



ISSN 2307-2873

Научно-практический
журнал

№4 (44) 2023

ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ
ВЕСТНИК

Научно-практический журнал основан в декабре 2012 г.
Выходит четыре раза в год.
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор).
Регистрационный номер в реестре зарегистрированных СМИ
Роскомнадзора ПИ № ФС77–72617 от 4 апреля 2018 г.

**Включен в Перечень ВАК
и международную базу данных AGRIS**

Учредитель и издатель:
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»,
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23, Россия

Главный редактор:
Ю.Н. Зубарев, д-р с.-х. наук, профессор

Члены редакционного совета:

Э.Д. Акманаев (зам. гл. ред.), канд. с.-х. наук
(г. Пермь, Россия);
Х. Батле-Салес, д-р биологии (г. Валенсия, Испания);
К.М. Габдрахимов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);
В.Д. Галкин, д-р техн. наук (г. Пермь, Россия);
С.Л. Елисеев, (зам гл. ред) д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);
О.З. Еремченко, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);
А.М. Есоян, д-р техн. наук (г. Ереван, Армения);
Н.Н. Зезин, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);
Р.Р. Исмагилов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);
Н.Л. Колясникова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);
Т.Я. Прахова, д-р с.-х. наук (г. Тверь, Россия);
Н.В. Костюченко, акад. АСХН РК, д-р техн. наук
(г. Астана, Казахстан);
Р. Кызылкая, д-р (г. Самсун, Турция);
Л.В. Ляшева, д-р с.-х. наук (г. Тюмень, Россия);
Е.Н. Мартынова, д-р с.-х. наук (Ижевск, Россия);
Т.Ю. Бортник, д-р с.-х. наук (г. Ижевск, Россия);
С.Г. Мударисов, д-р техн. наук (г. Уфа, Россия);
Ф.Ф. Мухамадьяров, д-р техн. наук (г. Киров, Россия);
А.А. Овчинников, д-р с.-х. наук (г. Троицк, Россия);
Л.Ю. Овчинникова, д-р с.-х. наук (г. Троицк, Россия);
Ж.А. Перевойко, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);
М.В. Rogozin, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);
Т.Н. Сивкова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);
В. Спалевич, д-р (г. Подгорица, Черногория);
Л.В. Сычёва, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);
Н.А. Татарникова, д-р ветеринар. наук (г. Пермь, Россия);
Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);
В.И. Титова, д-р с.-х. наук (г. Н. Новгород, Россия);
И.Ш. Фатыхов, д-р с.-х. наук (г. Ижевск, Россия);
Т. Фишер, д-р естеств. наук (г. Бранденбург, Германия);
И.К. Хабиров, д-р биол. наук (г. Уфа, Россия);
В.Г. Черненко, акад. НАН ВШК, д-р с.-х. наук
(г. Астана, Казахстан)

*Директор ИПЦ «Прокростъ» – О.К. Корепанова
Редактор – Е.А. Граевская
Ответственный секретарь – Ю.С. Башкирцева
Перевод – Н.С. Долматова*

Дата выхода в свет – 21.12.2023. Формат 60x84¼. Усл. печ. л. 19,5.
Тираж 100. Заказ № 72. Индекс издания ПК840.
Свободная цена.
Отпечатано в издательско-полиграфическом центре «Прокростъ».
Адрес ИПЦ «Прокростъ» и редакции:
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23.
Тел.: +7 (342) 217-95-42. <http://agrovest.psa.ru>
E-mail: pgshavestnik@mail.ru
© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023

Scientific-practical journal founded in December 2012.
The journal is published quarterly.
Registered by the Federal Legislation Supervision Service in
the sphere of communications, information technologies and
mass communications (Roskomnadzor).
Roskomnadzor's mass media registration certificate number
PI No. FS77-72617 dated April 4, 2018

**Included into the Higher Attestation Commission list
and indexed in the AGRIS international database**

Establisher and publisher:
federal state budgetary educational institution
of higher education
Perm State Agro-Technological University Named after
Academician D.N. Pryanishnikov,
23 Petropavlovskaya, Perm 614990 Russia

Editors-in-Chief:
Iu.N. Zubarev, Dr. Agr. Sci., Professor

Editorial Board:

