вентиляторы). В качестве подстилочного материала используется измельченная солома, а навоз удаляется с помощью скребкового транспортера ТСН с погрузкой на транспортную тележку.

Доение коров 2-х разовое, проводится в молокопровод с автоматизированной программой управления стада (учета молока) DeLaval DelPro™ 3.5 (Швеция).

Коровы зарубежной селекции находятся в условиях мегафермы на 230 голов с беспривязным содержанием. В хозяйстве внедрена система круглогодичного однотипного содержания и кормления животных. В производственных помещениях для оптимального микроклимата в летние месяцы налажена система принудительной вентиляции (потолочные вентиляторы). Для подстилки используются древесные опилки, удаление навоза из открытых проходов, в которых он скапливается, происходит при помощи дельта-скреперной системы навозоудаления, а затем сбрасывается в накопительный бункер, и затем в лагуну.

На предприятие доение коров 4-х разовое – роботизированное с использованием оборудования и программного обеспечения фирмы «Lely» (Нидерланды).

Результаты и обсуждения. Показатели температурных (°C) и влажностных (%) колебаний внутри помещений фиксировались ежедневно датчиками «Mi Temperature And Humidity Monitor 2» (Xiaomi, Китай) в течение летнего сезона (июнь-август 2023 г.) и использовались для расчета температурно-влажностного индекса. Температурно-влажностный индекс рассчитывали по формуле, предложенной T.L. Mader (2006) [5]:

$$ТВИ = (0.8 * t_{cm}) + [(φ / 100) * (t_{cm} - 14.4)] + 46.4, \text{ где}$$

ТВИ – температурно-влажностный индекс,

t_{cm} , – температура сухого термометра, °C,

$φ$ – относительная влажность, %.

Датчики, фиксирующие почасовую и среднесуточную температуру и влажность, были установлены в двух корпусах фермы с беспривязным содержанием и роботизированным способом доения коров. Там содержатся коровы зарубежной селекции. По одному датчику было установлено с одного торцевого конца корпуса 1 и с другого торцевого края корпуса 2. Так же по одному датчику располагались вблизи помещения, в котором размещается роботизированная доильная установка, моющие аппараты для поддержания чистоты и стерильности автоматического оборудования для доения.



Рисунок 1. Показатели температурно-влажностного индекса (беспривязное содержание).

Два датчика «Mi Temperature And Humidity Monitor 2» были размещены в первом корпусе фермы со стойловым содержанием и машинным способом доения коров. Еще один датчик был установлен в центральной части фермы второго корпуса, где размещаются коровы голштинской породы отечественной селекции.

Из представленного графика (рисунок 1) видно, что среднесуточный температурно-влажностный режим был несколько комфортнее в центре фермы с беспривязным содержанием, возле комнаты, оборудованной для роботизированного доения молока.

Это можно объяснить тем, что в центре фермы с беспривязным содержанием эффективно работает система вентиляции. Потолочные вентиляторы, подобно миксеру, смешивают массы воздуха, выравнивая его состав и температуру по всему объёму помещения.

Показатели температурно-влажностного индекса находятся ближе к комфортабельным в торцевых концах фермы со стойловым содержанием (рисунок 2). В центральной зоне эти параметры возрастают, по всей видимости, из-за недостаточного притока воздуха, который не могут в полной мере обеспечить разгонные вентиляторы, установленные в помещениях для стойлового содержания животных.



Рисунок 2. Показатели температурно-влажностного индекса (привязное содержание)

При сравнительном анализе показателей температурно-влажностного режима на фермах с беспривязным и привязным содержанием наблюдаются заметные отличия (рисунок 3). Наиболее высокий ТВИ за весь период наблюдений отмечен на ферме со стойловым содержанием, чем на роботизированной ферме с беспривязным содержанием.



Рисунок 3 Сравнительные показатели температурно-влажностного индекса в помещении и на улице

Такая разница объяснима тем, что на ферме с привязным содержанием лучше устроена система вентиляции, само помещение большего объема, что создает лучшие условия для циркуляции воздуха. К тому же животные при таком способе содержания могут свободно перемещаться, находя себе, таким образом, место с меньшей тепловой нагрузкой и всегда имея доступ к свежей питьевой воде.

Полученные с уличного датчика метеорологические показания гораздо выше, зарегистрированных результатов с датчиков, находящихся в помещении. Превышение показаний с внутренних датчиков замечено лишь четырежды – во второй декаде июня, в середине июля, во второй и третьей декаде августа.

По итогам всего летнего сезона количество дней, когда показатель ТВИ был выше критического значения 68, на ферме с беспривязным содержанием и ферме с привязным способом содержания составило 32 и 42 дня соответственно.

Последствия длительного воздействия высоких температур на крупный рогатый скот таковы, что за июнь продуктивность снизилась на 2,8 и 12,3 % у дойных коров на ферме с беспривязным и на ферме с привязным содержанием соответственно. За июль этот показатель увеличился до 8,6 % при беспривязном содержании и немного сократился на ферме с привязным содержанием – до 9,5 % от среднего удоя по группам продуктивности. В августе потери удоя составили 5,1 и 7,9 % соответственно.

Итоговая разница в потере молока за летний сезон между группами с различными способами содержания достигает 36 % – 6972,36 против 10905,64 кг (или 208,1 и 325,5 тыс. руб.) в пересчете на изучаемое поголовье.

Заключение. Для снижения теплового риска, прежде всего, нужна продуманная система вентиляции в коровнике. Для минимизации стресса на пастбищах нужно постараться обеспечить животным комфорт – сделать теневые навесы на кардах и на летних лагерях-пастбищах.

В условиях жары, когда температура в коровнике поднимается выше 24 °С, можно устраивать душ для коров, обливая особенно области головы и шеи.

Немаловажным фактором снижения теплового стресса является кормление. В жару необходимо кормить животных только качественными кормами с высокими вкусовыми показателями. Животных следует поить вдоволь: чистая, свежая вода должна быть доступна в любое время, особенно после доения. Следует помнить, что потребность в воде при тепловом стрессе увеличивается как минимум на 50 %.

Библиографический список

1. Крупин Е.О. Оценка теплового стресса у крупного рогатого скота с использованием анализа метеорологических величин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 3. – С. 53-56. doi: 10.31857/S2500262720030138;
2. Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XXI веке: справочник. – Казань: изд-во «Фолиант», 2018. – 64 с.
3. Шакиров Ш.К., Хазипов Н. Н., Лапотко А. М. 300 вопросов и ответов по кормопроизводству и животноводству 3-е издание. – Казань: ООО "Издательская группа "Логос", 2018. – 280 с.
4. Шакиров Ш.К., Шайтанов О. Л., Сушенцова М. А. Современные технологии в кормопроизводстве и животноводстве, проблемы и пути их решения (500 вопросов и ответов): справочник 4-е издание, доработанное и дополненное. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2023. – 416 с. ISBN 978-5-9690-1188-5.
5. Mader T.L., Davis M.S., & Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle // Journal of Animal Science. – 2006. – 84(3). – P. 712-719.

ИЗУЧЕНИЕ ОБЩЕЙ ТОКСИЧНОСТИ ПРЕПАРАТА «АКВА-ФАЙБЕР» ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Р.М. Потехина, Е.Ю. Тарасова, Д.А. Хузин

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной
и биологической безопасности», Россия, evgenechka1885@gmail.com

***Аннотация.** Цель исследования заключалась в изучении общей токсичности препарата «Аква-файбер» на основе мицелиального гриба *Aspergillus orize* M-2 и вспомогательных компонентов методом биотестирования для последующего безопасного применения в очистке сточных вод. Исследование общей токсичности проводили согласно ГОСТ 31674-2012 на простейших и кроликах. В ходе проведенного исследования токсичность на простейших не регистрировалась. Кожная проба на кроликах при аппликации экстракта препарата была отрицательной.*

***Ключевые слова:** простейшие, кролики, мицелиальный гриб, биотестирование, *Aspergillus orize*, сточные воды.*

STUDY OF GENERAL TOXICITY OF THE PREPARATION "AQUA-FIBER" FOR WASTEWATER TREATMENT

R.M. Potekhina, E.Y. Tarasova, D.A. Khuzin

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center of Toxicological,
Radiation and Biological Safety", Russia, evgenechka1885@gmail.com

***Abstract.** The aim of the study was to investigate the general toxicity of the preparation "Aqua-fiber" based on mycelial fungus *Aspergillus orize* M-2 and auxiliary components by biotesting method for further safe application in wastewater treatment. The study of general toxicity was carried out according to GOST 31674-2012 on protozoa and rabbits. During the study toxicity on protozoa was not registered. Skin test on rabbits at application of the preparation extract was negative.*

***Keywords:** protozoa, rabbits, mycelial fungus, biotesting, *Aspergillus orize*, wastewater.*

Введение. В современных условиях актуальным является разработка новых биологически активных препаратов для обеззараживания воды и промышленных сточных вод от металлов [1]. Наиболее распространенными методами обеззараживания сточных вод являются хлорирование и обеззараживание воды на ультрафиолетовых стерилизаторах, но это далеко не безопасный способ. Более 90,0 % водопроводных станций в мире обеззараживают и обезвреживают воду хлором, расходуя до двух млн тонн жидкого реагента в год. Однако данный метод имеет значительные недостатки: негативное влияние на живые организмы и водные объекты. Природоохранное законодательство требует применения экологически безопасных технологий, в том числе и при очистке сточных вод. В таких условиях именно переход на использование бесхлорных технологий обеззараживания на основе микроорганизмов, не приводящих к образованию хлорорганических загрязнителей, является адекватным решением проблемы [2].

В процессах самоочищения природных водоемов рек и озер участвуют микроорганизмы [3] (бактерии, грибы), осуществляющие минерализацию автохтонного и аллохтонного органического вещества; простейшие и ракообразные, потребляющие биомассу первичных продуцентов; фотосинтезирующие бактерии и микроводоросли, высшие растения. Технология процесса естественной биологической очистки основана на процессах естественного самоочищения природных водоемов [4-5]. Актуальной проблемой сегодня является охрана окружающей

среды. Вопросы очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод промышленных предприятий являются неотъемлемой частью проблемы охраны окружающей среды.

Во всех промышленно развитых странах основными источниками загрязнения природных водоемов являются бытовые, производственные и атмосферные сточные воды. Промышленные сточные воды загрязняют природные воды значительно больше, чем бытовые. Разработка новых методов очистки сточных вод, с прекращением их сброса в открытые водоемы, является одной из основных тенденций в мировой практике, так как повторное использование в технологических процессах очищенных сточных вод (оборотное водоснабжение) позволит значительно уменьшить степень загрязнения окружающей среды [1].

Цель исследования заключалась в изучении общей токсичности препарата «Аква-файбер» на основе мицелиального гриба *Aspergillus orize* M-2 и вспомогательных компонентов методом биотестирования для последующего безопасного применения в очистке сточных вод.

Материалы и методы. Токсичность разработанного в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» препарата на основе *Aspergillus orize* M-2 и вспомогательных компонентов определяли ускоренным методом с использованием простейших *Paramecium caudatum*. Из препарата «Аква-файбер» готовили водные растворы ацетоновых экстрактов. Метод основан на извлечении токсических веществ с последующим воздействием этих экстрактов на *Paramecium caudatum*. Для этого 10 г препарата помещали в пробирку с пришлифованной пробкой и заливали 15 мл ацетона. Для получения ацетонового экстракта пробирку энергично встряхивали не менее 2 мин, а затем отстаивали в течение не менее 10 мин и не более 15 мин. Раствор вновь взбалтывали в течение 2 мин. После повторного отстаивания в течение 10 мин осторожно отбирали автоматической пипеткой полученную надосадочную жидкость экстрактов и переносили ее в химический стакан или колбу с водным раствором Лозина-Лозинского. Полученный экстракт препарата с помощью пастеровской пипетки наносили на предметное стекло и добавляли одну каплю среды с простейшими. Исследование проводили в пяти повторностях. Подсчет простейших проводили под микроскопом (объектив x8). Критерием для определения чувствительности простейших к токсическим веществам служит время от начала воздействия испытуемого экстракта до гибели простейших, которую констатируют на основании прекращения движения (часто сопровождается деформацией и распадом). Наблюдение за простейшими проводили не более 2-х часов. Препарат считали токсичным при выживаемости от 0 до 39 % простейших, слаботоксичным – от 40 до 69 %, не токсичным – от 70 до 100 % соответственно.

Дополнительно проводили постановку кожной пробы на кроликах упрощенным способом. Метод основан на дермонекротическом воздействии на кожу кролика токсичных веществ, в основном микогенного происхождения, извлекаемых ацетоном. Половину ацетонового экстракта препарата деревянной палочкой наносили на выстриженный участок 6х6 см в области бедра (выстригали волосяной покров до полного оголения). Для контроля использовали противоположный оголенный участок кожи аналогичного размера, на который экстракт не наносился. Вторую половину экстракта оставляли в холодильнике для повторного нанесения на следующий день. С целью предупреждения слизывания экстракта, нанесенного на кожу, на шею кролика надевали воротник, который снимали не ранее чем через 3 сут после первого нанесения экстракта. Наблюдение за реакцией начинали на следующий день после повторного нанесения экстракта и продолжали в течение 3 сут. Результаты оценивали по состоянию кожного покрова.

Токсичность препарата определяли по наличию воспалительного процесса на участке кожи с нанесенным экстрактом. Препарат на основе мицелиального гриба считали нетоксичным, если отсутствует воспалительная реакция кожи.

Результаты исследований. Биотестированием на простейших установлено, что выживаемость простейших через 120 минут экспозиции с экстрактом препарата «Аква-файбер» составила 90,0 %, что свидетельствует об отсутствии токсичного эффекта (таблица 1).

Таблица 1. Исследование токсичности на простейших *Paramecium caudatum*

Результаты определения токсичности на простейших через определенные промежутки времени, мин			
15 мин	45 мин	60 мин	120 мин
100,0±0,00 %	96,0±2,35 %	94,0±2,12 %	90,0±0,71 %

Кожная проба на кроликах также показала отсутствие воспалительной реакции. Каких-либо изменений кожного покрова в виде шелушения, болезненности, уплотнения или отека, точечных капиллярных кровоизлияний не наблюдалось (рисунок 1).

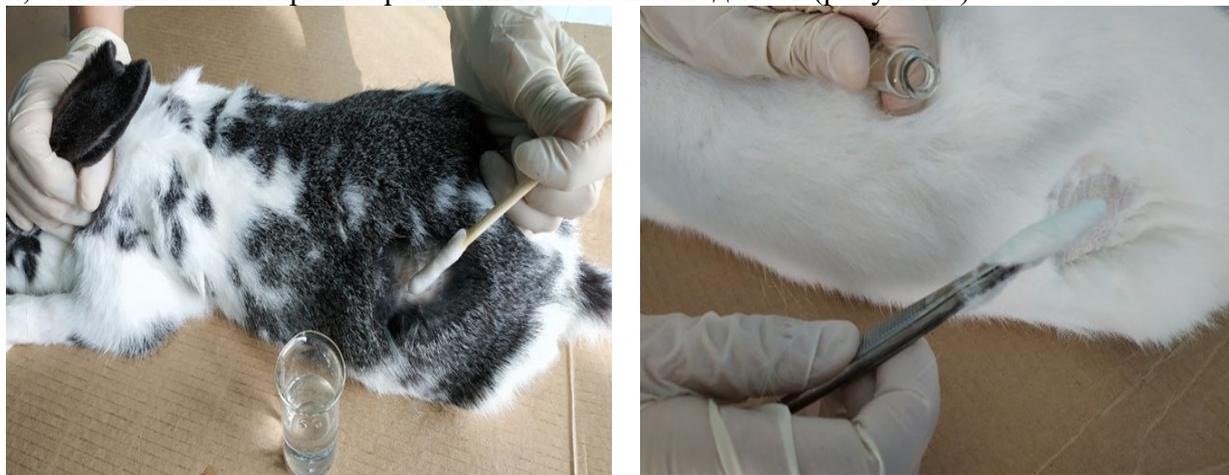


Рисунок 1. Постановка кожной пробы на кроликах.

Заключение. Таким образом, показано, что разработанный препарат «Аква-файбер» на основе мицелиального гриба *Aspergillus orize* М-2 и вспомогательных компонентов является безопасным и не обладает общей токсичностью. В связи с чем, после дальнейшего всестороннего изучения его свойств, он может быть использован для эффективной очистки сточных вод.

Библиографический список

1. The ABC-Type Efflux Pump MacAB Is Involved in Protection of *Serratia marcescens* against Aminoglycoside Antibiotics, Polymyxins, and Oxidative Stress / T. V. Shirshikova, L. K. Kamaletdinova, L. E. Matrosova [et al.] // mSphere. 2021. Vol. 6, No. 2. P. 1-16.
2. Иванова П.А., Шакирова В.В. Методы очистки сточных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами (обзорная статья) // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии. 2024. С. 115.
3. Грибы рода *Aspergillus* - возбудители болезней животных и птиц / Р. М. Потехина, Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова [и др.]. – Казань : Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 2020. 121 с.
4. Comparative toxicity assessment of soil fungi isolated from black sea coasts / R.M. Potekhina, E.I. Semenov, K.A. Osyanin [et al.] // BioNanoScience. 2020. Vol. 10. № 3. P. 799-806.
5. Потехина Р.М. Исследование полевого изолята *Fusarium sporo trichioidesrm+* // Ветеринарный врач. – 2020. – № 4. – С. 31-37.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЛЛУАСОРБА В КОРРЕКЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ ПРИ СМЕШАННОМ МИКОТОКСИКОЗЕ

Е.Ю. Тарасова, Л.Е. Матросова

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности», Россия, evgenechka1885@gmail.com

Аннотация. Показана эффективность разработанной в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» многокомпонентной кормовой добавки «Галлуасорб», обладающей сорбционными, антиоксидантными, иммуностимулирующими, гепатопротекторными свойствами, в коррекции процессов перекисного окисления липидов при смешанном микотоксикозе, выраженная в снижении количества малонового диальдегида в крови подопытных животных.

Ключевые слова: T-2 токсин, афлатоксин В₁, зеараленон, кормовая добавка, малоновый диальдегид, крыса, кролик.

EFFECTIVENESS OF GALLUASORB IN THE CORRECTION OF LIPID PEROXIDATION PROCESSES IN MIXED MYCOTOXICOSIS

E.Yu. Tarasova, L.E. Matrosova

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety", Russia, e-mail: evgenechka1885@gmail.com

Abstract. The effectiveness of the multicomponent feed additive "Galluasorb", developed at the the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety» (FSBSI «FCTRBS-ARRVI»), which has sorption, antioxidant, immunostimulating, and hepatoprotective properties, in correcting the processes of lipid peroxidation in mixed mycotoxicosis, expressed in reducing the amount of malondialdehyde in the blood of experimental animals, has been shown.

Keywords: T-2 toxin, aflatoxin B₁, zearalenone, feed additive, malonic dialdehyde, rat, rabbit.

Введение. После поедания животными контаминированных микотоксинами кормов, патологические эффекты варьируют от острого заболевания с выраженной клинической картиной и высокой летальностью до хронического течения со снижением резистентности организма и продуктивности [1]. Потенцирование эффекта зависит от химической структуры микотоксинов, дозы, времени воздействия, пола и возраста животного, факторов питания и окружающей среды [2-4].

В настоящее время основная проблема, связанная с кормом, загрязненным микотоксинами – это одновременное попадание в организм нескольких микотоксинов, вызывающих метаболические изменения, сопровождающиеся патологическими нарушениями в организме животных.

Отсутствие данных о физиологическом механизме патологического воздействия сочетанных микотоксикозов значительно сокращает разработку способов профилактики и лечения [5].

Систематические экспериментальные исследования воздействий, вызванных совместным присутствием в корме афлатоксина В₁, Т-2 токсина и зеараленона, отсутствуют, что обуславливает необходимость настоящего исследования.