E.D. Akmanayev, (Deputy Chief Editor), Cand. Agr. Sci.,
(Perm, Russia);
J. Battle-Sales, Dr. (Valencia, Spain);
K.M. Gabdrakhimov, Dr. Agr. Sci. (Ufa, Russia);
V.D. Galkin, Dr. Tech. Sci. (Perm, Russia);
S.L. Eliseev, (Deputy Chief Editor), Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);
O.Z. Eremchenko, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);
A.M. Esoian, Dr. Tech. Sci. (Yerevan, Armenia);
N.N. Zezin, Dr. Agr. Sci. (Yekaterinburg, Russia);
R.R. Ismagilov, Dr. Agr. Sci. (Ufa, Russia);
N.L. Kolyasnikova, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);
T.Ya. Prakhova, Dr. Agr. Sci. (Tver, Russia);
N.V. Kostyuchenkov, Academician of SKATU,
Dr. Tech. Sci. (Astana, Kazakhstan);
R. Kizilkaya, PhD (Samsun, Turkey);
L.V. Lyashcheva, Dr. Agr. Sci. (Tyumen, Russia);
E.N. Martynova, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);
T.Yu. Bortnik, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);
S.G. Mudarisov, Dr. Tech. Sci. (Ufa, Russia);
F.F. Mukhamadiarov, Dr. Tech. Sci. (Kirov, Russia);
A.A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., (Troitsk, Russia);
L.Iu. Ovchinnikova, Dr. Agr. Sci. (Troitsk, Russia);
Zh.A. Perevoiko, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);
M.V. Rogozin, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);
T.N. Sivkova, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);
V. Spalevic, Dr. (Podgorica, Montenegro);
L.V. Sycheva, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);
N.A. Tatarnikova, Dr. Vet. Sci. (Perm, Russia);
N.N. Terinov, Dr. Agr. Sci. (Ekaterinburg, Russia);
V.I. Titova, Dr. Agr. Sci. (Nizhny Novgorod, Russia);
I.Sh. Fatykhov, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);
T. Fischer, Dr. (Brandenburg, Germany);
I. K. Khabirov, Dr. Biol. Sci. (Ufa, Russia);
V.G. Chernenok, Academician of NAHEA SK,
Dr. Agr. Sci. (Astana, Kazakhstan)

*Director of the PPC «Prokrostъ» – O.K. Korepanova
Editor – E.A. Grayevskaya
Senior secretary – Ju.Š. Bashkirtseva
Translation – N.S. Dolmatova*

Signed to print – 21.12.2023. Формат 60x84¼.
Printed sheets 19.5 Ex. 100, Order No. 72. Postcode ПК840.
Unfixed price. Printed at the Publishing and Polygraphic
Center «Prokrostъ».
The PPC «Prokrostъ» and Editorial Department address:
23 Petropavlovskaya, Perm 614990 Russia
Tel.: +7 (342) 217-95-42. <http://agrovest.psa.ru>
E-mail: pgshavestnik@mail.ru
© FSBEI HE Perm State Agro-Technological University, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Галкин В.Д., Галкин А.Д., Хандриков В.А., Кустов А.С. Исследование процесса отделения семян пшеницы от примесей иглопоса с выделением фракции с повышенной натурой при окончательной очистке в вибропнемооживленном слое	4
Демшин С.Л., Сайтов В.Е. Обоснование основных параметров сошниковой группы с пружинным механизмом подвеса сошников	12
АГРОНОМИЯ	
Акманаев Э.Д., Акманаева Ю.А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от способов использования гуминового удобрения ЭКО-СП в Среднем Предуралье	21
Амунова О.С., Волкова Л.В., Харина А.В. Новый сорт мягкой яровой пшеницы Награда для возделывания в Волго-Вятском регионе	27
Бондаренко О.Н., Лаврентьева С.И. Комбинированный метод оптимизации условий ПЦР для скрининга дикой сои	34
Жирных С.С. Влияние нормы высева на урожайность надземной биомассы фацелии в Удмуртской республике	44
Кузнецов И.Ю., Асылбаев И.Г., Севостьянов М.А., Исламгулов Д.Р., Алимгафаров Р.Р. Влияние искусственного почвогрунта с добавлением концентрированного органического удобрения «Дядюшка гумус» на формирование надземной и корневой массы сои	49
Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Влияние минеральных удобрений и условий зон возделывания на зерновую продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы	59
Муратов А.А., Епифанцев В.В., Колесникова Т.П. Влияние протравливания семян на поражение корневыми гнилями и урожайность ярового тритикале	69