Необходимость импортозамещения, обуславливает разработку для производства в короткие сроки эффективных отечественных средств лечения и профилактики микотоксикозов. При этом, для разработки современных конкурентоспособных препаратов и кормовых добавок необходимо проводить фундаментальные исследования с прикладной направленностью. В

связи с этим, целью работы явилась оценка степени влияния микотоксинов на процессы перекисного окисления липидов на фоне применения разработанной в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» многокомпонентной кормовой добавки «Галлуасорб».

Материалы и методы. Объектами исследований служили микотоксины (Т-2 токсин, афлатоксин В₁, зеараленон), подопытные животные (40 белых крыс обоего пола с массой тела 150-240 г; 40 кроликов породы шиншилла живой массой 1,7-1,9 кг), кормовая добавка «Галлуасорб», обладающая сорбционными, антиоксидантными, иммуностимулирующими, гепатопротекторными свойствами.

Для воспроизведения микотоксикоза использовали стандартные образцы афлатоксина В₁, Т-2 токсина и зеараленона (Sigma-aldrich). Микотоксины животным задавали с кормом (белым крысам – Т-2 токсин – 5 мг/кг, афлатоксин В₁ – 2,5 мг/кг, зеараленон – 2,0 мг/кг; кроликам – Т-2 токсин – 1,2 мг/кг, афлатоксин В₁ – 0,3 мг/кг, зеараленон – 1,7 мг/кг корма) путем тщательного перемешивания. Доступ животных к корму был свободным.

Для кормления животных использовали полнорационный комбикорм, предварительно подвергнутый микологическому и микотоксикологическому анализу иммуноферментным методом.

Животные были разделены на 4 группы методом парных аналогов. Животные первой группы (биологический контроль) получали только основной рацион. Вторая группа служила токсическим контролем (корм контаминировали смесью микотоксинов). Третья группа животных получала основной рацион, контаминированный смесью микотоксинов с добавлением кормовой добавки «Галлуасорб» в дозе 0,25 % от рациона. Четвертая группа являлась группой оценки безвредности кормовой добавки (ежедневно дополнительно к основному рациону вводили Галлуасорб из расчета 0,25 % от рациона). Продолжительность опыта составила 21 сут. В состав кормовой добавки входит галлуазит, метионин, β-глюканы, шрот расторопши.

Кровь для исследования брали у крыс методом декапитации, у кроликов из ушной вены.

Определение содержания малонового диальдегида в крови проводили по реакции с тиобарбитуровой кислотой.

Статистическая обработка данных проводилась в программном продукте Statistica 6.0 с использованием методов описательной и сравнительной статистики.

Результаты исследований. Т-2, афла- и зеараленонтоксикоз сопровождался активацией процессов перекисного окисления липидов, на что указывало повышение в крови концентрации малонового диальдегида (МДА). Его содержание в крови белых крыс, после интоксикации, возросло на 56,6 % ($p < 0,01$) по сравнению с группой биологического контроля (таблица 1). Недостоверное повышение количества МДА на 14,0 % регистрировали у животных, получавших на фоне токсического корма кормовую добавку «Галлуасорб». Статистически значимых изменений уровня МДА у крыс четвертой группы не наблюдалось.

Таблица 1. Содержание малонового диальдегида (мкмоль/л) в крови белых крыс при смешанном микотоксикозе на фоне применения кормовой добавки «Галлуасорб» (n=6)

Группа	МДА, мкмоль/л
1	2,35±0,27
2	3,68±0,14**
3	2,68±0,24
4	2,23±0,22

** $p < 0,01$ в сравнении с биологическим контролем выявлены различия.

Длительное воздействие Т-2 токсина, афлатоксина В₁ и зеараленона привело к значительному увеличению уровня МДА у кроликов (таблица 2), что согласуется с исследованиями, проведенными на крысах.

Таблица 2. Содержание малонового диальдегида (мкмоль/л) в крови кроликов при смешанном микотоксикозе на фоне применения профилактических комплексов (n=6)

Группа	Сроки исследований, сут	
	Фон	21
1	1,18±0,11	1,12±0,13
2	1,20±0,11	1,70±0,08**
3	1,08±0,12	1,23±0,07
4	1,10±0,13	1,05±0,13
**p<0,01 в сравнении с фоновыми показателями выявлены различия.		

У кроликов второй группы регистрировали увеличение уровня МДА к концу эксперимента на 41,7 % (p<0,01) в сравнении с фоновыми значениями. При введении в токсичный корм кормовой добавки «Галлуасорб» содержание малонового диальдегида повышалось на 13,9 %. Достоверных изменений исследуемого продукта перекисного окисления липидов у кроликов, получавших только Галлуасорб, не регистрировали.

Заключение. Было показано, что разработанная нами кормовая добавка «Галлуасорб» в составе рациона кормления смягчает неблагоприятное воздействие Т-2 токсина, афлатоксина В₁ и зеараленона, ослабляя токсическое влияние микотоксинов на организм. Положительное действие кормовой добавки связано с многокомпонентным составом, в частности наличием в составе метионина, β-глюканов и шрота расторопши, обладающих антиоксидантными свойствами.

Библиографический список

1. Анализ адаптационного резерва клеточного и гуморального звеньев неспецифического иммунитета при лечении Т-2 токсикоза белых крыс / Мишина Н.Н., Семенов Э.И., Валиев А.Р. [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2023. – № 2 (23). – С. 105-119.
2. Effect Of Bee Brood And Zeolite On Broiler Chickens Exposed By Mycotoxin T-2 / E. I. Semenov, N. N. Mishina, V. R. Saitov [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. – 2021. – Vol. 8, No. 4. – P. 3520-3531.
3. Нанотрубки галлуазита - новое эффективное средство для борьбы с микотоксикозами / Е. Ю. Тарасова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова, М. И. Канин // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15, № 4(104). – С. 561-571.
4. Определение хронической токсичности профилактического средства "Цеапитокс" / К. В. Перфилова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова [и др.] // Ветеринарный врач. – 2021. – № 4. – С. 50-57.
5. Нейтрализация метаболитов *Fusarium* в растительном сырье / Л. Р. Валиуллин, Р. С. Мухаммадиев, Р. С. Мухаммадиев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 12. – С. 73-77.

ОЦЕНКА МУТАГЕННЫХ СВОЙСТВ ЛЕКАРСТВЕННОГО СРЕДСТВА «СВ» ДЛЯ СУХИХ КОПЫТНЫХ ВАНН

Е.Ю. Тарасова, Д.А. Хузин, Р.М. Потехина, А.М. Трemasова, П.В. Быкова

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной
и биологической безопасности», Россия, evgenechka1885@gmail.com

***Аннотация.** В ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» разработано и проходит доклинические испытания эффективное и удобное в применении лекарственное средство «СВ» для проведения групповых и индивидуальных лечебно-профилактических мероприятий в молочном скотоводстве в виде сухих копытных ванн, используемое без каких-либо ограничений. Цель исследования заключалась в оценке мутагенных свойств лекарственного средства «СВ» для сухих копытных ванн.*

***Ключевые слова:** доклиника, средство, хромосомные aberrации, санитария, мутагенность.*

ASSESSMENT OF MUTAGENIC PROPERTIES OF THE MEDICINE “SV” FOR DRY HOOF BATHS

E.Yu. Tarasova, D.A. Khuzin, R.M. Potekhina, A.M. Tremasova, P.V. Bykova STUDY

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center for Toxicological,
Radiation and Biological Safety", Russia, e-mail: evgenechka1885@gmail.com

***Annotation.** The Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety» (FSBSI «FCTRBS-ARRVI») has developed and is undergoing preclinical testing of an effective and easy-to-use product "SV" for group and individual therapeutic and preventive measures in dairy cattle breeding in the form of dry hoof baths, used without any restrictions. The purpose of the study was to evaluate the mutagenic properties of the drug “SV” for dry hoof baths.*

***Keywords:** preclinical, remedy, chromosomal aberrations, sanitation, mutagenicity.*

Введение. Болезни пальцев и копытцев остаются одной из самых распространенных патологий крупного рогатого скота [1]. Анализ литературных данных отечественных и зарубежных исследователей и многолетних собственных наблюдений свидетельствует о колоссальном экономическом ущербе от этих болезней и необходимости разработки эффективных средств борьбы с этими заболеваниями, которые позволят сохранить продуктивность животных и рентабельность производства молока и мяса. За последние десятилетия для неспецифической профилактики и лечения крупного рогатого скота с болезнями дистального отдела конечностей предложено и апробировано большое количество средств местного и общего действия. Однако применение многих из них связано со значительными финансовыми и трудовыми затратами, сложностью использования в условиях ветеринарной практики и ограничениями по молоку [2, 3].

В ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» разработано и проходит доклинические испытания эффективное и удобное в применении средство «СВ» для проведения групповых и индивидуальных лечебно-профилактических мероприятий в молочном скотоводстве в виде сухих копытных ванн, используемое без каких-либо ограничений.

Для всех вновь разрабатываемых лекарственных средств, кормовых добавок, дезинфектантов для ветеринарного применения необходима всесторонняя токсикологическая оценка [4]. В связи с этим, цель исследования заключалась в оценке мутагенных свойств лекарственного средства «СВ» для сухих копытных ванн.

Материалы и методы. Объектом исследования являлось разработанное в ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» лекарственное средство «СВ», представляющее собой гигроскопичный порошок серого цвета со светло-зеленым оттенком и содержащее активно действующие вещества, обладающие выраженными фунгицидными, бактерицидными, адсорбционными и противовоспалительными свойствами.

Оценку мутагенного действия «СВ» проводили методом учета хромосомных aberrаций *in vivo* в клетках костного мозга млекопитающих [5]. Дизайн эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1. Дизайн изучения мутагенности лекарственного средства «СВ» методом учёта хромосомных повреждений *in vivo*

Метод нанесения	№ группы	Кол-во животных	Доза (мг/кг)	Объем. мл/200 г	Способ введения	Введение колхицина. оценка реакции
Многokrатное накожное нанесение в течении 4 суток	1	5	300 мг/кг	5	накожно	Через 24 ч после последнего нанесения вводят внутривбрюшинно 0,04 %-й раствор колхицина в дозе 3,75 мг/кг живой массы, через 2 часа крыс подвергают эвтаназии (декапитацией). Из бедренных костей вымывают костный мозг, фиксируют клеточный материал и анализируют
	2	5	3000 мг/кг	5	накожно	
	3	5	Интakтная	5	накожно	

После приготовления образцов подсчитано на 100 исследованных клеток количество пробелов, одиночных и двойных фрагментов, обменов, клеток с множественными (более 5 на метафазу) повреждениями. Проведен подсчет количества клеток с хромосомными повреждениями ($M \pm m$ %).

Результаты исследований. У крыс первой и второй групп, которым многократно накожно наносили «СВ» доля клеток костного мозга, имеющих хромосомные aberrации достоверно не отличалась от показателей группы контроля. Таким образом, курсовое четырехкратное нанесение «СВ» в дозах 300 и 3000 мг/кг у самцов и самок крыс не изменяет доли поврежденных метафаз в костном мозге и не увеличивает количество клеток с пробелами хромосом по сравнению с негативным контролем (таблица 2).

Таблица 2 – Частота и типы хромосомных aberrаций (на 100 клеток) в костном мозге подопытных лабораторных крыс (n=5)

Группа	Ахроматические пробелы, %	Одиночные фрагменты, %	Двойные фрагменты, %	Хромосомные хроматидные обмены, %	% клеток с множественными повреждениями	% клеток с хромосомными повреждениями
	на 100 исследованных клеток					
1	0,40 ±0,27	0,20 ±0,22	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,40 ±0,45	1,00±0,61
2	0,60 ±0,27	0,40 ±0,27	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,60 ±0,27	1,60±0,27
3	0,40 ±0,45	0,40 ±0,27	0,20 ±0,22	0,00 ±0,00	0,40 ±0,27	1,40±0,45

Как следует из таблицы 2, в препаратах костного мозга крыс первой и второй группы, регистрировали весьма незначительное количество клеток с абберациями. Средняя частота встречаемости клеток со структурными нарушениями хромосом составила от $(1,0 \pm 0,61)$ % до $(1,60 \pm 0,27)$ %. Основным типом аббераций являлись одиночные фрагменты хромосом - нарушения на уровне хроматид. Частота встречаемости данной патологической формы составила 0,40-0,60 %, парные фрагменты на уровне идентичных локусов обеих хроматид регистрировали только в группе биологического контроля на уровне 0,20 %.

Нарушений строения хромосом, определяемых визуально как неоднородность целостности окраски хроматиды (ахроматические пробелы), отмечали в 0,40-0,60 % случаев. Частота встречаемости клеток с множественными структурными повреждениями также была на уровне 0,40-0,60 %. Транслокаций как хроматидного, так и хромосомного порядка отмечено не было.

Клетки костного мозга характеризуются высоким уровнем митотической активности, следовательно, неизбежно происходят спонтанные абберации хромосом, частота встречаемости которых, по разным сведениям, колеблется в пределах от 1,0 % до 2,76 %. Частота регистрируемых нами хромосомных структурных нарушений в клетках костного мозга белых крыс, которым наносили лекарственное средство «СВ» в дозировке от 300 мг/кг до 3000 мг/кг не имеет достоверных отличий от частоты спонтанно возникающих аббераций.

Заключение. Таким образом, по результатам оценки мутагенных свойств в опыте на лабораторных крысах лекарственное средство «СВ» при накожном нанесении в дозах от 300 мг/кг до 3000 мг/кг не вызывает индукции хромосомных аббераций в клетках костного мозга и, следовательно, не обладает цитогенетической активностью.

Библиографический список

1. Воробьев А.Л., Воробьев Н.Н., Шилов Г.М. Препарат для лечения некробактериоза крупного рогатого скота // Эффективное животноводство. – 2021. – № 2. – С. 51–53.
2. Анализ рынка дезинфицирующих средств, используемых в отдельных животноводческих хозяйствах Приволжского федерального округа / Е. Ю. Тарасова, А. М. Трemasова, Д. А. Хузин [и др.] // Ветеринарный врач. – 2022. – № 3. – С. 58-66.
3. Impact of digital dermatitis on feedlot cattle behavior / A.D. Thomas, K. Orsel, J.A. Cortés [et al.] // Applied Animal Behaviour Science. – 2021. – Vol. 244. – 105468.
4. Определение хронической токсичности профилактического средства "Цеапитокс" / К. В. Перфилова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова [и др.] // Ветеринарный врач. – 2021. – № 4. – С. 50-57.
5. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая / Под ред. А.Н. Миронова. – Москва: Гриф и К, 2013. – 944 с.

КОРМОВАЯ ДОБАВКА ИЗ МЕСТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ ЯРОК РОМАНОВСКОЙ ПОРОДЫ

А.Р. Фархутдинова, М.Т. Сабитов

Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
обособленное структурное подразделение Уфимского Федерального исследовательского
центра Российской академии наук, e-mail: albina.rfarhutdinova@yandex.ru

***Аннотация.** Проведен опыт по изучению влияния скармливания новой кормовой добавки из местного минерального природного сырья на динамику живой массы и приростов ярок романовской породы овец в условиях ГКФХ Якупов Д.Н. Бирского района Республики Башкортостан. Установлено, что использование добавки способствовало повышению среднесуточного прироста на 9,89 %, 14,11 и 24,76 %. При этом снизился расход протеина корма на 1 кг прироста живой массы за весь период опыта на 9,47 %, 11,56 и 19,31 % по сравнению с животными из контрольной группы.*

***Ключевые слова:** ярки, кормовая добавка, местное минеральное сырье, основной рацион, корма, прирост, живая масса.*

FEED ADDITIVE FROM LOCAL MINERAL RAW MATERIALS TO IMPROVE THE PRODUCTIVE QUALITIES OF ROMANOV YAKS

Farhutdinova A.R., Sabitov M.T.

Bashkir Research Institute of Agriculture - separate structural subdivision of the Ufa Federal
Research Center of the Russian Academy of Sciences, e-mail: albina.rfarhutdinova@yandex.ru

***Annotation.** The experiment on studying the influence of feeding a new feed additive from local mineral natural raw materials on the dynamics of live weight and gains of Romanov sheep yaks in conditions of the State Farm Yakupov D.N. of Birsky district of the Republic of Bashkortostan is carried out. It is established that the use of the additive contributed to the increase in average daily gain by 9.89 %, 14.11 and 24.76 %. At the same time the consumption of feed protein per 1 kg of live weight gain for the whole period of experience decreased by 9.47 %, 11.56 and 19.31 % in comparison with animals from the control group.*

***Keywords:** yarki, feed additive, local mineral raw material, main ration, feed, gain, live weight.*

Введение. В сложных экономических и внешнеэкономических условиях, отечественное животноводство выступает одним из приоритетных направлений, задачами которого является, прежде всего, разработка программ улучшения породности скота и организации полноценности питания, обеспечивающих повышение продуктивности за счет рационального использования их генетически обусловленных возможностей и кормовых ресурсов.

В этой связи основной задачей агропромышленного комплекса Российской Федерации является обеспечение населения страны основными продуктами животноводства в необходимом объеме, высокого качества и доступные по стоимости.

В нашей стране на душу населения за 2021 год приходилось – 77 кг мяса, из них птица – 34, свинина – 28, говядина – 13, а на долю баранины всего лишь 1,5 кг.

Однако существующие в настоящее время российские породы овец не обладают в полной мере необходимым уровнем продуктивности, прежде всего, из-за невысоких мясных качеств. Для увеличения объемов производства продукции овцеводства, во-первых, необходимо максимально использовать генетический потенциал пород отечественной и зарубежной селекции,

влияющие на хозяйственно-биологические особенности и степень производительности животных, во-вторых, обеспечить полноценное кормление. Известно, что при организации комплексного питания животных важную роль играют минеральные вещества, потребность которых зависит от физиологического состояния. Они являются структурным материалом при формировании тканей и органов, входят в состав органических веществ, способствуют активации процессов ассимиляции, создания запасов элементов питания и участвуют в многочисленных физиологических функциях организма – увеличение потребления корма, повышение количества переваренного сухого вещества, в т.ч. протеина, БЭВ, сырого жира, коэффициента переваримости, активация работы желудочно-кишечного тракта за счет увеличения массы бактерий и их активности, улучшение показателей липидного обмена и функций печени [1-3].

В Башкортостане наметилась тенденция экономического роста и в растениеводстве, и животноводстве, увеличились посевы зерновых культур, и повысилась их урожайность, серьезные сдвиги имеются в кормопроизводстве и в молочном животноводстве. При этом уменьшилось поголовье овец, в том числе количество овцематок в государственных предприятиях, фермерских и индивидуальных хозяйствах.

Если в 2018 году поголовье овец и коз по Республике Башкортостан составляло 762,0 тыс. гол., а в 2019 году стало – 674,8 тыс. гол., 2020 году – 642,1 тыс. гол., в 2021 году снижение продолжилось, и цифра приблизилась к 581,6 тыс. гол, что ниже, по сравнению с 2020 годом, на 9,4 %. Но несмотря на это в республике особое внимание уделяется не только увеличению поголовья, но и их породности, т.е. повышению мясной продуктивности и качеству шерсти. Для этой цели завезены бараны-производители мясных пород.

Республика Башкортостан располагает большими возможностями для развития овцеводства, площадь природных кормовых угодий составляет 3,4 млн. га, в том числе 2,3 млн. га пастбищ и 1,1 млн. га сенокосов. Это огромные площади природных кормовых угодий, дающие возможность увеличить поголовье скота и их продуктивность, обеспечить в необходимом объеме и качестве кормами почти при круглогодичном содержании овцепоголовья.

При соответствии условий содержания овец в Республике Башкортостан, есть огрехи в кормлении, особенно страдает минеральный состав кормов (по кальцию, фосфору, магнию, натрию, меди, кобальту и сере), используемых в рационах животных. Вследствие этого может страдать физиологическое состояние организма (растущий молодняк, овцематки в период сухости и лактации) и уровень продуктивности. Следовательно, рационы должны быть сбалансированы по всем показателям, удовлетворять потребности овец в энергии, протеине, легкорастворимых углеводах, витаминах и минеральных веществах, а также способствовать улучшению шерстной и мясной продуктивности, и позволяющий наиболее полно использовать генетический потенциал овцепоголовья и повышать рентабельность отрасли [4,5].

Использование кормовых добавок на основе местного минерального сырья, таких как сапропель и природный цеолит, представляет собой перспективное направление в животноводстве, способное существенно повысить продуктивные качества ярок романовской породы. Эти добавки не только способствуют улучшению физиологических процессов в организме животных, но и оказывают комплексное воздействие на их здоровье и продуктивность.

Цель исследований – изучить влияние добавления новой кормовой добавки, на основе местного минерального сырья (сапропель, цеолит природный) в рационы ярок на прирост живой массы.

Материалы и методы исследований. Научно-хозяйственные опыты проводили в ГКФХ Якупов Д.Н. Бирского района Республики Башкортостан на ярках романовской породы. Подбор животных для опыта осуществлялся по методу пар-аналогов (по возрасту, живой массе, породе) с формированием 4 групп подопытных животных, по 10 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 90 дней.

Животные контрольной группы - получали основной рацион, сбалансированный по детализированным нормам кормления животных (Новое в кормлении животных : Справочное пособие / В. И. Фисинин, В. В. Калашников, И. Ф. Драганов [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012. – 617 с.), I опытная

группа – дополнительно к основному рациону 35,0 г/гол/сут кормовой добавки (далее – КД) по рецепту № 1, II группа – дополнительно к основному рациону 35,0 г/гол/сут КД по рецепту № 2, III группа – дополнительно к основному рациону 35,0 г/гол/сут КД по рецепту № 3 (рисунки 1). Кормовые добавки отличались по соотношению ингредиентов.



Рисунок 1. Схема исследований

По общепринятой методике зоотехнического анализа (Методы исследования кормов, органов и тканей животных [Текст] / П. Т. Лебедев, А. Т. Усович. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Россельхозиздат, 1976. - 389 с.) изучали химический состав кормов, их остатков, кала, мочи перед постановкой и снятии животных с опыта. Резервную щелочность, кислотность кормов и рационов определяли по методике П.А. Коршунова (1963), микроэлементы в кормах - атомно-абсорбционным пламенноэмиссионным спектрофотометром ААА-6300 «Shimadzu» в условиях аналитической лаборатории Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН.

Дневную норму кормовой добавки скармливали в составе зерносмеси один раз в сутки. На протяжении всего опыта, ежемесячно и в период балансового опыта индивидуально вели учет заданных кормов и несъеденных остатков.

Результаты, полученные в ходе научных исследований, были обработаны методом вариационной статистики (Меркурьева Е.К. Генетика с основами биометрии. – М.: Колос, 1983 – 400 с.) с применением программного приложения Microsoft Excel из программного пакета Microsoft Office 2003. По таблице Стьюдента определяли достоверность полученных результатов.

Результаты исследований. Сапропель – это органическое вещество, образующееся на дне пресноводных водоёмов в результате многолетнего процесса разложения остатков растительного и животного происхождения. Он содержит богатый комплекс органических и минеральных соединений, таких как гуминовые кислоты, ферменты, витамины и микроэлементы. Введение сапропеля в рацион питания ярок способствует улучшению их пищеварения благодаря ферментативной активности и наличию биологически активных веществ. Эти компоненты улучшают всасывание питательных веществ в кишечнике и стимулируют обменные процессы. Регулярное употребление сапропеля способствует укреплению иммунной системы животных, увеличивает устойчивость к заболеваниям и снижает случаи желудочно-кишечных расстройств. Кроме того, положительное влияние данного минерала на обмен веществ способствует более эффективному использованию корма, что приводит к быстрому набору массы и улучшению общего состояния здоровья ярок.

Природный цеолит, благодаря своей пористой структуре и высокой сорбционной способности, выполняет роль мощного детоксиканта, способного связывать и выводить из организма ярок токсичные вещества, тяжелые металлы и радионуклиды. Введение цеолита в рацион способствует очищению организма, снижению уровня токсинов и предотвращению интоксикаций. Данный процесс благоприятно сказывается на функциях печени и почек, а также улучшает обмен веществ, активизируя ферментативные процессы. Цеолит также оказывает положительное влияние на минерализацию организма, способствуя оптимальному балансу микроэлементов, что особенно важно для молодняка в период активного роста и развития (Выращивание молодняка крупного рогатого скота с использованием местных кормовых добавок в Якутии / Н. М. Черноградская, Р. Л. Шарвадзе, Т. А. Краснощекова [и др.] // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 3. – С. 3. – DOI 10.24411/2588-0209-2020-10178).

Комплексное воздействие сапропеля и природного цеолита приводит к значительному улучшению продуктивных качеств ярок романовской породы. Животные быстрее набирают массу, их иммунная система становится более устойчивой к патогенам, а репродуктивные функции улучшаются. Это, в свою очередь, отражается на более высокой продуктивности фермерских хозяйств, что делает разведение ярок более эффективным и прибыльным. Дополнительно, использование местного минерального сырья способствует снижению затрат на импортные кормовые добавки и улучшает экологическую устойчивость сельскохозяйственных предприятий за счёт использования доступных природных ресурсов.

Для определения влияния скармливания новой кормовой добавки, на основе местного минерального сырья (сапропель, цеолит природный), в рационах подопытных ярок на динамику живой массы и приростов проводили ежемесячные контрольные взвешивания (таблица 1).

Таблица 1. Динамика живой массы и приростов подопытных ярок

Показатель	Группа животных			
	Контрольная	I – опытная	II – опытная	III – опытная
Живая масса в начале опыта, кг	30,10±0,88	30,60±0,91	30,80±0,87	30,80±0,86
Живая масса в конце опыта, кг	45,48±0,89	47,50±1,09	48,34±1,18	49,98±0,120
Абсолютный прирост, кг	15,38	16,9	17,54	19,18
Среднесуточный прирост, г	170,8	187,7	194,9	213,1
в % к контрольной	100	109,9	112,4	119,9
На получение 1 кг прироста живой массы израсходовано:				
Кормовых единиц	8,23	7,53	7,51	6,92
в % к контрольной	-	8,51	8,75	16,0
Сырого протеина, г	984,8	906,7	908,5	835,33
в % к контрольной	-	7,24	7,75	15,18
Переваримого протеина, г	703,40	636,8	622,0	567,60
в % к контрольной	-	9,47	11,56	19,31

В исследованиях установлено, что скармливание испытуемой кормовой добавки по трем рецептам, в соответствии с техническими условиями, способствовало улучшению поедаемости используемых кормов, их переваримости и усвоению питательных веществ и отразилось на среднесуточных приростах живой массы. Так, среднесуточный прирост живой массы, в среднем за период опыта у животных контрольной группы, составил 170,8 г, в опытных группах соответственно – 187,5 г; 194,9 и 213,1 грамма, или больше на 9,89 %; 14,11 и 24,76 %, чем в контроле. При этом, в опытных группах на получение 1 кг прироста живой массы расход кормовых единиц меньше на 8,51 %; 8,75 и 16,0 %, соответственно сырого протеина – на 7,94 %, 7,75 и 15,18 % и переваримого протеина – на 9,47 %, 11,56 и 19,31 % по сравнению с ярками из контрольной группы.

Заключение. Таким образом, включение сапропеля и природного цеолита в состав кормовой добавки для ярок романовской породы является рациональным и перспективным решением, направленным на повышение продуктивности и улучшение здоровья животных, что, безусловно, способствует экономическому процветанию животноводческих хозяйств.

Библиографический список

1. Горлов И.Ф., Ранделин Д.А., Струк А.Н., Струк В.Н., Струк М.В., Струк Н.В. Инновационные технологии разработки и использования новых кормовых и биологически активных добавок при производстве мяса сельскохозяйственных животных и птицы: – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – С. 21-27.

2. Хайруллин Д. Д. Профилактика нарушений обмена веществ у коз при применении комплексной кормовой добавки // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Курск, 03–04 декабря 2020). Том Часть 2. – Курск, 2020. – С. 484-489.

3. Романов В. Н., Боголюбова Н. В., Мишуров А. В. Многофункциональная кормовая добавка для повышения адаптивных возможностей овец // Зоотехния. – 2020. – № 8. – С. 21-24. DOI 10.25708/ZT.2020.47.98.006.

4. Лопатин, В. Т., Зуев Н. П., Шутиков В. А Опыт по определению влияния кормовых добавок «Гувитан» и «Энерген» на приросты массы тела овец // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции: Материалы VII международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 17 ноября 2023). – Воронеж, 2023. – С. 185-189.

5. Зотеев В. С., Варакин А. Г., Кулик Д. К. [и др.] Мясная продуктивность баранчиков Волгоградской породы при оптимизации минеральной обеспеченности рационов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2022. – № 3. – С. 35-38. DOI 10.26897/2074-0840-2022-3-35-38.

ДИНАМИКА МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ ДОЙНЫХ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ КОРМЛЕНИЯ

Р.И. Хашимов, М.В. Антонов, Ш.К. Шакиров, Е.О. Крупин
ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия, evgeny.krupin@gmail.com

***Аннотация.** Описано влияние нового кормового средства на содержание макроэлементов в сыворотке крови дойных коров. Установлены тенденции увеличения уровня содержания кальция и калия, а также тенденции снижения уровня содержания фосфора и магния в сыворотке крови коров всех групп. Степень выраженности изменений может быть обусловлена особенностями применения испытываемой кормовой добавки, в частности.*

***Ключевые слова:** макроэлементы, кровь, корм, корова.*

DYNAMICS OF MACRONUTRIENTS IN THE BLOOD OF DAIRY COWS DEPENDING ON FEEDING PECULIARITIES

R.I. Hashimov, M.V. Antonov, S.K. Shakirov, E.O. Krupin
Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,
e-mail:evgeny.krupin@gmail.com

***Annotation.** The effect of a new feed remedy on the content of macronutrients in the blood serum of dairy cows is described. The tendencies of increase in the level of calcium and potassium content, as well as the tendencies of decrease in the level of phosphorus and magnesium content in the blood serum of cows of all groups have been established. The degree of expression of changes may be conditioned by the peculiarities of application of the tested feed additive, in particular.*

***Keywords:** macronutrients, blood, feed, cow.*

Введение. По оценкам ученых, к 2030 году население планеты Земля увеличится до 8,5 млрд. человек. Потребности в питании увеличатся на 30-35%, питьевой воде - на 40%, энергии - на 50%. В связи с этим ведется формирование путей решения дефицита пищевого источника энергии, включая кормовой белок [1]. В связи с этим может наблюдаться растущий спрос на продукты животного происхождения с потенциально меньшими затратами, что открывает широкие перспективы для инноваций перед производителями комбикормового оборудования [2]. Существует много методов переработки биологических отходов в корма. Одним из таких приемов является экструзия смеси, состоящей из отходов животного происхождения, растительной и овощной групп [3]. С другой стороны, считается, что более выгодным и полезным способом вторичной переработки, применимым для кормления в животноводстве, является получение гидролизатов методом ферментативного гидролиза. В кормлении животных метод ферментативного гидролиза оказывает только положительное влияние на желудочно-кишечный тракт, воздействуя на микробную ферментацию, что улучшает усвоение питательных компонентов и в итоге - здоровье животного [4]. Перспективно использование таких отходов как жмых, шрот подсолнечный и другие, но жмых, по сравнению со шротом, содержит до 40% протеина, сырого жира - 25,1%, клетчатки - 21,9%, перевариваемого протеина - 28,3%. Обеспечение животных протеином в соответствии с детализированными нормами является актуальной задачей успешного развития животноводства и необходимо для ее решения изыскивать все резервы увеличения его производства и рационально использовать в рационах животных [5]. Рекомендуется также применять кормовые добавки из морепродуктов, отходов перера-

ботки сельдевых, минтаевых, креветочного производств и моллюска корбикулы японской. Полученные кормовые средства будут богаты белками, микроэлементами и минеральными веществами, будут содержать комплекс незаменимых аминокислот [6]. Вторичные продукты переработки сельскохозяйственных животных и птицы - богатый источник пищевого и кормового белка животного происхождения. Это незаменимый источник питательных и биологически активных веществ. Новые технологии позволяют максимально извлекать животный белок из вторичного сырья при максимальном сохранении доступных аминокислот. Новые технологические решения позволили совершить революционный переход от многочасовой (4-12 часов) до секундной обработки сырья в непрерывном потоке. Для воспроизводства новых процессов разработано уникальное оборудование - гидролизеры для кератин- и коллагенсодержащего сырья [7]. Ценным вторичным сырьем в кормопроизводстве являются ветеринарные конфискаты, непищевые отходы и малоценные в пищевом отношении продукты, получаемые при переработке рыбы, птицы, скота, а также трупы скота и птицы, допущенные к переработке органами ветеринарно-санитарного надзора. Их переработка предполагает получение биологически ценного, безопасного и стойкого при хранении корма. Традиционно для такого сырья наиболее распространена многочасовая термообработка при повышенном давлении в аппаратах периодического действия, в частности, в вакуумных котлах Лапса сухим или мокрым способом [8]. Все изложенное выше указывает на актуальность проведенных исследований, их теоретическую и практическую новизну.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена в рамках государственного задания «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка берегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды» (рег. № 122011800138-7) в отделе физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Научно-хозяйственный опыт проводился на молочно-товарной ферме ООО «Игенче» Арского района в июне-августе 2023 г. на крупном рогатом скоте, в частности на дойных коровах голштинской породы в возрасте 3-6 лет. Во время исследований условия содержания животных каждой из групп не отличались друг от друга, а обращение с экспериментальными животными проводилось в соответствии ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур». Также оно не противоречило European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes (European Treaty Series – №123, Strasbourg, 1986). Формирование групп животных и методические приемы постановки научно-хозяйственного опыта выполнены по Овсянникову А.И. (1976). Все рационы кормления подопытных животных, а также составы премиксов и испытываемых кормовых добавок рассчитаны с использованием программы «Корм Оптима Эксперт» («КормоРесурс», Россия). Потребность животного в питательных и биологически активных веществах определялась по А.П. Калашникову и др. (2003). Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта

Период	Группа			
	первая	вторая	третья	четвертая
Подготовительный период	Основной рацион (О.Р.)	Основной рацион (О.Р.)	Основной рацион (О.Р.)	Основной рацион (О.Р.)
Опытный период	Основной рацион (О.Р.)	О.Р. + «Эс-корм» 0,5 кг/гол	О.Р. + «Эс-корм» 1,0 кг/гол	О.Р. + «Эс-корм» 1,5 кг/гол

Испытуемая кормовая добавка «Эсформ» была произведена совместно со специалистами ООО «Пласт-Строй-Техно» согласно ТУ 10.91.10-01-78695730-2022 с использованием технологической линии: пастоприготовление (Г7-ПП-1), дробление (ДКР-4018.13 691537 ПС), смешивание компонентов (СС.018.13691537), экструдирование (М-90 БИО) и гранулирование готовой продукции (ПГ-5R).

Кормовая добавка «Эсформ» содержит корма животного происхождения (утиные отходы), солодовые ростки, жмых подсолнечника, отруби и премикс.

Кровь от животных брали до утреннего кормления с соблюдением всех ветеринарных правил. Анализ содержания макроэлементов кальция, фосфора, магния, калия, натрия в сыворотке крови животных осуществляли по общепринятым в ветеринарии методикам с применением автоматического биохимического анализатора Chemray 240 RAYTO LIFE AND ANALYTICAL SCIENCES CO Ltd, A/6F Наньшань, Шэньчжэнь КНР

Результаты исследований и обсуждение. Содержание кальция (норма 2,5-3,1 ммоль/л) в крови коров контрольной группы имело тенденцию к увеличению на 21,26%. У животных опытных групп также наблюдали увеличение содержания данного макроэлемента, однако, наиболее выраженным оно оказалось у особей четвертой группы и составило 28,18%, в то время как у коров третьей группы оно было менее выражено и составило 26,89%. Во второй группе увеличение составило 15,47%. В кормовой добавке «Эсформ» содержатся корма животного происхождения, в составе которого имеются микро- и макроэлементы, в том числе кальций. Вероятно, наблюдаемые изменения, могут быть связаны с этим. Уровень фосфора (норма 1,5-2,1 ммоль/л) в крови коров на протяжении опыта имел тенденцию к снижению у животных первых трех групп. В контроле снижение уровня данного макроэлемента составило 8,90%, тогда как во второй и третьей группах было менее выраженным и составило 3,08 и 5,15% соответственно. У особей четвертой группы наблюдали тенденцию незначительного увеличения содержания данного макроэлемента, составившую 0,56%. Наблюдаемые изменения могут быть обусловлены вышеописанными факторами.

Уровень магния (норма 0,7-1,1 ммоль/л) в крови животных всех групп имел тенденцию к снижению. Так, если у коров контрольной группы оно составило 5,10%, то у особей опытных групп оказалось наиболее выраженным и составило во второй группе 8,57%, а в третьей и четвертой группах 11,00 и 10,00 % соответственно. Вероятно, физиологические причины этого кроются в интенсивной лактационной деятельности животными. На протяжении опыта возросло содержание калия (норма 139,2-147,9 ммоль/л) в сыворотке крови животных. Причем, указанное увеличение было характерным для животных всех групп и составило во второй группе 19,12%, тогда как в контроле и третьей и четвертой опытных группах – 21,31 и 21,43% соответственно. Скорее всего это связано с увеличением скармливания концентратов в связи с интенсивной лактацией и согласуется с показателями рубцового метаболизма. Уровень натрия (норма 4,1-5,1 ммоль/л) имел тенденцию к увеличению у животных третьей группы на 0,71%, тогда как у коров всех остальных групп – снижался. Наиболее выраженным снижением оказалось у особей второй группы и составило 3,04%, тогда как у коров контрольной и четвертой групп – на 2,40 и 2,86% соответственно. Динамика в основном обусловлена изменением уровня калия.

Изменения показателей укладывались в пределах физиологических значений, либо приближались к значениям границ референсных значений.

Данное снижение мало или много

Заключение. В ходе исследований установлены тенденции увеличения уровня содержания кальция и калия в сыворотке крови животных всех групп, тенденции снижения уровня содержания фосфора, при незначительном увеличении в четвертой группе и магния в сыворотке крови коров всех групп, тенденции увеличения содержания натрия в крови особей третьей группы и снижения его содержания у животных всех остальных групп. Степень выраженности того или иного изменения во многом может быть обусловлена особенностями кормления животных в целом и особенностями применения испытуемой кормовой добавки, в частности.

Библиографический список

1. Данилова Е. В. Чёрная львинка, как альтернативный источник белка в рационе птицы: обзор / Е. В. Данилова, А. Ф. Хабиров // Российский электронный научный журнал. – 2023. – № 4(50). – С. 139-158.
2. Лютых О. Высокотехнологичный комбикорм: новые возможности оборудования / О. Лютых // Эффективное животноводство. – 2020. – № 5(162). – С. 39-44.
3. Паркалов И. Отходы от переработки скота и птицы в кормлении пушных зверей / И. Паркалов, М. Навныко, Э. Дыба // Аграрная экономика. – 2019. – № 7(290). – С. 50-56.
4. Прокофьева А. А. Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе / А. А. Прокофьева, А. В. Быков, О. В. Кван // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 2. – С. 112-126.
5. Припоров И. Е. Использование подсолнечного жмыха в рационе крупного рогатого скота / И. Е. Припоров // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – № 5(15). – С. 184-187.
6. Цой З. В. Динамика живой массы молодняка кур при применении кормовой добавки из морепродуктов / З. В. Цой, Д. С. Адушинов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(90). – С. 296-299.
7. Современные технологии переработки вторичного сырья мясо-и птицеперерабатывающей отраслей / В. Г. Волик, Д. Ю. Исмаилова, С. В. Зиновьев, О. Н. Ерохина // Кролиководство и звероводство. – 2017. – № 3. – С. 11-15.
8. Файвишевский М.Л. Производство сухих животных кормов, кормового и технического жиров / М.Л. Файвишевский. – М.: Агропромиздат, 1989. – 191 с.