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING

Galkin V.D., Galkin A.D., Handrikov V.A., Kustov . Investigation of the settling chamber of the second aspiration of the universal grain heap separator	4
Demshin S.L., Saitov V.E. Justification of the main parameters of the open group with a spring mechanism for suspension of the coulter	12
AGRONOMY	
Akmanaev E. D., Akmanaeva Yu. A. Productivity and quality of spring wheat grain Depending on the methods of using humic fertilizer ECO-SP in the Middle Preduralie	21
Amunova O.S., Volkova L.V., Kharina A.V. A new variety of soft spring wheat Nagrada for cultivation in the Volga-Vyatka region	27
Bondarenko O.N., Lavrent'yeva S.I. Combined method of optimization of PCR conditions for wild soybean screening	34
Zhirnyh S. S. Influence of the seeding rate on the productivity of above-ground phacelia biomass in the Udmurt republic	44
Kuznetsov I.Yu., Asylbayev I.G., Sevostyanov M.A., Islamgulov D.R., Alimgafarov R.R. The influence of artificial soil with the addition of concentrated organic fertilizer "Uncle humus" on the formation of aboveground and root weight of soybeans	49
Malkanduev H.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.H. Influence of mineral nutrition and cultivating conditions on grain productivity and grain quality of winter wheat	59
Muratov A.A., Epifantsev V.V., Kolesnikova T.P. The impact of seed preparation on root rot diseases and yield of spring triticale	69

Слепнева Т.Н. Эвридика – новый сорт сливы для Уральского региона.....	74	Slepneva T.N. Evridika – a new plum variety for the Urals.....	74
Щеклеина Л.М., Харина А.В. Искусственный инфекционный фон с использованием местной популяции гриба <i>Claviceps purpurea</i> (fr.) tul.....	83	Shechkleina L. M., Kharina A. V. Artificial infection background with the use of local population of the fungus <i>Claviceps purpurea</i> (fr.) tul.....	83
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ		ZOOTECHNY AND VETERINARY	
Балькина А.Б., Зайцев К.А., Мурыгин В.П., Никонов И.Н., Кабанова А.А. Модель оценки действия минерального природного адаптогена на цыплятах SPF	91	Balykina A.B., Zaitsev K.A., Murygin V.P., Nikonov I.N., Kabanova A.A. Model for assessing the effect of a mineral natural adaptogen on SPF chickens.....	91
Герасимов Н.П. Оценка продуктивных качеств и эффективности выращивания молодняка казахской белоголовой породы в зависимости от генотипа по генам GH и GHR.....	95	Gerasimov N.P. Evaluation of the productive traits and growing efficiency in young kazakh white-headed animals depending on the genotype for GH and GHR genes.....	95
Гертман А.М., Максимович Д.М. Способы лечения микроэлементозов молочных коров, и ветеринарно-санитарная оценка молока в условиях биогеохимической провинции Южного Урала.....	101	Gertman A.M., Maksimovich D.M. Approaches for treating microelementoses of dairy cows and veterinary and sanitary evaluation of milk in the conditions of a biogeochemical province of the South Ural.....	101
Малков С.В., Опарина О.Ю., Красноперов А.С., Черницкий А.Е. Изучение токсичности добавки кормовой «БиоАксель» на лабораторных животных.....	107	Malkov S.V., Oparina O.Yu., Krasnoperov A.S., Chernitsky A.E. The study of toxicity of the feed additive "BioAxel" on laboratory animals.....	107
Негодных Д.А., Новикова О.В., Татарникова Н.А., Понятов М.П. Иммуногистохимическое исследование при лимфоидной нозологии кожи и тонкого отдела кишечника.....	114	Negodnyh D. A., Novikova O. V., Tatarnikova N. A., Ponyatov M. P. Immunohistochemical examination of lymphoid nosology of the skin and small intestine.....	114
Плешакова В.И., Лоренгель Т.И., Кошкин И.Н., Ручко Е.Н. Антибиотикорезистентность бактерий семейства Enterobactriaceae и Staphylococcaceae, выделенных из фекальных проб зоопарковых и диких животных.....	121	Pleshakova V.I., Lorengel T.I., Koshkin I.N., Ruchko E.N. Antibiotic resistance of bacteria of the Enterobactriaceae and Staphylococcaceae families isolated from faecal samples of zoo and wild animals.....	121
Смирнова Ю.М., Платонов А.В., Сурначева С.В., Хоштария Е.Е. Проявление пищевых и продуктивных признаков коров при включении в рацион пробиотиков.....	128	Smirnova Yu.M., Platonov A.V., Surnacheva S.V., Khoshtaria E.E. Manifestation of nutritional and productive features of cows with the inclusion of probiotics in the diet.....	128
Файзуллин Р.А., Сайфутдинов М.Р. Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы линии Алангасара 114 и Алангасара 115.....	134	Fayzullin R.A., Sayfutdinov M.R. The reproductive qualities of the sows of the large white breed of the lines Alangasara 114 and Alangasara 115.....	134
Харламов А.В., Фролов А.Н., Панин В.А. Выявление особенностей элементного статуса коз оренбургской породы в зависимости от их продуктивных качеств.....	142	Kharlamov A.V., Frolov A.N., Panin V.A. Identification of the features of the elemental status of orenburg breed goats depending on their productive qualities.....	142
Юнусова О.Ю., Сычева Л.В. Химический состав мяса цыплят-бройлеров при потреблении кормовой добавки гуминовой природы.....	149	Yunusova O.Yu., Sycheva L.V. Chemical composition of broiler chicken meat after application of a humic feed additive.....	149