СОВМЕСТНОЕ И РАЗДЕЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНЫХ И КРЕМНИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ

И.И. Ибатуллин¹, М.Ю. Гилязов¹, А.А. Лукманов²

¹Казанский государственный аграрный университет, Казань, РФ,

e-mail:kandidatagrotat@gmail.com

²ФГБУ ЦАС «Татарский», Казань, РФ

***Аннотация.** Рассмотрены особенности питания растений азотом (N) и кремнием (Si) и условия эффективного применения удобрений, содержащих указанные макроэлементы. Подчеркнута ведущая роль азотных удобрений в современном сельском хозяйстве. Отмечен возможный синергетический эффект совместного действия кремниевых и азотных удобрений. Показано, что теоретически возможны ситуации, когда растения могут нуждаться во внесении кремниевых удобрений без внесения азотных.*

***Ключевые слова:** кремний, азот, сельскохозяйственные культуры, дефицит, почва, удобрение, бинарный посев.*

JOINT AND SEPARATE APPLICATION OF NITROGEN AND SILICON FERTILIZERS

I.I. Ibatullin¹, M.Yu. Gilyazov¹, A.A. Lukmanov²

¹Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia,

e-mail:kandidatagrotat@gmail.com

²FGBU CAS "Tatarsky", Kazan, Russia.

***Annotation.** The features of plant nutrition with nitrogen (N) and silicon (Si) and conditions of effective application of fertilizers containing these macronutrients are considered. The leading role of nitrogen fertilizers in modern agriculture is emphasized. The possible synergetic effect of joint action of silicon and nitrogen fertilizers is noted. It is shown that there are theoretically possible situations when plants may need silicon fertilizers without nitrogen fertilizers.*

***Keywords:** silicon, nitrogen, crops, deficiency, soil, fertilizer, binary sowing.*

Введение. С давних времен перед человеком стоит задача повышение плодородия почв и получение высоких урожаев. Для этого можно использовать различные методы: известкование кислых почв [1], гипсование солонцов и солончаков [2], разные способы обработки почв [3], использование биопрепаратов [4], научно обоснованные севообороты [5], реабилитацию загрязненной земель [6] и другие. Самый распространенный и действенный прием – применение удобрений [7]. Удобрения могут быть минеральными, органическими, органоминеральными и ежегодно их номенклатура пополняется [8]. Среди всех удобрений наиболее востребованы минеральные удобрения [9], поскольку согласно теории минерального питания Либиха, растения поглощают питательные вещества именно в минеральной форме. Более всего растениям необходимы макроэлементы, ввиду того, что их содержание в живых клетках микроскопически мало (рисунок 1).

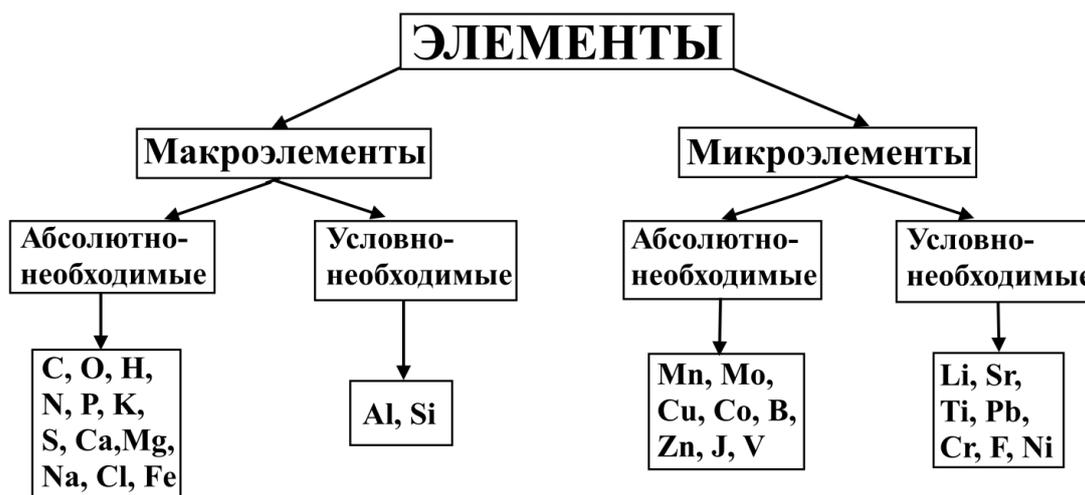


Рисунок 1 Абсолютно- и условно-необходимые элементы для растений.

Самый распространенный элемент во Вселенной – водород, на Земле – кислород, в растениях (по сухому веществу) – углерод. Однако ни один из этих элементов не вносят в качестве удобрений, так как растения способны их получить естественным путем благодаря физическим и биохимическим процессам: дыханию и фотосинтезу. Исключая эту великую тройку, следующим по значимости элементом считается азот.

Азот является важнейшим минеральным элементом и присутствует в составе фундаментальных соединений (аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла, цитокинов, полиаминов и вторичных метаболитов), необходимых для биологического цикла растений [10]. Он участвует в многочисленных реакциях, протекающих в воздухе, почве и воде, и претерпевает различные химические и биологические трансформации (рисунок 2).

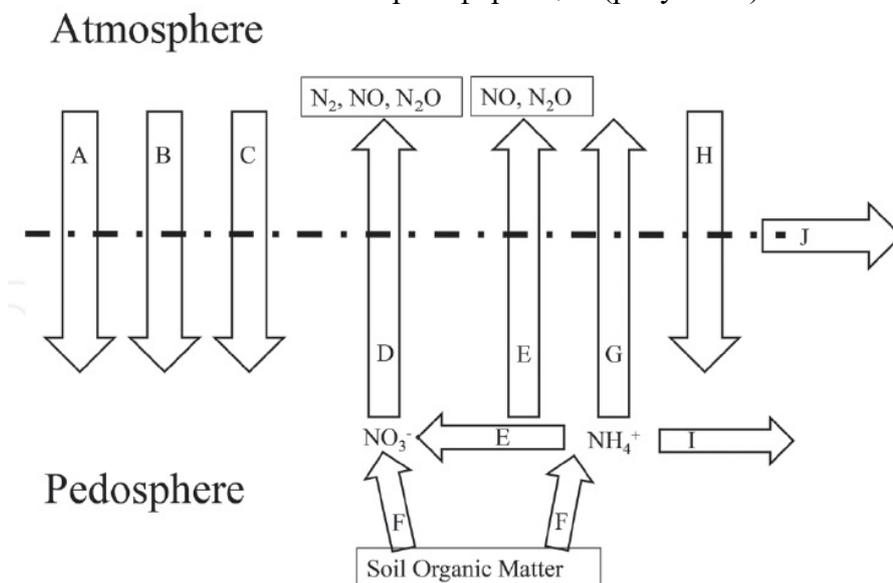


Рисунок 2 Цикл превращений азота между атмосферой и почвой.

Примечание: (А) осадение N; (В) фиксация N; (С) удобрение почвы; (D) денитрификация; (Е) нитрификация; (F) органическая азотная минерализация; (G) поглощение растениями; (H) разложение растительных остатков; (I) иммобилизация в почве; (J) улетучивание N, вымывание и сбор урожая [11].

N трансформируется в сельскохозяйственных почвах в результате таких процессов, как минерализация, нитрификация, денитрификация (рисунок 3).

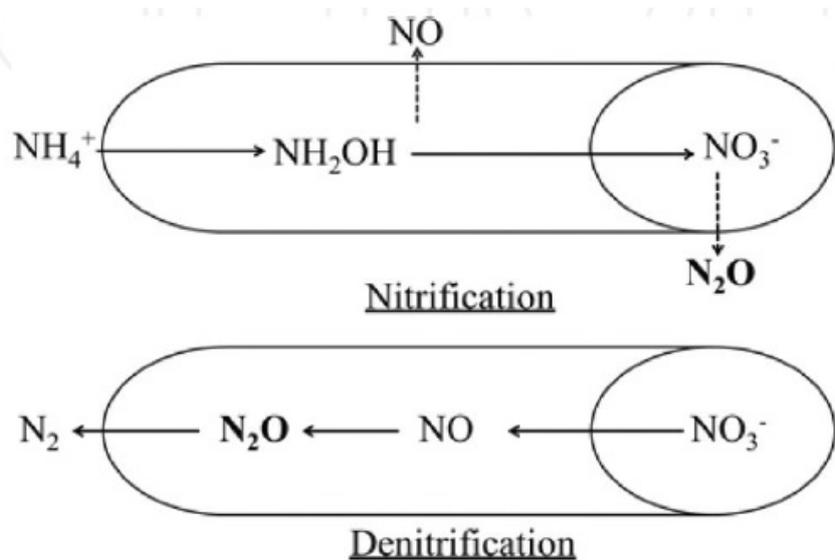


Рисунок 3 Процессы трансформации азота в почве [12].

Азот, полученный в процессе минерализации, включая аммонийную и нитратную формы, является легкодоступным для сельскохозяйственных культур. При отсутствии вымывания весь доступный азот поглощается корнями растений и используется для роста. Однако это идеальный случай. В реальности аммонийный и нитратный N подвергается процессам нитрификации и денитрификации, вызывая потери азота, в результате чего формируется новый баланс между различными компонентами N [13].

Нитрификация – биологический процесс превращения аммонийного азота сначала в нитриты, а затем в нитраты в аэробных условиях.

Денитрификация – это процесс обратный нитрификации. Во время денитрификации бактерии превращают нитрат в промежуточные газообразные соединения азота (N_2 , N_2O , NO , NO_2), которые улетучиваются в атмосферу.

Поэтому запасы азота в почвах нуждаются в регулярном пополнении [14]. Универсальный способ пополнения азота – это внесение минеральных азотных удобрений в различных формах [15].

Азотные удобрения разделяются на нитратные, аммонийные, амидные, аммиачно-нитратные, комплексные.

Аммонийные удобрения – форма азотных удобрений, в которых азот содержится в виде аммонийной группы NH_4^+ . К ним относятся сульфат аммония, хлорид аммония, карбонат аммония и др.

Нитратные удобрения – форма азотных удобрений, в которых азот содержится в виде нитрат-иона NO_3^- . К ним относятся натриевая селитра, кальциевая селитра и др.

Амидные удобрения – форма азотных удобрений, в которых азот содержится в виде аминогруппы NH_2^+ . К ним относятся мочевины (карбамид), цианамид кальция и др.

Аммиачно-нитратные удобрения содержат в своем составе и аммонийную и нитратную группы. К ним относятся аммиачная селитра, сульфонитрат аммония и др.

Комплексные удобрения – удобрения, содержащие несколько питательных элементов: азот и другие макроэлементы (прежде всего азот в сочетании с фосфором, калием). К ним относятся аммофос, аммофоска, калийная селитра и др.

Помимо собственно азотных удобрений представляет интерес его комбинация и совместное внесение с другими элементами. Это может дать положительный эффект, например, при оптимизации калийного режима почвы [16].

Если взаимодействие азотных удобрений с удобрениями из абсолютно-необходимых макроэлементов изучено хорошо, то исследований сочетания с условно-необходимыми макроэлементами (Al, Si) произведено значительно меньше. Что касается алюминия, то он становится

токсичным при достижении концентрации 1 мг/л воды, что значительно ниже порога фитотоксичности других элементов. Избыток алюминия в почве приводит к поражению листьев многих растений и к понижению урожайности, особенно на кислых почвах. Поэтому крайне редко возникает необходимость во внесении Al в почву, тем более в сочетании с азотными удобрениями.

Что касается второго условно-необходимого макроэлемента кремния, то картина наблюдается иная по сравнению с алюминием. Si занимает второе по распространенности место в земной коре после кислорода. Большинство соединений кремния инертно, играют структурообразующую роль в формировании скелета почвы и представляют собой диоксид кремния (прежде всего кремнезем) и силикаты. Однако растения усваивают биодоступные формы кремния, которых в почве значительно меньше [17]. При дефиците Si в доступной форме его вносят в виде кремнийсодержащих пород или кремниевых удобрений [18].

В отличие от абсолютно-необходимых макроэлементов, которые вносят самостоятельно при их дефиците в почве, кремниевые породы и удобрения вносят дополнительно к основному азотсодержащему фоновому удобрению. Это объясняется тем, что азот необходим для построения жизненно необходимых структур клетки, в частности аминокислот и нуклеиновых кислот, и отсутствие N в почве нельзя заместить другими элементами. Роль кремния в растениях также весьма важна, но больше сводится к защитным функциям и адаптации к абиотическим стрессам. Кроме того, исследователи отмечают, что активные формы Si усиливают действие минеральных удобрений, в частности азотных [19]. Симбиотический эффект совместного действия кремниевых и азотных удобрений может объясняться влиянием активных форм Si на баланс и содержание N. При внесении кремнезема усиливается процесс нитрификации за счет воздействия на почвенные микроорганизмы, прежде всего на популяцию аммонификаторов [20]. Кроме того, кремнийсодержащие породы и удобрения могут повышать адсорбционную способность почв по отношению к подвижным формам азота. Показано, что губительное влияние высоких концентраций почвенных нитратов на растения можно уменьшить внесением кремниевых удобрений [21].

С научной точки зрения интересен вопрос, существует ли такая ситуация, когда для получения высокого урожая требуется внести кремниевое удобрение и не вносить азотное? Для ответа нужно взглянуть на эту ситуацию с двух сторон.

Во-первых, в почве не должна наблюдаться нехватка азота в течение всего периода вегетации с учетом его выноса культурой и предшественником [22]. Наиболее благоприятная ситуация с накоплением N наблюдается при выращивании бобовых культур и в севооборотах с чистым паром в качестве предшественника [23]. Необходимость внесения азотных удобрений, безусловно, зависит и от биологических особенностей культуры: особенно сильно нуждаются в азоте зерновые и пропашные культуры.

Во-вторых, возделываемая культура должна быть восприимчива к кремнию и испытывать его недостаток при росте и развитии. Растения, активно поглощающие Si из почвы, называются кремнефилами. У них содержание в листьях Si составляет в районе 2%, тогда как у большинства растений – всего 0,25% [24]. Известно, что из культурных растений к кремнефилам относятся рис, сахарный тростник и злаки. Напротив, двудольные растения (картофель, гречиха, клевер, бобовые) выносят его из почвы значительно меньше. Что касается почв, то дефицит Si наблюдается в песчаных, дерново-подзолистых и деградированных почвах.

Касательно почв, то песчаные или дерново-подзолистые почвы после чистого пара создают условия для внесения в большей мере кремниевых удобрений и в меньшей мере азотных.

Однако возникает сложность с сочетанием обоих перечисленных выше условий применительно к растениям. Например, злаковые культуры зависят и от кремния, и от азота, в то время как бобовые культуры мало выносят Si и получают N за счет биологической фиксации клубеньковыми бактериями [25]. По сравнению с другими бобовыми азотфиксирующими культурами соя более восприимчива к кремниевым препаратам [26]. Поэтому в теории может сложиться такая ситуация, что при выращивании сои в деградированной дерново-подзолистой почве после пара может потребоваться внесение кремниевых удобрений без внесения азотных.

Другой путь – применение бинарных посевов, которые активно изучают татарстанские ученые [27]. Примером может служить совместный посев злаковых и бобовых культур (например, пшеница и вика или ячмень и горох). В этом случае, если указанные растения выращивать на дерново-подзолистой или песчаной почве после паровой обработки, то в земле должно быть достаточное количество азота (после пара и за счет биологической азотфиксации бобовыми) и дефицит кремния, к которому чувствительны кремнефильные злаковые культуры. Тогда теоретически складывается такая ситуация, что можно обойтись без внесения азотного удобрения при внесении кремниевоего.

Но это все теория, на практике содержащие Si удобрения применяются редко, а уж отдельно от азотных и того реже в исключительных случаях, описанных выше. Но эти экстраординарные случаи тоже нужно иметь в виду и быть готовыми, если все же они наступят.

Библиографический список

1. Коварство кислых почв и пути решения вопросов их известкования / А. И. Осипов, Н. Ф. Губайдуллин, А. А. Лукманов, Р. М. Миннуллин // Сборник научных трудов Отделения сельскохозяйственных наук. Том Выпуск 10. – Санкт-Петербург: Северная Звезда, 2023. – С. 41-49. – EDN VCYFKA.

2. Гилязов, М. Ю. Продолжительность действия химической мелиорации техногенных солонцов-солончаков Республики Татарстан на урожайность сельскохозяйственных культур / М. Ю. Гилязов, А. А. Смирнов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства : Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной 95- летию агрономического факультета, Казань, 15–16 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 39-42. – EDN SSEFBS.

3. Тагиров, М. Ш. Влияние способов основной обработки почвы на ее биологическую активность / М. Ш. Тагиров, Р. С. Шакиров, И. Г. Гилаев // Повышение эффективности АПК в современных условиях : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня основания ТатНИИСХ, Казань, 02–03 июля 2015 года. – Казань: ООО "Центр инновационных технологий", 2015. – С. 428-433. – EDN VHDQFR.

4. Галаветдинов, С. М. Урожайность яровой пшеницы на светло-серой лесной почве в зависимости от способов и сроков использования препарата «Биополимик» / С. М. Галаветдинов, М. Ю. Гилязов, А. А. Лукманов // Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: международный опыт для Республики Татарстан : Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Казань, 24–25 февраля 2022 года. – Казань, Казанский ГАУ: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 46-55. – EDN MSPFFS.

5. Почвозащитные севообороты и методика расчета их продуктивности (на примере ООО «Эконом») / Ф. Н. Сафиоллин, А. А. Лукманов, А. З. Каримов [и др.] // Актуальные вопросы рационального использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования : Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаеховича, Казань, 29 марта 2023 года. – Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 50-58. – EDN RRDLRB.

6. Гилязов, М. Ю. Технологии реабилитации нефтезагрязненных земель агроэкологическими приемами / М. Ю. Гилязов, А. Р. Равзутдинов // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования : СБОРНИК ТРУДОВ ВСЕРОССИЙСКОЙ (НАЦИОНАЛЬНОЙ) НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ КАФЕДРЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ КАЗАНСКОГО ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 69-74. – EDN EJSIHU.

7. Лукманов, А. А. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв и эффективности применения удобрений в Предволжье Республики Татарстан: специальность 06.01.04 "Агрохимия": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Лукманов Анас Ахтямович. – Москва, 2011. – 26 с. – EDN QHIGOX.

8. Авторское свидетельство № 1627538 А1 СССР, МПК С05F 11/02. Способ получения органоминерального удобрения: № 4345840: заявл. 18.12.1987: опубл. 15.02.1991 / С. П. Гисматуллина, М. Ю. Гилязов, Т. Х. Ишкаев [и др.] заявитель ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. – EDN IUNEWB.

9. Яхин, И. Ф. Эффективность применения расчетных норм минеральных удобрений и орошение гибридной кукурузы Росс 140 СВ на серых-лесных почвах Республики Татарстан / И. Ф. Яхин, Р. Х. Габитов // Биологические препараты и приемы биологизации в современном земледелии : Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Казань, 23–24 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 233-240. – EDN VYDXEV.

10. Yadav MR, Kumar R, Parihar CM, Yadav RK, Jat SL, Ram H, Meena RK, Singh M, Birbal M, Verma AP, Kumar U, Ghosh A, Jat ML. Strategies for improving nitrogen use efficiency: A review. *Agricultural Reviews*. 2017; 38(1): P.29-40.

11. Amanullah, and Shah Fahad, eds. 2018. Nitrogen in Agriculture - Updates. InTech. 250 p.

12. Mosier AR, Zhaoliang Z. Changes in patterns of fertilizer nitrogen use in Asia and its consequences for N₂O emissions from agricultural systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2000; 57(1): P.107-117.

13. Zhu T, Zhang J, Cai Z. The contribution of nitrogen transformation processes to total N₂O emissions from soils used for intensive vegetable cultivation. *Plant and Soil*. 2011; 343(1-2): P.313-327.

14. Давлятшин, И. Д. Содержание общего азота и подкормка азотом под планируемую урожайность яровой пшеницы в лесостепи / И. Д. Давлятшин, А. А. Лукманов // Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз : Материалы международной конференции (К 100-летию со дня рождения академика ВАСХНИЛ Тамары Никандровны Кулаковской), Москва, 26–27 ноября 2019 года / Под редакцией В.Г. Сычева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2019. – С. 81-86. – DOI 10.25680/VNIIA.2019.17.69.041. – EDN DAOTAJ.

15. Шайхутдинов, Ф. Ш. Изучение различных форм азотных удобрений при выращивании яровой пшеницы в условиях Предкамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Л. В. Галияхметов // Агрохимический вестник. – 2010. – № 4. – С. 23-25. – EDN MUREON.

16. Оптимизация калийного режима почвы как фактор повышения эффективности азотных удобрений / С. Г. Муртазина, И. А. Гайсин, А. С. Билалова [и др.] // Эколого-агрохимические, технологические аспекты развития земледелия Среднего Поволжья и Урала : тезисы докладов конференции, посвященной 75-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанской государственной сельскохозяйственной академии, Казань, 01 января – 31 1995 года / Академия наук Республики Татарстан. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 1995. – С. 66-67. – EDN XWDRFT.

17. Козлов, А. В. Роль кремния и кремнийсодержащих материалов в поддержании устойчивого функционирования системы почва-растение / А. В. Козлов, А. Х. Куликова // Почвоведение - продовольственной и экологической безопасности страны : Тезисы докладов VII Съезда почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, Белгород, 15–22 августа 2016 года / Ответственные редакторы: С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Том Часть II. – Белгород: Издательский дом "Белгород", 2016. – С. 153-154. – EDN YJQVGN.

18. Гарафутдинова, К. Р. Продуктивность ячменя при применении кремнийсодержащего органоминерального удобрения / К. Р. Гарафутдинова, Г. Ф. Рахманова, Р. Р. Сафина // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения

: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Майкоп, 08–10 ноября 2023 года. – Майкоп: Издательство "Магарин О.Г.", 2023. – С. 126-129. – EDN QIKIME.

19. Guo B., Lou Y., Liang Y., Zhang J., Hua H., Xi Y. Effects of nitrogen and silicon applications on the growth and yield of rice and soil fertility // *Chinese J. of Ecology*. 2004, V. 6. P. 33-36.

20. Кинтаналья, М.Г. Влияние разового внесения кремнийсодержащего шлама на свойства темно-каштановых почв под рисом на юге Украины: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук с.-х. наук. М.: Унив. дружбы народов, 1987. – 17с.

21. Mitsui N., Takaton H. Nutritional study of silicon in graminaceous crops // *Soil Sci. Plant-Nutr.*, 1963, V. 9 (9). P. 49-50.

22. Изменчивость хозяйственного и нормативного выноса питательных веществ ярового ячменя под действием различных препаратов / Д. Т. Миникаев, М. Ю. Гилязов, Е. А. Прищепенко, Р. Р. Газизов // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. – 2022. – Т. 249, № 1. – С. 118-124. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_249_118. – EDN IUNMZF.

23. Миникаев, Р. В. Сравнительная эффективность звеньев севооборотов с чистыми и занятыми парами на серой лесной почве в условиях Предкамья Республики Татарстан специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Миникаев Рагат Вагизович. – Казань, 1995. – 15 с. – EDN ZJYMEF.

24. Takahashi E., Ma J.F. The possibility of silicon as an essential element for higher plants // *Com. Agric. and Food Chem.* 1991, V. 2. № 3. P. 188-194.

25. Каримов, Х. З. Влияние некорневой подкормки препаратом ЖУСС-2 на эффективность работы клубеньковых бактерий на посевах сои / Х. З. Каримов, Р. В. Миникаев, Р. П. Ибатуллина // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 6. – С. 32-34. – EDN UYCRYH.

26. Волкова, А. С. "Нанокремний" и продуктивность сои в условиях центральной зоны Краснодарского края / А. С. Волкова, А. А. Мнатсаканян, Г. В. Чуварлеева // *Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 05–09 октября 2020 года / Научный редактор В.С. Паштецкий*. – Симферополь: Ариал", 2020. – С. 25-27. – DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-7. – EDNVEMMTP.

27. Нафиков, М. М. Одновидовые и бинарные посева кормовых культур в Республике Татарстан / М. М. Нафиков, А. Р. Нигматзянов, Р. А. Мингазов // *Актуальные вопросы кормопроизводства. Состояние, проблемы, пути решения: Сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции, посвящённой памяти Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды Николаевны, Кинель, 18 июня 2019 года*. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 68-72. – EDN YUOPVL.

ВТОРОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОТОКСИКАНТОВ

А.З. Миндубаев¹, Э.В.Бабынин³, С.Т.Минзанова², Л.Г.Миронова², Е.К. Бадеева²

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,

420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68. E-mail: mindubaev-az@yandex.ru,

²Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, Казань, Россия.

³ КазНЦ РАН420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 20а.

Аннотация. Впервые в мире осуществлена биологическая детоксикация элементного – белого и красного – фосфора. Получены культуры плесневых грибов, превращающие вещество первого класса опасности белый фосфор в безвредный фосфат. В перспективе результаты исследований могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора.

Ключевые слова: биodeградация, токсичные соединения фосфора, *Aspergillus niger*

SECOND DECADE OF RESEARCH ON BIOLOGICAL TRANSFORMATION OF ECOTOXICANTS

Mindubaev A.Z.¹, Babynin E.V.³, Minzanova S.T.², Mironova L.G.², Badeeva E.K.²

¹Kazan National Research Technological University, 68, Karl Marks St., Kazan, 420015.

E-mail: mindubaev-az@yandex.ru ,

²Institute of Organic and Physical Chemistry named after A.E. Arbuzov. A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry FRC KazSC RAS, Kazan, Russia. 3FRC KazSC RAS,

420059, Kazan, Orenburgskiy trakt, 20a.

Abstract. For the first time in the world, biological detoxification of elemental - white and red - phosphorus was realized. Cultures of mold fungi were obtained that transform the substance of the first class of hazard white phosphorus into harmless phosphate. In the future, the results of research may become the basis for effective methods of prevention and elimination of pollution by toxic phosphorus compounds.

Keywords: biodegradation, toxic phosphorus compounds, *Aspergillus niger*

Введение. С 2009 года нашим коллективом ведется работа по исследованию биodeградации - в первую очередь, фосфорсодержащих соединений. Впервые в мире осуществлена биологическая детоксикация элементного – белого и красного – фосфора. Получены культуры плесневых грибов, превращающие вещество первого класса опасности белый фосфор в безвредный фосфат. Это первый пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. В перспективе результаты исследований могут стать основой эффективных методов предотвращения и ликвидации загрязнений токсичными соединениями фосфора.

Более восьми лет назад, в октябре 2014 года нами выделена экстремотолерантная культура гриба черного аспергилла, превращающая токсичные соединения фосфора в фосфат, который может служить подкормкой для растений [1]. Мы впервые в мире наблюдали биodeградацию аллотропных модификаций элементного фосфора, белого, и красного (рис. 1).

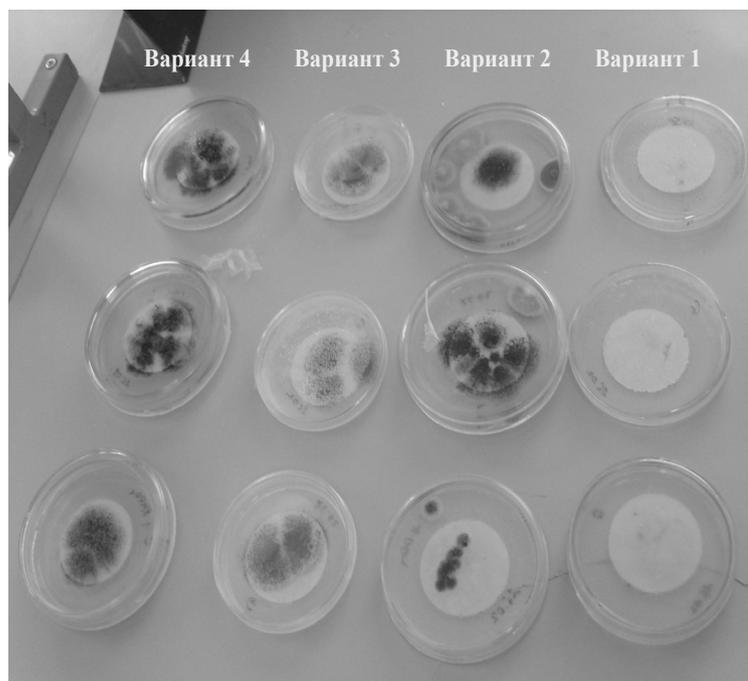


Рис.1 – А. Посев *A. niger* AM1, устойчивых к белому фосфору. Варианты: 1 – среда без источников фосфора; 2 – с фосфатом; 3 – с белым фосфором (0.2%); 4 – с 0.2% P_4 и фосфатом. На 12 сутки после посева *A. niger* AM1 в четыре варианта среды, наблюдалась следующая картина. В средах без источников фосфора рост практически не наблюдается (вариант 1). В средах с фосфатом аспергилл хорошо растет и спороносит (вариант 2). В средах с 0.2% белого фосфора колонии аспергилла имеют бледно-серый цвет (пониженная фертильность) (вариант 3). Снимок на цифровой фотоаппарат Samsung, 9 03 2016 г.

Результаты и обсуждение.

При воздействии белого фосфора наблюдается резкое изменение морфологии и протеома исследуемых грибов, позволяющее им более эффективно защищаться от токсического воздействия, существовать в загрязненной среде и превращать токсичные загрязнители в компоненты фосфорных удобрений.

Происхождение штамма *Aspergillus niger*, выделенного из емкости с кусковым белым фосфором, воспроизведена с построением филогенетического дерева по базе *National Center for Biotechnology Information* (NCBI). Роль контролей выполняют внешние группы - штаммы других видов: аспергилл атласный *A. bombycis* и аспергилл дымящийся *A. fumigatus*. Штаммы из одного кластера, состоящие в близком родстве друг с другом, должны быть сходны по характеристикам. Филогенетический анализ позволяет приблизительно оценивать потенциальные токсичность, патогенность и аллергенность штаммов, а также ряд параметров, интересных для биотехнологов. В наибольшем родстве со штаммом AM1 состоят штаммы черного аспергилла FP1 и NJDL-12 из Китая, способные к переводу нерастворимых в воде фосфатных минералов в биологически доступную форму.

Таким образом, AM1 относится к кластеру штаммов, распространенному в Южной Азии и адаптированному к существованию в условиях нехватки биодоступного фосфора. Китай производит свыше 70% белого фосфора в мире, поэтому вещество (а с ним и споры микроорганизмов) могли быть импортированы в Россию из этой страны.

Для того, чтобы подтвердить родство с известными солубилизаторами фосфатов, мы исследовали способность *Aspergillus niger* AM1 метаболизировать ортофосфат кальция $Ca_3(PO_4)_2$ – наиболее распространенную форму фосфора в природе, но при этом малодоступную для живых организмов из-за практической нерастворимости в воде. Оказалось, что штамм потребляет нерастворимый фосфат так же легко, как растворимые фосфаты, входящие в состав

культуральных сред. То есть, действительно является солюбилизатором фосфата, как следует из теоретических результатов анализа базы NCBI, представленных в работе [1].

Интересно, что в декабре 2016 года мы получили дочерний штамм гриба *A. niger* AM2, еще более адаптированный к росту в среде с белым фосфором. Утолщенная клеточная стенка и увеличенные митохондрии у него наблюдаются и в контроле, в отсутствие этого токсичного вещества [2].

Мы впервые в мире обнаружили у белого фосфора генотоксическое, ДНК повреждающее свойство. Причем на нескольких объектах: прокариотическом организме - бактерии *Salmonella typhimurium* и эукариотическом – растении *Allium cepa*. Наши исследования показали, что белый фосфор является сильным мутагеном и даже в низкой концентрации 0.008% вызывает резкое увеличение частоты генных и геномных перестроек. То есть, является еще более опасным для окружающей среды и людей, чем считалось до сих пор [3].

Для фосфорных соединений велики перспективы биodeградации по причине того, что опасность фосфатов для окружающей среды существенно ниже, чем восстановленных соединений фосфора. Элемент фосфор в виде простых веществ и восстановленных соединений является опаснейшим загрязнителем окружающей среды, поскольку эти вещества сильно ядовиты, а некоторые, к тому же, огнеопасны. Однако живые клетки всегда накапливают окисленную форму фосфора – фосфат, в составе самых разнообразных органических и неорганических молекул. Если доля фосфора в земной коре составляет 0.12%, то в биомассе живых организмов концентрация этого элемента составляет уже 3%, т.е. в 25 раз выше! Для фосфорорганических соединений биodeградация уже применяется [4]. Но для элементного (белого и красного) фосфора она стала известна только из наших работ.

Начаты исследования активности лектинов *A. niger* AM1 и AM2. Показано, что у обоих штаммов, несмотря на их близкое родство, активность лектинов заметно различается. Исследована гемагглютинирующая активность лектинов, их влияние на клетки одноклеточной водоросли хлореллы. Планируется исследование влияния лектинов на бактерии, грибы, а в более отдаленной перспективе - культуры раковых клеток.

В настоящее время продолжается исследование биodeградации при помощи исследуемых штаммов грибов пестицидов, содержащих фосфор, а также другие элементы, например, бор. Также, показана биodeградация лигнинсульфоната - отхода целлюлозно-бумажной промышленности.

В январе 2023 года наше ООО ИнТехТокс отметило круглую дату – пятилетний юбилей. В нем ведутся прикладные научные исследования по созданию биопрепаратов, способных очищать почвы и сточные воды от фосфорсодержащих загрязнителей. В настоящее время мы исследуем биodeградацию при помощи AM1 и AM2 веществ, не содержащих фосфор – нефтей и нефтепродуктов [4], древесины и продуктов ее переработки. Также, планируем изучать переработку полимерных материалов данными штаммами, извлечение редких элементов из минералов.

Впоследствии мы предполагаем внедрить технологию на шламонакопителях ПАО Новочебоксарский Химпром, ВОАО Волгоградский Химпром, Камтэкс Химпром г. Пермь (Россия), ООО Химпром Технология (г. Дзержинск), Леонидовском химическом арсенале (Пензенская область).

Нашей разработкой уже заинтересовались партнеры из Самарского Политеха (СамГТУ), планирующие ликвидацию очагов загрязнения желтым фосфором территории бывшего ОАО "Фосфор" в рамках Стратегии социально-экономического развития Самарской области до 2030 года.

Библиографический список

1. Mindubaev A.Z., Babynin E.V., Bedeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G., Akosah Y.A. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard // Russian

Journal of Inorganic Chemistry. – 2021. – Volume 66. № 8. – P. 1239-1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155

2. Mindubaev A.Z., Kuznetsova S.V., Evtyugin V.G., Daminova A.G., Grigoryeva T.V., Romanova Y.D., Romanova V.A., Babaev V.M., Buzyurova D.N., Babynin E.V., Badeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G. Effect of White Phosphorus on the Survival, Cellular Morphology, and Proteome of *Aspergillus niger* // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2020. – Vol.56. No.2. – P.194-201. DOI: 10.1134/S0003683820020118

3. Mindubaev A., Babynin E., Minzanova S., Badeeva E., Akosah Y. White phosphorus genotoxicity. Bio web of conference. – 2021. – Vol.31. No.00018. – P.1-3. DOI: 10.1051/bioconf/20213100018

4. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Способ детоксикации нефти с применением штамма *Aspergillus niger* AM1BKM F-4815D // Патент РФ № 2791735 от 13.03.2023. Бюлл. изобр. № 8.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ИНОКУЛЯЦИИ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ВИРУЛЕНТНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ СУХОЙ ГНИЛИ КАРТОФЕЛЯ

А.А. Николаева¹, С.А. Хворова¹, М.Т. Лутфуллин¹, С.Г. Вологин², А.М. Марданова¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

²ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

azazel1212@rambler.ru

Аннотация: Из сухой гнили картофеля были выделены изоляты микромицетов рода *Fusarium*, идентифицированные как штаммы *F. oxysporum*, *F. solani* и *F. redolens*. Было исследовано влияние метода инокуляции (споры или мицелий) на вирулентность микромицетов на клубнях картофеля сортов Зумба и Догода. Установлено, что только один изолят из шести проявлял различную степень вирулентности в зависимости от метода заражения.

Ключевые слова: *Fusarium*, картофель, сухая гниль, вирулентность.

THE EFFECT OF THE INOCULATION METHOD ON THE VIRULENCE OF PATHOGENS CAUSING DRY ROT OF POTATO

A.A. Nikolaeva¹, S.A. Khvorova¹, M.T. Lutfullin¹, S.G. Vologin², A.M. Mardanova¹

¹Kazan Federal University, Kazan

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation,

e-mail: azazel1212@rambler.ru

Abstract: Isolates of micromycetes from the genus *Fusarium* identified as strains *F. oxysporum*, *F. solani* and *F. redolens* were isolated from potatoes with dry rot. The effect of the inoculation method (spores or mycelium) on the virulence was investigated with potato tubers of Zumba and Dogoda varieties. It was found that only one isolate out of six showed varying degrees of virulence depending on the method of infection.

Keywords: *Fusarium*, potato, dry rot, virulence.

Введение. Обострение заболеваний картофеля, передающихся через почву, и деградация почвы связаны с активным использованием системы непрерывного выращивания, что приводит к снижению урожайности культуры [1]. Одной из серьезнейших причин потери урожая картофеля является сухая гниль – распространенное послеуборочное заболевание клубней, вызываемое *Fusarium spp.* и приводящее к большому экономическому ущербу, а также ухудшению параметров качества урожая и накоплению микотоксинов [2], что также представляет угрозу здоровью потребителей. При этом споры грибов (микроконидии, макроконидии и хламидоспоры), образующиеся на отмерших тканях растений, рассеиваются в почве, представляя опасность для урожая последующих лет [1].

Селекция сортов картофеля по генетически опосредованной устойчивости к *Fusarium sp.* является одним из экологических способов повышения урожайности. При этом сорта могут быть устойчивы к одному виду *Fusarium*, но восприимчивы к другому, поскольку результат восприимчивости-устойчивости варьируется в зависимости от вида и штаммов *Fusarium*, сортов картофеля, а также преобладающих культурных и экологических условий в разных регионах мира [3]. Для изучения патогенности и скрининга устойчивости клубней к фузариозной сухой гнили картофеля были разработаны различные методы инокуляции, которые включают внесение инокулята либо в виде мицелия, либо в виде суспензии спор. Целью исследования было сравнение двух методов инокуляции для определения вирулентности штаммов микромицетов рода *Fusarium*, выделенных из сухой гнили клубней картофеля разных сортов.

Материалы и методы. Исследуемые штаммы микромицетов были выделены из клубней картофеля сортов Ароза и Ягодный 19 с внешними признаками сухой гнили (Таблица 1). Скрининг микромицетов *Fusarium* по вирулентным свойствам проводили на клубнях картофеля сортов Зумба и Догода, полученных из коллекции ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН.