Научная статья

УДК 631.362

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ОТ ПРИМЕСЕЙ ИГИЛОПСА С ВЫДЕЛЕНИЕМ ФРАКЦИИ С ПОВЫШЕННОЙ НАТУРОЙ ПРИ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКЕ В ВИБРОПНЕМООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

©2023. Василий Дмитриевич Галкин¹, Александр Дмитриевич Галкин², Виктор
Анатольевич Хандриков³, Андрей Сергеевич Кустов⁴

^{1,3,4}Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н.

Прянишникова, Пермь, Россия

²Техноград, Пермский край, с. Лобаново, Россия

¹shm@pgatu.ru

²manager@agrometall.ru

Аннотация. Исследования проведены в ООО «Техноград» Пермского края на пневмосортировальном столе оригинальной конструкции на семенах пшеницы урожая 2023 года, выращенной в Ставропольском крае и прошедшей очистку на воздушно-решетной зерноочистительной машине. Средние значения свойств семян пшеницы составляли: влажность – 13,9%, натура – 736 г/дм³, содержание трудноотделимой примеси семян игилопса – 136 шт./кг с натурой 430 г/дм³. Целью исследований является определение режимов очистки пшеницы от семян игилопса с одновременным выделением фракции пшеницы с повышенной натурой в вибропневмоожиженном слое. Среднее значение удельной нагрузки на деку составляло 6,36 т/(ч·м²). В процессе опытов изменяли частоту колебаний деки и угол продольного её наклона при поперечном угле деки равном 0°. Даны рекомендации по настройке машины, обеспечивающие выделение не менее 90% семян игилопса из основной фракции, составляющей до 35%, со средним значением натуры до 760 г/дм³ при допустимых потерях семян в отходы. Промежуточную фракцию, с засоренностью ниже исходного материала и натурой ниже основной фракции, целесообразно обработать отдельно или в потоке с её рециркуляцией на двухдековом пневмосортировальном столе.

Ключевые слова: семена пшеницы, игилопс, вибропневмоожиженный слой, режимы, очистка, сортирование, натура, оценки

Введение. В последние годы возникла проблема отделения семян игилопса цилиндрического из озимой пшеницы, выращиваемой в южных регионах страны. Наряду с использованием мероприятий по защите растений, семена этого сорняка приходится отделять при послеуборочной обработке урожая. В связи с тем, что по толщине и ширине кривые плотности вероятности семян игилопса и пшеницы практически совпадают, а по длине – частично перекрываются, то доведение семян до требуемой чистоты осуществляют при окончательной очистке на фотосепараторах и

пневмосортировальных столах. Однако используемые машины, в частности, пневмосортировальные столы, имеют высокую удельную энергоёмкость и стоимость, а фотосепараторы, отделяющие примеси по цвету, не способны проводить сортирование по удельной массе семян или их натуре. В этой связи, их применение, в частности, для получения репродукционного посевного материала категорий РС и РСт, является не эффективным по причине высоких затрат на приобретение машин или использование услуг предприятий, имеющих эти технические средства (табл. 1). Поэтому разработка и

использование технических средств, снижающих затраты на получение семенного материала требуемого качества по засоренности, и способных выделять фракцию

семян с повышенной натурой, высев которой приводит к увеличению урожайности, является важной и актуальной задачей [1-15].