Таблица 1. Список изолятов, выделенных из клубней разных сортов картофеля

Сорт картофеля	Изоляты микромицетов
Ароза	N1, N3, N8
Ягодный 19	NS1, NS2, NS4

Для получения изолятов образец пораженной ткани клубня подвергали поверхностной стерилизации в 70% этаноле, а затем переносили на агар Чапека с добавлением молочной кислоты для подавления роста бактерий. Микромицеты культивировали при 30 °С в течение 7 дней [4].

Скрининг микромицетов *Fusarium* по вирулентным свойствам проводили с помощью искусственного заражения мицелием или споровой суспензией на клубнях картофеля сортов Зумба и Догода. Внешне здоровые клубни картофеля искусственно инфицировали уколом мицелия 10-дневной культуры или внесением 20 мкл споровой суспензией микромицетов (10^6 /мл). В качестве отрицательного контроля использовали клубни, инокулированные обычным стерильным физиологическим раствором. После инкубации в течение 7 дней клубни ежедневно в течение 14 суток проверяли на наличие внешних признаков сухой гнили. Степень поражения клубней на 21 сутки инкубации оценивали по отношению диаметра гнили к диаметру здоровой зоны клубня по методу, описанному в работе [Akosah *et al.*, 2018] с некоторыми модификациями. Степень поражения клубней выражали в баллах по шкале: 1 балл - отсутствие поражения, 2 – диаметр пораженного участка 1-25%, 3 - 25-50%, 4 - 50-75%, 5 - 75-100% от ткани клубня.

Выделение ДНК проводили с помощью СТАВ-буфера с использованием метода СТАВ (гексадецилтриметиламмония бромид) [5]. Качество и полученную концентрацию ДНК проверяли на NanoDrop 2000 (Thermo, США). Внутреннюю транскрибируемую спейсерную область (ITS) гена 5.8S рРНК и маркерный локус региона фактора элонгации трансляции 1- α (TEF1) амплифицировали с помощью ПЦР из геномной ДНК с использованием праймеров ITS1 и ITS4, EF1 и EF2 соответственно (Таблица 2). ПЦР-продукты очищали с помощью коммерческого набора GeneJet PCR Purification Kit (Thermo Scientific) согласно протоколу производителя и секвенировали по методу Сэнгера.

Таблица 2. Праймеры, использованные в работе

Ген	Название	Последовательность
ITS гена 5S рРНК	ITS1	TCCGTAGGTGAACCTGCGG
	ITS4	TCCTCCGCTTATTGATATGC
TEF1	EF1	ATGGGTAAGGARGACAAGAC
	EF2	GGARGTACCAGTSATCATG

После получения данных о последовательностях ДНК обрезку последовательностей низкого качества проводили с помощью Galaxy (<https://usegalaxy.org/>), для проведения запросов BLASTn для идентификации *Fusarium* использовали доступные через Интернет базы данных NCBI (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Статистическую обработку результатов проводили в программе GraphPad Prism.

Результаты. В общей сложности из клубней картофеля с признаками сухой гнили были выделены 6 изолятов микромицетов, идентифицированных на основании макро- и микроскопической морфологии как представителей рода *Fusarium*. С помощью молекулярно-генетической идентификации изоляты были определены как *Fusarium oxysporum* (N1, N3, N8), *Fusarium redolens* (NS1, NS4) и *Fusarium solani* (NS2) со степенью гомологии от 95% до 100% (Таблица 3).

Таблица 3. Идентификация изолятов по гомологии генов 5.8S рРНК и TEF1

Изолят	Локус	Вид	Процент гомологии
N1	EF	<i>F. oxysporum</i>	100%
	ITS		100%
N3	EF	<i>F. oxysporum</i>	100%
	ITS		100%
N8	EF	<i>F. oxysporum</i>	95.25%
	ITS		100%
NS1	EF	<i>F. redolens</i>	100%
	ITS		100%
NS2	EF	<i>F. solani</i>	100%
	ITS		99.61%
NS4	EF	<i>F. redolens</i>	100%
	ITS		100%

Вирулентность изолятов оценивали по способности вызывать фузариоз клубней картофеля сортов Зумба и Догода при их искусственном инфицировании мицелием или спорами (Рисунок 1). Установлено, что степень заражения и повреждения клубней зависит как от устойчивости данного сорта картофеля, так и вирулентности фитопатогенного штамма *Fusarium*. Все шесть штаммов *Fusarium* проявили вирулентные свойства, вызывая сухую гниль в разной степени в клубнях исследуемых сортов (Таблица 4). Сравнительный анализ результатов заражения показал, что наиболее вирулентными в отношении использованных сортов картофеля оказались штаммы N1 и NS2.

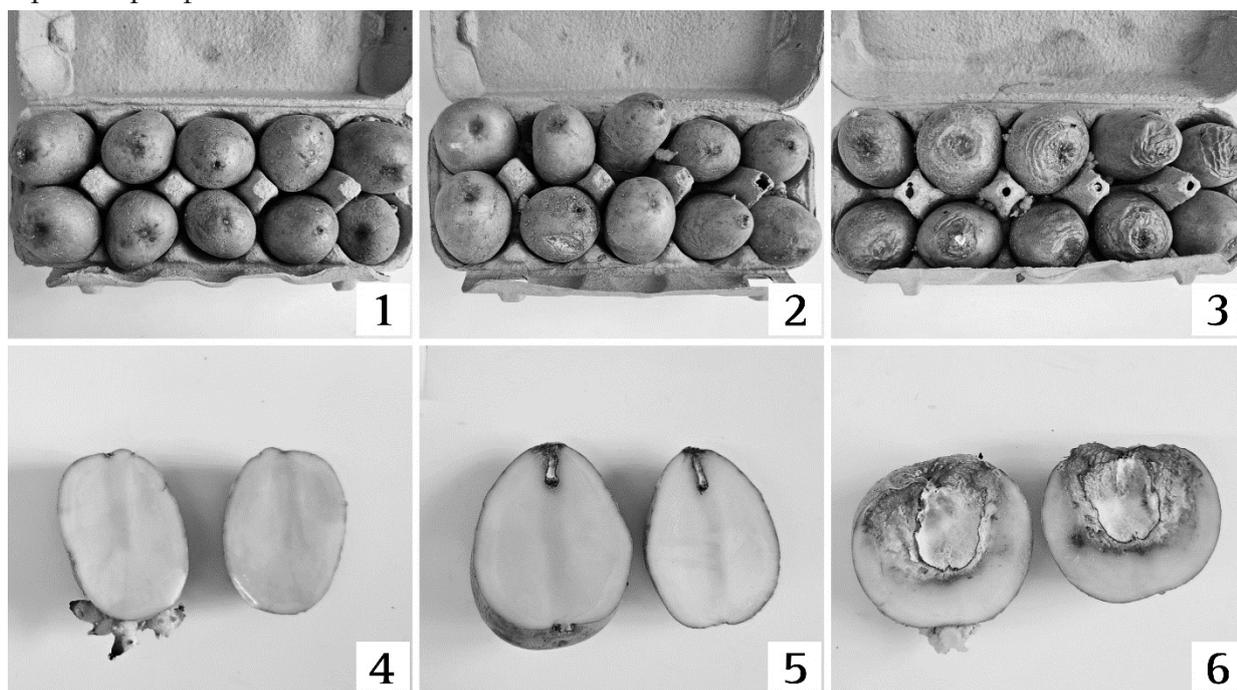


Рисунок 1. Симптомы фузариоза картофеля: 1-3 – внешние признаки, проявляющиеся в виде сморщивания на поверхности, 4-6 – появление сухой гнили внутри клубня. Искусственное заражение клубней картофеля сорта Догода: 1, 4 – контроль; 2, 5 – *F. redolens* NS1; 3, 6 – *F. solani* NS2.

Было установлено, что достоверные различия в степени вирулентности штаммов в зависимости от метода инокуляции отсутствовали, за исключением штамма NS1, вирулентность которого была выше при заражении клубней мицелием.

Таблица 4. Сравнение степени поражения клубней картофеля в зависимости от способа искусственного заражения

Изолят		Степень поражения клубней, баллы			
		Зумба		Догода	
		мицелий	споры	мицелий	споры
1	N1	2.33±0.58 ^a	2.3±0.48 ^a	3.0±1.73 ^a	3.0±0.67 ^a
2	N3	2.0 ^a	2.2±0.42 ^a	2.0 ^a	2.4±0.97 ^a
3	N8	2.33±0.58 ^a	1.6±0.52 ^a	2.0 ^a	1.7±0.95 ^a
4	NS1	3.0 ^a	1.0 ^b	2.0 ^a	1.3±0.48 ^b
5	NS2	3.66±0.58 ^a	4.1±0.32 ^a	3.33±1.53 ^a	4.2±0.42 ^a
6	NS4	2.33±0.58 ^a	1.6±0.52 ^a	2.33±0.58 ^a	1.6±1.07 ^a

a, b – Средние значения в строке, отмеченные разными верхними индексами, достоверно различались между собой (P < 0.05).

Таким образом, из сухой гнили картофеля разных сортов выделены изоляты микромицетов рода *Fusarium*, идентифицированные как штаммы *F. oxysporum*, *F. solani* и *F. redolens*. Изоляты различались по способности к заражению клубней при их искусственном инфицировании. При этом только один штамм из шести статистически достоверно проявлял различную степень вирулентности на разных сортах картофеля в зависимости от метода заражения (спорами или мицелием).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-16-00138 на технической базе Программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета (Приоритет-2030).

Библиографический список:

1. Qin J., Bian C., Duan S., Wang W., Li G., Jin L. Effects of different rotation cropping systems on potato yield, rhizosphere microbial community and soil biochemical properties // *Front Plant Sci.* 2022. V.13:999730. doi: 10.3389/fpls.2022.999730.
2. Xue H., Liu Q., Yang Z. Pathogenicity, Mycotoxin Production, and Control of Potato Dry Rot Caused by *Fusarium* spp.: A Review // *J Fungi (Basel)*. 2023. V.9(8). N.843. doi: 10.3390/jof9080843
3. Likhnenko S.V., Zangieva F.T., Morgoev T.A., Bekmurzov B.V. Ways to increase the adaptability of potato varieties in the North Caucasus // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020. N.548 022038.
4. Akosah Y., Vologin S. G., Lutfullin M. T., Hadieva G. *Fusarium oxysporum* strains from wilting potato plants: Potential causal agents of dry rot disease in potato tubers // *Crops* 22. 2021. N.49–53. doi: 10.31830/2348-7542.2021.012
5. Campos M., Patanita C., Campos C. et al. Detection and Quantification of *Fusarium* spp. (*F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *F. graminearum*) and *Magnaportheopsis maydis* in Maize Using Real-Time PCR Targeting the ITS Region // *Agronomy*. 2019. V. 9. P. 45.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСЕРВАНТОВ
НА СОХРАННОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В СИЛОСАХ
ИЗ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА 100 ЛЕТ ТАССР**

А.А. Аскарова, А.Р. Хайруллина, И.Т. Бикчантаев

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: askarovadelya@mail.com

***Аннотация.** Нами была проведена сравнительная оценка эффективности влияния химического консерванта AIV 3 plus и микробиологического препарата Фербак-Сил при консервировании зеленой массы яровой пшеницы 100 лет ТАССР в лабораторных условиях.*

Целью исследования являлось изучение влияния консервантов различной природы на сохранность питательных веществ и биохимических процессов ферментации при заготовке зеленой массы яровой пшеницы.

***Ключевые слова:** пшеница, биологический препарат, силос, обменная энергия, органические кислоты.*

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF VARIOUS CONSERVATION AGENT ON THE
PRESERVATION OF NUTRIENTS AND ENERGY IN SILOS FROM THE GREEN MASS
OF SPRING WHEAT OF THE 100 YEARS TASSR VARIETY**

A.A. Askarova, A.R. Khairullina, I.T. Bikchantaev.

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center RAS,
Kazan, Russia, e-mail: askarovadelya@mail.com

***Abstract.** We conducted a comparative assessment of the effectiveness of the effect of the chemical conservation agent AIV 3 plus and the microbiological preparation Ferbak-Sil when preserving the green mass of spring wheat 100 years old in the laboratory.*

***Keywords:** wheat, biological preparation, silos, metabolic energy, organic acids, effectiveness of drugs.*

Введение. Финансовое благополучие отраслей животноводства во многом зависит от состояния развития кормопроизводства, так как доля кормов в себестоимости качественной животноводческой продукции составляет 35–70 %. Чтобы обеспечить потребность дойных коров в питательных веществах и энергии, требуется высококачественные объемистые корма (силос, сенаж и др.). Заготовка данных кормов путем консервирования зеленой массы растений является наиболее рациональным и экономически выгодным способом сохранения высокой степени их концентрации [1, 2,3].

При заготовке объемистых кормов используются как химические, так и биологические препараты. В последние годы биологические препараты успешно замещают химические консерванты, которые наряду с молочнокислыми бактериями содержат ферменты для гидролиза сложных труднопереводимых углеводов до сахаров с целью повышения силосуемости растительной массы [4]. В состав биологических препаратов входят различные микроорганизмы, обеспечивающие консервирование фитомассы продуктами их жизнедеятельности органическими кислотами (молочная, уксусная и другие). В связи с этим нами проведена сравнительная оценка эффективности влияния химического и микробиологического препаратов при консервировании зеленой массы яровой пшеницы в лабораторных условиях.

Для нашего опыта в качестве химического консерванта использовали AIV 3 plus на основе муравьиной (62%) и пропионовой (3,0-5,0%) кислот и биологический препарат Фербак-Сил, содержащий достаточное количество жизнеспособных бактерий. Химический консервант AIV 3 plus наиболее подходящий для заготовки силоса из зеленой массы, обеспечивает подкисление массы до pH около 4,2, что является важнейшим фактором в подавлении нежелательных процессов брожения при консервировании и хранении кормов. Фербак – Сил содержит достаточное количество жизнеспособных молочных бактерий. Предотвращает маслянокислое брожение, гниение, развитие плесени.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2023 году научными сотрудниками в отделе физиологии, биохимии, генетики и питания животных. В качестве объектов исследования использовалась зеленая масса яровой пшеницы, выращенной на опытных полях ТатНИИСХ и обработанная выбранными консервантами Фербак-Сил и AIV 3 plus в соответствии с рекомендуемой нормой расхода производителями. Контролем служила измельченная зеленая масса без применения препарата. Консервирование проводили в лабораторных условиях в вакуумные пакеты Redmond RAM-VR01 и упаковывали с помощью бытового вакууматора торговой марки Redmond модели RVS-M020 (КНР). Запакованные пакеты с законсервированной фитомассой хранили в полуподземных кубовых бетонированных ямах при температуре +8...18 °С [5]. По истечении 60 дней пакеты вскрывали и проводили полный зоотехнический анализ опытных образцов кормов по методикам, утвержденным ГОСТ в отделе аналитических исследований ТатНИИСХ. В качестве испытательного оборудования использовали автоматический комплект для определения сырого протеина по методу Кьельдаля (VELP Scientific, Италия). Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 31640-2012 методом двухступенчатого определения содержания сухого вещества; массовую долю сырого протеина – по ГОСТ 32044.1-2019 (ISO 5983-1:2005) методом Кьельдаля [6]; клетчатки – по ГОСТ 31675-2012 (с применением промежуточной фильтрации); растворимых углеводов – по ГОСТ 26176-2019 (с применением антронового реактива); содержание органических кислот (молочной, масляной и уксусной) в кормах – по ГОСТ P55986-2014 (методом Леппера-Флига); активной кислотности (pH) – ГОСТ 26180-84 (метод потенциометрического измерения активности водородных ионов) [7].

Статистическую обработку данных осуществляли на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel пакета Microsoft Office 2016.

Результаты и их обсуждение. При заготовке силоса из яровой пшеницы большое значение имеет процесс брожения, выражающийся в показателе активной кислотности (pH) и образовании в силосуемой растительной массе побочных продуктов бактериального брожения (молочной, уксусной и масляной кислот). Нами было установлено оптимальное содержание органических кислот в готовом силосе с применением биологического препарата Фербак-Сил, в котором отсутствует масляная кислота, и соотношение молочной и уксусной кислот – 70,20%: 29,80%, что соответствует значениям показателя силоса I класса (ГОСТ 55986-2022). При этом максимальная концентрация масляной кислоты установлена в контрольном образце и составила 0,12 абс.%. Следует отметить, что содержание уксусной кислоты, которая играет немаловажную роль в аэробной стабильности силоса была установлена в образце с препаратом Фербак-Сил, концентрация которого составила 1,0 абс. % и была выше по отношению к контролю на 0,69 абс. % и образца с химическим консервантом на 0,26 абс. % соответственно (табл.1).

Таблица 1. Соотношение органических кислот в силосах из яровой пшеницы

Вариант силосования	Содержание кислот, абс. %			Сумма, %	Соотношение кислот, %			рН
	уксусная	масляная	молочная		уксусная	масляная	молочная	
Контроль	0,31 ± 0,13	0,09 ± 0,02	2,51 ± 0,09	2,91 ± 0,02	10,66 ± 4,31	2,93 ± 0,75	86,40 ± 3,56	4,9 ± 0,0
Силос с консервантом AIV 3 plus	0,74 ± 0,10	0,03 ± 0,04	2,84 ± 0,74	3,61 ± 0,81	20,71 ± 1,88	0,82 ± 1,16	78,47 ± 3,04	4,5± 0,06
Силос с препаратом Фербак-Сил	1,0±0,01	0±0,0	2,35 ± 0,35	3,34 ± 0,35	29,80 ± 3,46	0±0,0	70,20± 3,46	4,8 ± 0,0

Сохранность таких веществ, как сырой протеин, сырая клетчатка, сахара, и энергия при консервировании фитомассы яровой пшеницы является важной задачей в кормопроизводстве.

По результатам полного зоотехнического анализа кормов (табл. 2) было выявлено, что сохранность сахаров ярко выражена при силосовании корма с препаратом AIV 3 plus. Это обусловлено внесением с химическим консервантом готовых органических кислот, способных сдерживать интенсивность брожения. Данный факт подтверждается большим содержанием сахаров в силосе с консервантом AIV 3 plus, которое составило 9,21 г, что было достоверно выше контроля в 5,06 и образца с препаратом Фербак-Сил в 6,98 раза. Аналогичные результаты получены в работе Волковой Г.С. и Куксовой Е.В. [8].

В лабораторных условиях было установлено, что в готовых силосах больше питательных веществ, чем в контрольном образце. Применение изучаемых заквасок привело к изменению в химическом составе силоса. Так, использование препарата AIV 3 plus способствовало лучшей сохранности сухого вещества (СВ) и обменной энергии(ОЭ) в 1 кг готового корма, содержание которых составило 32,25% и 3,31 МДж и было выше чем в контроле на 4,49% и 0,21% соответственно.

Таблица 2. Содержание питательных веществ в силосах из пшеницы с применением консерванта AIV 3 plus и препарата Фербак-Сил

Вариант опыта	Сухое вещество, %	ОЭ, МДж	Сырой протеин, %	Сырая клетчатка, %	БЭВ, %	Сахар, г
Силос без консерванта	29,95 ±0,14	3,10 ±0,01	3,54 ±0,33	7,28 ±0,37	14,28 ±0,09	1,91 ±0,13
Силос с консервантом AIV 3 plus	32,25 ±1,02	3,31 ±0,08	3,53 ±0,0	7,53 ±0,02	16,12 ±1,12	9,21 ±0,36
Силос с препаратом Фербак-Сил	31,01 ±0,30	3,19 ±0,02	3,44 ±0,01	8,40 ±0,01	14,27 ±0,23	1,14 ±0,01

Выводы. В результате исследований по оценке влияния различных консервантов были получены новые данные на сохранность питательных веществ и энергии в силосах из зеленой массы яровой пшеницы сорта 100 лет ТАССР. При этом важно отметить, что Фербак-Сил способствовал молочнокислому брожению и большему образованию молочной кислоты (до 70,20%) от общей суммы трех кислот, и подавлял развитие маслянокислых бактерий, что проявилось отсутствием масляной кислоты в готовом корме. Полный зоотехнический анализ кормов показал, что использование консерванта AIV 3 plus способствовало лучшей сохранности сухого вещества (32,25%), сахаров (9,21 г) и обменной энергии.

Библиографический список

1. Лобачева Т.И. Повышение эффективности кормопроизводства на основе экономического анализа // Кормопроизводство. – 2014. – № 5. – С. 3–7.
2. Косолапов В.М. Проблемы кормопроизводства и пути их решения на современном этапе / В.М. Косолапов // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №11. – С. 23-25.
3. Бикчантаев И.Т. Эффективность биологических препаратов в консервировании люцерны // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – №3 (54).
4. Маляренко С.А. Сравнительные испытания химконсерванта AIV 3 plus и биопрепарата АСИДФАСТ НС ГОЛД на козлятнике восточном/ Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 160-летию В.А.Михельсона, сборник статей. Том 1. – 2020. – Москва: Издательство: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева. – С. 143-146.
5. Шинкаревич Е. Д. Эффективность применения сухих и жидких форм бактериальных силосных консервантов // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – Спецвыпуск № 2.
6. ГОСТ 32044.1-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть1. Метод Кьельдаля. – М.: ИПК Стандартиформ, 2014. – 12с.
7. ГОСТ 26180 - 84. Корма. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1984. – 6 с.
8. Волкова Г.С., Куксова Е.В. Применение консервантов различной природы для заготовки кормов /Эффективное животноводство. – 2020. – №3. – С. 124-125.

ФОН ПИТАНИЯ, КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

А.Б. Зарипов, В.И. Блохин, И.Ю. Никифорова

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: almaz.zaripov.93@mail.ru

***Аннотация.** Цель работы – сравнительная оценка урожайности районированных сортов ярового ячменя, допущенных к возделыванию в Республике Татарстан на фонах минерального питания. В Предкамской зоне в 2022 г выделены высокоурожайные сорта Тевкеч и Лаишевский, в 2023 г - Фортуна, Нур, Деспина, Памяти Чепелева, Камашевский, Тевкеч, которые существенно превысили стандарт, прибавка зерна от внесения удобрений составила 0,77...2,42 т/га.*

***Ключевые слова:** ячмень яровой, сорт, условия, урожайность, удобрения*

NUTRITIONAL BACKGROUND AS A FACTOR IN INCREASING GRAIN YIELDS OF SPRING BARLEY VARIETIES

A.B. Zaripov, V.I. Blokhin, I.Yu. Nikiforova

Tatar Research Institute of Agriculture FRC KazSC of RAS, Kazan, Russian Federation, e-mail:
almaz.zaripov.93@mail.ru

***Abstract.** The aim of the work is a comparative evaluation of yields of the released varieties of spring barley on mineral nutrition backgrounds allowed for cultivation in the Republic of Tatarstan. In the Predkamsk zone in 2022 high-yielding varieties Tevkech and Laishevskiy are allocated, in 2023 - Fortuna, Nur, Despina, Pamyati Chepeleva, Kamashevskiy, Tevkech, which significantly exceeded the standard, grain increment from fertilizer application was 0.77 ... 2.42 t/ha.*

***Keywords:** spring barley, variety, conditions, yield, fertilizers*

Введение. Беспрецедентные санкции заставляют сельхозтоваропроизводителей шире использовать для посева отечественные сорта [1], они менее требовательны к условиям возделывания и формируют стабильную урожайность зерна [2]. Урожайность – основной показатель «продуктивности сорта», ее величина во многом зависит от погодных условий, генотипа, и элементов агротехнологии [3]. Погодные условия являются одним из главных факторов, определяющих будущий урожай всех сельскохозяйственных культур и доля влияния погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур оценивается различными учеными от 20 до 60 % [4,5]. Современные сорта ярового ячменя способны формировать 7,0-8,0 т/га зерна, но биологический потенциал получить не всегда удается. В благоприятные для культуры годы такое снижение может составлять 50-55%, в годы с экстремальными условиями – до 75-80%. Между уровнем применения удобрений и урожайностью сельскохозяйственных культур существует прямая зависимость. Минеральные удобрения оказывают значительное воздействие на почву, в частности, внесение NPK повышает уровень содержания основных элементов питания, обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур [5]. От стабильности урожайности сельскохозяйственных культур зависит обеспечение финансовой устойчивости аграриев [6]. Поэтому изучение и выявление высокоурожайных сортов, является важным и актуальным вопросом настоящего времени.

Материалы и методы исследований. Изучение формирования урожайности районированных сортов ярового ячменя проводили в Татарском НИИСХ - ОСП ФИЦ КазНЦ РАН в

2022-2023 гг. Почвы опытных участков серые лесные, среднесуглинистые. Пахотный слой (0...18 см,) гумус 3,35...3,52% (ГОСТ 26213 – 91); азот щёлочно-гидролизуемый 85,0...94,0 мг/кг (по А.Х. Корнфилду); подвижный фосфор 251...287мг/кг и обменный калий 149...167 мг/кг (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207 – 91); гидролитическая кислотность 3,7...5,9 ммоль/100. Предшественник чистый пар, площадь делянок 12 м², повторность 4х кратная. Сорты высевали на фоне без внесения минеральных удобрений (контроль) и на фоне с внесением минеральных удобрений в 2022 г – N₈₇P₃₈K₃₈S₁₅, в фазу кущения проводили подкормку N₃₄, в 2023 г – N₆₄P₃₀K₃₀S₁₀.

Результаты исследования. Внесение удобрений на 2 варианте с нормой внесения N₈₇ P₃₇ K₃₇ S₁₅ и 3 варианте опыта N₈₇ P₃₇ K₃₇ S₁₅+N₃₄ способствовало повышению урожайности в сравнение с контрольным вариантом (без внесения удобрений). Так, наибольшая урожайность на 2 варианте формировали сорта Лаишевский (4,62т/га), Тевкеч (4,48т/га), Эндан (3,96т/га), что существенно выше контроля без удобрений, табл.1.

Таблица 1. Урожайность зерна сортов ярового ячменя на фонах питания, 2022 г.

Сорт	Контроль без удобрений (1 вариант)	N ₈₇ P ₃₇ K ₃₇ S ₁₅ (2 вариант)	N ₈₇ P ₃₇ K ₃₇ S ₁₅ +N ₃₄ (3 вариант)
Эндан	2,43	3,96	4,36
Лаишевский	2,39	4,62	4,80
Тевкеч	2,54	4,48	4,91
НСР _{0,05}	0,22	0,37	0,41

Внесение азотной подкормки (N₃₄) в фазе кущения дополнительно к основному внесению удобрений (3 вариант), повысило урожайность сорта Лаишевский до 4,80т/га, Тевкеч 4,91т/га, Эндан 4,36т/га, причем урожайность сортов Лаишевский и Тевкеч достоверно выше сорта Эндан.

За счет внесения минеральных удобрений на 2 варианте в сравнении с контролем получено дополнительно зерна сорта Эндан 1,53; Тевкеч 1,94 и Лаишевский 2,23 т/га, на 3 варианте опыта получено дополнительно 1,93; 2,37 и 2,41 т/га, соответственно. На варианте с азотной подкормкой (аммиачная селитра 100 кг/га), в сравнение с основным внесением, вариабельность прибавки зерна составила 0,18...0,43 т/га, табл. 2.

Таблица 2. Прибавка зерна сортов ярового ячменя от фона питания, 2022 г.

Сорт	Фон к контролю без удобрений		Фон и подкормка к контролю без удобрений		Подкормка к фону	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Эндан	1,53	62,9	1,93	79,4	0,4	10,1
Лаишевский	2,23	93,3	2,41	100,8	0,18	3,9
Тевкеч	1,94	76,3	2,37	93,3	0,43	9,6

Испытания, проведенные на 2х фонах питания конкурсного испытания сортов ярового ячменя в 2023 г показали, что все районированные сорта формировали от внесения минеральных удобрений дополнительное зерно 0,77...2,42 т/га. Реакция отзывчивости сортов на повышение урожайности от внесенных удобрений варьировала в больших пределах. Так разница урожайности сорта Деспина на контроле и с внесением удобрений составила 117,9%, сорта Фортуна 122,8%, сорта Лидар всего 39,7%, табл.3.

Таблица 3. Урожайность сортов ячменя в зависимости от минеральных удобрений, КСИ 2023 г.

Сорт	Без удобрений	N ₆₄ P ₃₀ K ₃₀ S ₁₀	Среднее, т/га	Прибавка к фону без удобрений	
				т/га	%
Финист стандарт	2,27	3,56	2,92	1,29	56,8
Раушан	2,21	3,78	3,00	1,57	71,0
Нур	2,19	4,46	3,32	2,27	103,7
Тимерхан	2,03	3,97	3,00	1,94	95,6
Камашевский	2,25	4,06	3,15	1,81	80,4
Орлан	2,24	3,91	3,07	1,67	74,6
Лаишевский	1,95	3,71	2,83	1,76	90,3
Деспина	1,96	4,27	3,12	2,31	117,9
Памяти Чепелева	2,08	4,28	3,18	2,20	105,8
Фортуна	1,97	4,39	3,18	2,42	122,8
Надежный	2,08	3,88	2,98	1,80	86,5
Фандага	2,17	3,61	2,89	1,44	66,4
Лидар	1,94	2,71	2,33	0,77	39,7
Эндан	1,88	3,30	2,59	1,42	75,5
Корнет стойкий	2,19	3,96	3,08	1,77	80,8
Орда	2,13	3,60	2,87	1,47	69,0
Тевкеч многорядный	2,49	4,02	3,25	1,53	61,4
НСР _{0,05}	0,19	0,33			

Методом двухфакторного дисперсионного анализа экспериментальных данных установлены значимые вклады фона, сорта и их взаимодействия в общую дисперсию признака «урожайность зерна», с наименьшей существенной разницей сортообразцов 0,24 т/га, фона питания 0,15 т/га и взаимодействие факторов «фон x сорт» 0,09 т/га, табл.4.

Таблица 4. Двухфакторный дисперсионный анализа урожайности зерна, КСИ 2023 г. на двух фонах питания

Источник	SS	df	mS	F _{факт.}	F _{0,05}	НСР _{0,05}	Доля влияния, %
Общее	242,79	367	1,84				
Блоки	5,53	3	2,59	395,04	2,65		
Варианты	235,99	91	1,13	555,58	1,32		
Сортообразец	50,81	45	163,71	241,94	1,42	0,24	20,9
Фон	163,71	1	0,48	35072,86	3,89	0,15	67,4
Взаимодействие	21,46	45	0,01	102,19	1,42	0,09	8,8
Остаток	1,27	273					

Анализ доли вкладов каждого из этих факторов выявил, что в условиях текущего года преобладающий вклад в общую дисперсию признака «урожайность зерна» вносил фактор «фон», на долю которого приходится 67,4%. Вклад сорта составил 20,9%, и на долю взаимодействия приходится 8,8%.

Районированные сорта в 2023г характеризовались относительно невысокими значениями реализации потенциала продуктивности (72,4%...86,0%), не высокими показатели индекса стабильности (45,9%...68,1%), табл. 5.

Таблица 5. Характеристика сортов ярового ячменя, КСИ 2023 г.

Сорт	Без удобрений	N ₆₄ P ₃₀ K ₃₀ S ₁₀	Индекс стабильности, %	Реализация потенциала продуктивности, %
Финист стандарт	2,27	3,56	68,1	83,4
Раушан	2,21	3,78	62,4	79,4
Нур	2,19	4,46	51,6	74,4
Тимерхан	2,03	3,97	44,9	75,6
Камашевский	2,25	4,06	59,3	77,6
Орлан	2,24	3,91	61,4	78,5
Лаишевский	1,95	3,71	55,7	76,3
Деспина	1,96	4,27	47,2	73,1
Памяти Чепелева	2,08	4,28	50,8	74,3
Фортуна	1,97	4,39	45,9	72,4
Надежный	2,08	3,88	56,9	76,8
Фандага	2,17	3,61	64,4	80,1
Лидар	1,94	2,71	75,4	86,0
Эндан	1,88	3,30	60,8	78,5
Корнет стойкий	2,19	3,96	58,8	77,8
Орда	2,13	3,60	63,1	79,7
Тевкеч многорядный	2,49	4,02	66,6	80,8
НСР _{0,05}	0,19	0,33	64,1-71,3	80,5-83,5

Анализ доли вкладов каждого из этих факторов выявил, что в условиях текущего года преобладающий вклад в общую дисперсию признака «урожайность зерна» вносил фактор «фон», на долю которого приходится 67,4%. Вклад признак «сорт» составил 20,9%, и на долю взаимодействия факторов приходится 8,8%.

Заключение. Таким образом, в условиях Предкамской зоны РТ за исследуемый период (2022, 2023 гг.) методом сравнения урожайности районированных сортов ярового ячменя выявлено, что формирование максимальной урожайности зерна зависит от фона минерального питания. Прибавка урожайности зерна от внесения минеральных удобрений составила 0,77...2,42 т/га. Методом двухфакторного дисперсионного анализа установлен преобладающий вклад минеральных удобрений в формировании урожайности зерна (67,4%), на долю сорта (20,9%). Реализация потенциала продуктивности исследованных сортов составила 72,4...86,0%.

Сведения об источнике финансирования. *Работа выполнена по государственному заданию «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка береговых агро-технологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды». № регистрации 122011800138-7.*

Библиографический список

- Капогузов Е. А., Чупин Р. И., Харламова М. С. Структурные изменения российского зернового баланса в условиях антироссийских санкций: региональный аспект // TerraEconomicus. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 122–139. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-2-122-139.
- Елисеев В. С. Проблемы правового обеспечения продовольственной безопасности России в свете санкционной политики недружественных государств // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. – 2022. – № 5. – С. 71–77. DOI: 10.17803/2311-5998.2022.93.5.071-077.

3. Блохин В.И., Ганиева И.С. и др. высокопродуктивный, зернофуражный сорт Эндан. //Вестник Казанского Аграрного Университета. – 2019. – № 3 (54). – С. 19-24. DOI: 10.12737/article_5db84f60cb5627.05239263
4. Чуян О. Г., Караулова Л. Н., Митрохина О. А. К системе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 11. – С. 9–15. DOI: 10.24411/0235- 2451-2020-11101.
5. Блохин В.И., Никифорова И.Ю., Ганиева И.С. Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В. Анализ адаптивного потенциала сортов и линий ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – 4(44). – С. 163-172. doi: 10.24412/2309-348X-2022-4-163-172
6. Чарыкова О. Г., Отинова М. Е., Тютюников А. А. Ключевые направления развития экспорта в сельском хозяйстве России: региональный аспект // Экономика региона. – 2022. – Т. 18, № 1. – С. 193–207. DOI: 10.17059/ ekon.reg.2022-1-14.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО И ПОСТУПЛЕНИЕ В ПОЧВУ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

И.П.Слаутин

ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

Московская обл, Одинцовский р-н, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д.6

e-mail: islau@yandex.ru

***Аннотация.** Установлено оптимальное сочетание элементов агротехнологии возделывания люпина на зерно, способствующее получению максимальной урожайности зерна 4,82 т/га и поступлению в почву до 9 т/га сухой массы растительных остатков. При их минерализации в пахотный слой дополнительно поступает более 1,6 т/га свежееобразованного гумуса и возвращается более 80 кг/га азота.*

***Ключевые слова:** люпин узколистный, урожайность, элементы агротехнологии, масса корневых остатков, Нечерноземная зона.*

INFLUENCE OF AGROTECHNICAL FACTORS ON GRAIN YIELD OF NARROW-LEAVED LUPINE AND PLANT RESIDUES IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH ZONE

I.P.Slautin

Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Research Center "NEMCHINOVKA"

Moscow region, Odintsovsky district, Novoivanovskoe settlement, Agrohnikov street, 6.

e-mail: islau@yandex.ru

***Abstract.** The optimum combination of elements of agrotechnology of lupine cultivation for grain has been established, which contributes to obtaining the maximum grain yield of 4.82 t/ha and to entering into the soil up to 9 t/ha of dry mass of plant residues. At their mineralization more than 1.6 t/ha of freshly formed humus and more than 80 kg/ha of nitrogen return to the arable layer.*

***Keywords:** narrow-leaved lupine, yield, elements of agrotechnology, mass of root residues, Non-Chernozem zone.*

Введение. Содержание гумуса – важнейший параметр потенциального плодородия почвы, характеризующий степень ее окультуренности. В современных условиях хозяйствования роль и значение гумуса в сохранении и повышении плодородия почв, значительно усиливается [1]. Источником гумуса в почвах сельскохозяйственного назначения являются органические удобрения и растительные остатки выращиваемых сельскохозяйственных культур [2-5].

В настоящее время растительным остаткам принадлежит решающая роль в восполнении и увеличении содержания органического вещества в почве из-за низких объемов выхода и применения навоза из-за медленного восстановления молочного стада – основного его поставщика на поля региона.

Задача настоящего исследования – оптимизация элементов технологии возделывания люпина узколистного на зерно в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья, что позволит не только получать максимальную продуктивность, но и увеличить поступление в почву растительных остатков для обогащения пахотного слоя свежим органическим веществом и азотом и, в конечном счете – создать предпосылки для повышения плодородия.

Методика и условия. Исследование проводили в краткосрочном комплексном полевом опыте, заложенном методом расщепленной делянки на опытном поле ФИЦ «Немчиновка»,

неподалеку от аэропорта «Внуково» и дер. Кривошеино осенью 2022 года после уборки предшественника (яровые зерновые).

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая подстилаемая моренным суглинком с содержанием в пахотном (0-20см) слое гумуса 1,5-1,7%, Ph 5,0-5,6, Нг (по Каппену) 1,75-2,67 мг–экв/100г, P₂O₅ и K₂O в 0,2 н. НСL вытяжка (по Кирсанову) 180-250 мг/кг и 140-200 мг/кг, соответственно, что указывает на средний уровень ее окультуренности.

Схемой опыта предусматривалось изучение влияния удобрений (P₆₀K₆₀ и N₅₀P₆₀K₆₀, фактор А), гербицидной защиты (-,+ , фактор В) и некорневых подкормок биостимуляторами с микроэлементами (-,+ , фактор С) на зерновую продуктивность люпина узколистного сорт Деко2 и поступление в почву растительных остатков (солома, листовой опад, стерня, корни в слое 0-20 см).

Общая площадь делянки первого порядка 576 м², второго 288 м² третьего 144м². Расположение делянок последовательное, повторность четырехкратная.

Агротехника общепринятая в зоне, кроме изучаемых элементов. с осени 2022 года лушение стерни предшественника, внесение фосфорных и калийных удобрений, фоном с помощью центробежного разбрасывателя Amazone, культурную вспашку на 20-22 см. Весной 2023 года, по мере созревания почвы, проводили боронование поперек вспашки с целью снижения испарения влаги и выравнивания поверхности поля, культивацию на 8-12см, в том же направлении, вносили азотное удобрение вручную и заделывали его комплексным агрегатом типа РВК во время предпосевной культивации на 6-8см. Посев сеялкой Amazone Д9 на глубину 3-5см проводили в лучшие агротехнические сроки (04.05) протравленными (Витарос, ВСК + Табу, ВСК) семенами нормой высева 1,6 млн/га. При протравливании семян к протравителю добавляли комплекс биостимуляторов германского производства, содержащих аминокислоты, пептиды и микроэлементы животного происхождения (дистрибьютор ООО «Лебозол Восток») и прилипатель Фульвитал Плюс (ООО «Родагро»). В день посева семена обрабатывали Ризоторфином, содержащим активный штамм N₂-фиксации бактерий производства ВНИИ СХМ (г. Пушкин, Ленинградской обл.). На следующий день после посева поле обрабатывали почвенным гербицидом Камелот, СЭ согласно схеме опыта.

Защитные мероприятия в течение активной вегетации люпина включали двухразовую обработку посева фунгицидно-инсектицидной смесью (Спирит, СК + Борей Нео, СК) с добавлением к ней указанных выше биостимуляторов. При этом в первую обработку (2-4 настоящих листа культуры), к ним добавляли препарат с молибденом для формирования бобово-ризобийного комплекса на корнях люпина, а во второй срок (бутонизация – начало цветения) - препарат, содержащий бор с целью улучшения завязывания плодов. В засушливых условиях налива зерна («Зеленый боб») посев опрыскивали препаратом, содержащим калий в органической форме для улучшения оттока ассимилянтов из листостебельной массы в бобы.

Обмолот опытных делянок урожая в фазе полной спелости зерна производился селекционным комбайном Wintersteiger.

При закладке полевого опыта, проведения учетов и наблюдений использовали рекомендации, изложенные в руководствах «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые и крупяные культуры (Федин, 1985), «Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования» (Доспехов, 1985), «Корневая система полевых культур» (Станков, 1964).

В 2023 году метеорологические условия в период активной вегетации люпина (04 мая - 20 августа) по величине гидротермического коэффициента (по Селянинову) были близки к средней многолетней (1,33 и 1,48) соответственно, и благоприятствовали формированию высокого урожая зерна.

Результаты и обсуждение. В благоприятных условиях увлажнения урожайность зерна люпина в среднем по опыту составила 4,08 т/га (3,33-4,82 т/га), а накопление сухой массы растительных остатков с поправкой на полноту учета 1,4 - 8,38 т/га (5,88-11,12 т/га) или в расчете на тонну зерна 2,05 т/га. При этом на солому приходилось 67%, на стерню при высоте среза 10-12 см и корни в слое 0-20 см – 33%.

Установлено, что при отсутствии влияния азотных удобрений на величину урожайности зерна (в среднем от 4,07 т/га до 4,08 т/га) по вариантам опыта проявлялась слабо выраженная тенденция снижения сухой массы растительных остатков в среднем с 8,52 т/га на фоне P60K60 до 8,24 т/га (-3%), в варианте N50P60K60, в том числе корней – с 0,91 т/га до 0,84 т/га (-8%), стерни – с 0,84 т/га до 0,70 т/га (-17%).

Применение почвенного гербицида, обеспечившее улучшение условий формирования урожая по сравнению с фоном без применения гербицида, повышало величину его в среднем с 3,73 т/га до 4,42 т/га (+18%). Поступление в почву растительных остатков под влиянием гербицидной защиты возрастало на 25% (с 7,46 т/га до 9,30 т/га), в том числе соломы на 22%, корней – на 50% или в среднем с 6,06 т/га до 7,41 т/га и с 0,70 т/га до 1,05 т/га.

Совместное с пестицидами использование биостимуляторов и микроэлементов по вегетации не влияло на урожайность зерна, обеспечивая получение в среднем 4,06 и 4,09 т/га, но оказывало положительное влияние на массу растительных остатков, повышая ее на 11% в сравнении с необработанным фоном с 7,93 т/га до 8,83 т/га, главным образом за счет увеличения выхода соломы (+11%) и корней (+27%) (таблица 1).

Таблица 1. Влияние агротехнических факторов на урожайность зерна люпина узколистного и накопление растительных остатков 2023 г.

Показатели		Удобрение, кг/га (фактор «А»)							
		P ₆₀ K ₆₀				N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀			
		Применение почвенного гербицида (фактор «В»)							
		-		+		-		+	
		Использование биостимуляторов и микроэлементов (фактор «С»)							
		-	+	-	+	-	+	-	+
Урожайность зерна, т/га		3,87	4,03	4,22	4,17	3,69	3,33	4,47	4,82
НСР ₀₅		А=0,15 АС=0,23 В=0,12 АВ= 0,20 АВС= 0,52 С= 0,11 ВС=0,36							
Сухая масса растительных остатков, т/га	Солома	6,05	7,56	5,60	7,87	4,76	5,88	9,16	7,00
	Стерня	0,84	0,84	0,84	0,84	0,56	0,56	0,84	0,84
	Корни	0,56	0,84	0,84	1,40	0,56	0,84	1,12	0,84
	Всего	7,45	9,24	7,28	10,11	5,88	7,28	11,12	8,68
Накопление общего азота в растительных остатках, кг/га		52	97	76	99	44	55	111	83
Поступление в почву свежего органического вещества, т/га		1,42	1,76	1,38	1,92	1,12	1,38	2,11	1,65

Положительное взаимодействие тройного сочетания изучаемых элементов в агротехнологии, обеспечившее получение максимальной урожайности зерна 4,82 т/га (+25%) к аналогичному показателю в варианте без их использования главным образом за счет повышения массы 1000 зерен со 135 г до 153 г и густоты стояния к уборке со 144 шт/м² до 172 шт/м², приводило к росту поступления в почву сухой массы растительных остатков с 7,45 т/га до 8,68 т/га (+16%), в том числе за счет соломы – на 16%, корней – на 50% (табл.1).

Расчеты показывают, что с растительными остатками в почву дополнительно поступало более 1,6 т/га свежесформированного гумуса (минерализация 78-85%) и возвращалось более 80 кг/га общего азота. Приведенные величины свидетельствуют о существенном вкладе чистых посевов зернобобовых культур, в том числе и люпина, в плодородие зональных почв и в продуктивность полевого кормопроизводства региона.

Выводы:

1. На среднекультуренной дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России, в достаточной степени обеспеченной подвижным фосфором и калием (IV-V класс) в нормальных условиях увлажнения уровень урожайности зерна определялся только использованием почвенного гербицида. Прибавка от внесения составила в среднем 0-69 т/га (18%).
2. Предпосевное внесение 50 кг/га N на фоне P₆₀K₆₀, а также применение биостимуляторов по вегетации совместно с инсектицидно-фунгицидной защитой не оказывало влияния на урожайность зерна в сравнении с вариантами без их использования, обеспечивая получение близкой урожайности в пределах 4,06-4,09 т/га.
3. Максимальная урожайность 4,82 т/га создавалась тройным сочетанием элементов агро-технологии (гербицидная защита + полное минеральное удобрение + биостимуляторы и микроэлементы). Прибавка к фону без их использования составила 25%.
4. Эффект взаимодействия факторов, равный 25% на 6% превышал сумму эффектов отдельных факторов, что свидетельствует о наличии синергизма при их совместном использовании.
5. На оптимальном по урожайности зерна в почву поступило 8,68 т/га сухой массы растительных остатков, в том числе соломы 67%. При их минерализации возможное обогащение почвы «свежим гумусом» может составить более 1,6 т/га, возврат азота составляет 83 кг/га, что указывает на существенный вклад люпина узколистного детерминантного типа роста не только в производство высокобелковой продукции для кормопроизводства региона, но и в плодородие почв.

Библиографический список

1. Милащенко Н.З. (ред) Научные основы гумусообразования и значение гумуса в плодородии почв // Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. – Оренбург: «Южный Урал», 1993. – С.123-151.
2. Каштанов А.Н. Проблемы эффективного использования органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии // Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии. Мат.Международ.науч.-практ. конф, посвященной 20-летию ВНИПТИОУ (25-27 июля 2001 г.). – Владимир, 2002. – С.3-8.
3. Еськов А.И., Лукин С.М., Анисимова Т.И. и др. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России (информационно-аналитический справочник). – Владимир: ГНУ ВНИИ ОУ Россельхозакадемии, 2006. – 200 с.
4. Русакова И.В. Воспроизводство плодородия дерново-подзолистой почвы при длительном использовании соломы// Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. Сб.докл.Всерос.науч.-практ. конфт. Т.1. – Владимир: ГНУ ВНИИ ОУ Россельхозакадемии, 2013 – С.211-220.
5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Туликова Е.А., Никиточкин Д.Н., Беляев Е.В. Влияние элементов агротехнологии на урожайность зерна и средообразующее значение одновидовых посевов гороха и люпина узколистного в изменившемся климате Центрального Нечерноземья // Тенденция развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего. Материалы IV Международ.науч.конф. – Санкт-Петербург, 2023. – С.107-116.

ПРИМЕНЕНИЕ COBIT5 ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИТ-РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Б.А.Эскин, О.В.Кочеткова

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,

e-mail: ovk555@bk.ru, eskin-2022@mail.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается применение методологии COBIT5 для оптимизации ИТ-ресурсов в сельском хозяйстве. Описывается, как COBIT5 помогает сельскохозяйственным предприятиям повысить эффективность управления ресурсами и производственными процессами. Представлены результаты исследования, демонстрирующие важность интеграции ИТ-процессов в бизнес-стратегию для достижения операционной эффективности.*

***Ключевые слова:** COBIT5, ИТ-ресурсы, ИТ-цели, ИТ-процессы, бизнес-цели*

APPLICATION OF COBIT 5 FOR OPTIMIZATION OF IT RESOURCES IN AGRICULTURE

B.A.Eskin, O.V.Kochetkova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, e-mail: ovk555@bk.ru, eskin-2022@mail.ru

***Annotation.** The article discusses the application of the COBIT5 methodology for optimizing IT resources in agriculture. Describes how COBIT5 helps agricultural enterprises improve the efficiency of resource management and production processes. The results of the study are presented, demonstrating the importance of integrating IT processes into business strategies to achieve operational efficiency.*

***Key words:** COBIT5, IT resources, IT goals, IT processes, business goals*

Введение. Современные технологии становятся неотъемлемой частью аграрного сектора, способствуя повышению производительности, оптимизации управления ресурсами и улучшению качества продукции. Сельское хозяйство в современном мире нуждается в эффективном использовании информационных технологий (ИТ) для решения широкого круга задач, начиная от автоматизации производственных процессов до мониторинга и прогнозирования погодных условий. Технологии IoT (интернет вещей) позволяют сельхозпроизводителям контролировать и управлять процессами на полях в реальном времени, а системы аналитики данных помогают принимать обоснованные решения на основе больших объёмов информации о почве, климате и растениях [1]. В современном сельском хозяйстве ИТ играют ключевую роль, обеспечивая более эффективное управление ресурсами, улучшение производительности и снижение затрат.

Современные сельскохозяйственные предприятия сталкиваются с множеством вызовов, связанных с оптимизацией использования ИТ. В условиях растущей конкуренции и необходимости повышения производительности труда, эффективное управление ИТ-ресурсами становится критически важным аспектом. Внедрение передовых ИТ-решений позволяет автоматизировать процессы, улучшить сбор и анализ данных, а также повысить общую эффективность работы сельского хозяйства [2, 3]. Однако для достижения этих целей необходимо грамотное управление ИТ-инфраструктурой, что требует тщательного планирования и контроля.

Одним из инструментов, способствующих достижению наилучшего использования ИТ-ресурсов, является COBIT5 (Control Objectives for Information and Related Technologies). Эта международная методология позволяет эффективно контролировать и управлять ИТ-ресурсами, обеспечивая их рациональное использование [4].

СОВИТ5 предлагает структуру для оценки текущего состояния ИТ-систем, выявления ключевых областей для улучшения и внедрения лучших практик в управление ИТ-ресурсами.

Применение СОВИТ5 в сельском хозяйстве предоставляет предприятиям возможность не только оптимизировать текущие процессы, обеспечить оптимизацию ИТ-ресурсов [5] а также значительно повысить их устойчивость и конкурентоспособность на рынке.

Цель данной – работы рассмотреть, как можно улучшить использование ИТ-ресурсов в сельском хозяйстве с помощью методологии СОВИТ5.

Материалы и методы. Для достижения цели наилучшего использования ИТ-ресурсов в сельском хозяйстве была применена разработанная автором информационная система [6] «Управление ИТ-процессами для достижения целей бизнеса» на основе СОВИТ5 [4, 7]. СОВИТ5 предоставляет комплексный подход к управлению и оптимизации ИТ-ресурсов, обеспечивая соответствие ИТ-деятельности стратегическим бизнес-целям сельскохозяйственных предприятий.

Основная часть. В рамках исследования была выбрана ключевая бизнес-цель сельскохозяйственного предприятия: «Как использовать ИТ-ресурсы наиболее рациональным и эффективным образом?».

Для достижения этой цели был применен следующий подход [7].

1. Приведение бизнес-цели сельскохозяйственного предприятия к соответствующим бизнес-целям методологии СОВИТ5, которые направлены на повышение эффективности, результативности и управляемости ИТ-ресурсов в контексте общей бизнес-стратегии.

2. Определение соответствующих ИТ-целей СОВИТ5, которые направлены на поддержку выбранных бизнес-целей СОВИТ5. Данные ИТ-цели показывают, каким образом ИТ-деятельность должна способствовать достижению поставленных бизнес-целей. Это включает в себя такие аспекты, как улучшение качества ИТ-услуг, обеспечение безопасности данных, повышение производительности и эффективности ИТ-процессов.

3. Идентификация ИТ-процессов СОВИТ5, которые соответствуют выбранным ИТ-целям. ИТ-процессы СОВИТ5 предоставляют практические действия и методы для достижения ИТ-целей. Также они включают в себя управление ресурсами, мониторинг и оценку производительности, управление рисками и соблюдение нормативных требований.

Применение данной методологии позволяет сельскохозяйственному предприятию систематизировать и оптимизировать использование ИТ-ресурсов, обеспечивая их наиболее рациональное и эффективное применение для достижения стратегических бизнес-целей.

В контексте сельского хозяйства, применение методологии СОВИТ5 представляет собой возможность оптимизировать использование информационных технологий для улучшения производственных процессов, управления ресурсами и принятия стратегических решений. Так, например, с помощью СОВИТ5 можно проанализировать эффективность использования ИТ-ресурсов для автоматизации процессов управления почвой и водой, мониторинга погодных условий, управления складскими запасами и механизацией производственных операций [8].

Ниже представлена информация (таблицы), связанная с применением ИТ в сельском хозяйстве, которые выполнены в системе «Управление ИТ-процессами для достижения целей бизнеса» на основе СОВИТ5. В таблице «Бизнес-цели предприятия по СОВИТ5» (рис. 1) релевантность оценивается как важность бизнес-целей для сельскохозяйственного предприятия, где 0/1 – неважно/важно, а вес определяет значимость каждой цели для достижения общей цели предприятия. Рейтинг рассчитывается как произведение релевантности на вес. Данные бизнес-цели СОВИТ5 были выбраны в связи с тем, что они напрямую отражают потребности сельскохозяйственного предприятия с учётом эффективного использования ИТ-ресурсов для достижения своих целей. Таблица 1 «Соответствие бизнес-целей СОВИТ5 и ИТ-целей» отражает важные аспекты сельскохозяйственного предприятия и их соответствующие информационные технологии, необходимые для достижения этих целей. В сельском хозяйстве эффективное использование ИТ-ресурсов может значительно повысить производственную мощность и операционную эффективность.

№ бизнес-цели предприятия	Название бизнес-цели предприятия	Релевантность	Вес	Рейтинг бизнес-цели предприятия
1	Отдача от инвестиций для заинтересованных сторон	1	3	3
2	Портфель конкурентоспособных товаров и услуг	0	1	0
3	Управляемые бизнес-риски (защита активов)	1	3	3
4	Соответствие внешним законам и регулирующим нормам	0	1	0
5	Финансовая прозрачность	0	1	0
6	Клиентоориентированная сервисная культура	0	1	0
7	Непрерывность и доступность бизнес-услуг	0	1	0
8	Гибкая реакция на изменяющиеся условия ведения бизнеса	1	2	2
9	Принятие стратегических решений на основе информации	1	3	3
10	Оптимизация затрат на предоставление услуг	1	3	3
11	Оптимизация функциональности бизнес-процессов	1	2	2
12	Оптимизация затрат бизнес-процессов	0	1	0
13	Управление программами бизнес-изменений	0	1	0
14	Операционная производительность персонала	1	2	2
15	Соблюдение внутренних политик	0	1	0
16	Квалифицированный и мотивированный персонал	0	1	0
17	Культура долгосрочных инноваций продуктов и бизнеса	0	1	0

Рисунок 1 – Таблица «Бизнес-цели предприятия СОВИТ5» с рассчитанными рейтингами

Например, автоматизация процессов управления растениеводством или животноводством, управление ресурсами воды и почвы, а также оптимизация процессов хранения и транспортировки сельскохозяйственной продукции могут быть ключевыми задачами [9, 10]. Таблица 1 связывает бизнес-цели предприятия СОВИТ5 с конкретными ИТ-целями, позволяя определить, какие информационные технологии и системы поддержки необходимы для успешного функционирования сельскохозяйственного предприятия. В таблице расставлены приоритеты: Р – первостепенное значение, S – второстепенное значение.

Таблица 1. «Соответствие бизнес-целей предприятия и ИТ-целей»

	Отдача от инвестиций для заинтересованных сторон	Оптимизация затрат на предоставление услуг	Оптимизация функциональности бизнес-процессов	Операционная производительность персонала	Принятие стратегических решений на основе информации	Гибкая реакция на изменяющиеся условия ведения бизнеса	Управляемые бизнес-риски (защита активов)
Получение выгод от инвестиций с использованием ИТ и портфеля услуг	Р	S					
Прозрачность ИТ-затрат, выгод и рисков	Р	Р					
Оптимизация ИТ-активов, ресурсов и способностей	S	Р					
Обеспечение работы и поддержка бизнес-процессов, путем интеграции приложений и технологий в бизнес-процессы			Р	S			
Адекватное использование приложений, информации и технических решений			Р				
Компетентный и мотивированный персонал ИТ				Р			
Доступность надежной и нужной информации для принятия решений					Р		

Соответствие между ИТ- и бизнес-стратегиями						Р	
Гибкость ИТ							Р
Знания, экспертиза и инициативность для осуществления бизнес-инноваций							Р
Управляемые ИТ-риски							Р
Безопасность информации, обрабатывающей инфраструктуру и приложений							Р

Таблица 2 «Соответствие ИТ-целей COBIT5 и ИТ-процессов COBIT5» отражает важные аспекты сельского хозяйства, которые требуют поддержки информационных технологий для оптимизации процессов и повышения эффективности. Например, в контексте сельского хозяйства, процессы управления ресурсами, мониторинг погодных условий, автоматизация производства, управление складскими запасами и транспортировка продукции могут быть критически важными для успешной деятельности предприятия [10].

В таблице 2 отражены связи конкретных ИТ-целей COBIT5 с соответствующими ИТ-процессами COBIT5, что позволяет определить, какие информационные технологии и процессы поддержки необходимы для реализации каждой ИТ-цели. Например, если одной из ИТ-целей является «Обеспечение работы и поддержка бизнес-процессов, путем интеграции приложений и технологий в бизнес-процессы», то соответствующие ИТ-процессы могут включать «Управление архитектурой предприятия» и «Управление выбором и внедрением решений», что в контексте сельского хозяйства может означать внедрение систем мониторинга и управления ресурсами, такими как системы автоматического полива или мониторинга урожайности.

Таблица 2. «Соответствие бизнес-целей ИТ-целей и ИТ-процессов»

	Получение выгод от инвестиций с использованием ИТ и портфеля услуг	Прозрачность ИТ-задат, выгод и рисков	Оптимизация ИТ-активов, ресурсов и способностей	Обеспечение работы и поддержка бизнес-процессов, путем интеграции приложений и технологий в бизнес-процессы	Адекватное использование приложений, информации и технических решений	Компетентный и мотивированный персонал ИТ	Доступность надежной и нужной информации для принятия решений	Соответствие между ИТ- и бизнес-стратегиями	Гибкость ИТ	Знания, экспертиза и инициативность для осуществления бизнес-инноваций	Управляемые ИТ-риски	Безопасность информации, обрабатывающей инфраструктуру и приложений
Управление архитектурой предприятия				Р								
Управление выбором и внедрением решений				Р	Р							
Обеспечение прозрачности для заинтересованных сторон		Р										Р
Управление бюджетом и затратами		Р										Р
Обеспечение оптимизации ресурсов	S		Р									
Управление активами			S									Р
Управление изменениями									Р			