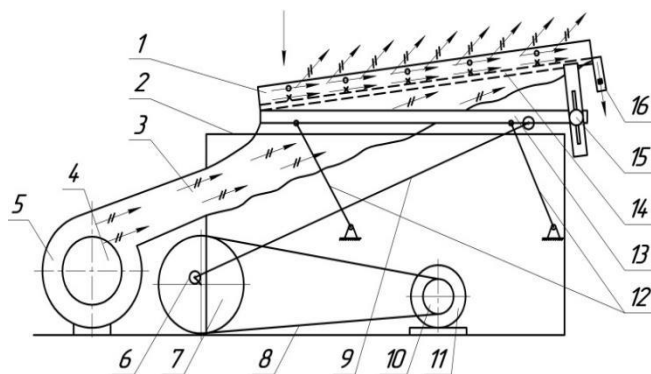
Таблица 1

Характеристики машин окончательной очистки в вибропневмооживленном слое производительностью 1,0 – 3,0 т/ч

	Показатели	Машины окончательной очистки			
		ПСС-1 (Россия)	KD-120 (Германия)	КА-1500 (Дания)	DGS13 (Швеция)
1	Производительность, т/ч	1	3	2,1	2
2	Установленная мощность, кВт	3,75	12,55	8,25	6,0
3	Масса, кг	700	1300	1000	1000
4	Площадь деки, м ²	0,46	2,76	0,80	1,3
5	Удельная энергоёмкость, кВт*ч/т	3,75	4,18	3,92	3,0
6	Удельная производительность, кг/с*м ²	0,60	0,30	0,73	0,43
7	Удельная металлоёмкость, кг*ч/т	700	433	476	500

Целью исследований является определение режимов очистки пшеницы от семян игилопса с одновременным выделением фракции пшеницы с повышенной натурой в вибропневмооживленном слое.

Методика. Опыты проведены в ООО «Техноград» Пермского края на опытном образце машины [1] (рис.1), а их условия представлены в таблице 2.



а

б

Рис.1. Схема пневмосортировального стола (а), опытный образец машины-(б)
 1 – дека машины с приёмниками семян 16; 2 – рама; 3 – воздушный канал; 4 – воздухозаборник вентилятора 5; 6 – эксцентриковый вал со шкивом 7, приводимый во вращение ремнем 8 ; шкив 10 с двигателем 11; шатун 9, приводящий в колебательное движение рамку 13, установленную на стойках 12; 15 – устройство регулирования наклона деки с воздуховыравнивающей поверхностью

Fig. 1. Diagram of a pneumatic sorting table (a), prototype of the machine (b)
 1 – machine deck with seed receivers 16; 2 – frame; 3 – air channel; 4 – fan intake 5; 6 – eccentric shaft with pulley 7, driven by belt 8; 10 – pulley with motor 11; 9 - connecting rod setting into swinging motion frame 13 mounted on racks 12; 15 – device for adjusting the inclination of the deck with an air-leveling surface

Условия проведения опытов, параметры, режимы и оценки

Условия проведения опытов	Параметры и режимы	Оценки работы машины
Среднее значение натуре семян игилопса 430 г/дм ³ и пшеницы урожая 2023 года, убранной в Сваропольском крае и прошедшей очистку на воздушно-решетной машине – 736,0 г/дм ³ ; среднее значение влажности семян пшеницы - 13,9%.	Среднее значение расходной характеристики семян пшеницы, поступающей на деку - 1717 кг/ч; Углы продольного наклона деки 3 ⁰ , 5 ⁰ , 7 ⁰ , поперечного 0 ⁰ ; диапазон скорости воздуха над движущимися семенами по деке в зоне её расслоения 1,0-1,2 м/с; частоты колебаний деки 0,27 м ² -435, 455, 475 мин ⁻¹ ; мощности двигателей, 3,75 кВт.	Средние значения степени отделения семян игилопса из основной и промежуточной фракций пшеницы, %; средние значения выхода основной фракции семян пшеницы, %; среднее значение потерь семян в отходы, %; Средние значения натуре основной и промежуточной фракции семян, г/дм ³ ;

При проведении опытов использовали: весы МК-6.2-А20, влагомер зерна «Фауна М», литровую пурку ПХ-1, термоанемометр Testo 417.

В процессе исследований реализован 2-х факторный эксперимент, включающий 9 опытов, проведенных с трехкратной повторностью каждый, при удельной

производительности машины 6,36 т/(ч·м²). В опытах изменяли угол продольного наклона деки и частоту ее колебаний. Факторы и их численные значения на нижнем, среднем и верхнем уровнях приняты по результатам ранее проведенных экспериментов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Факторы и их численные значения на нижнем, среднем и верхнем уровнях

Наименование факторов и единицы измерения	Обозначение факторов	Нижний уровень	Средний уровень	Верхний уровень
Угол продольного наклона деки, град.	X ₁	3	5	7
Частота колебаний деки, мин ⁻¹	X ₂	435	455	475

В качестве оценок работы машины служили: Y₁ – степень отделения семян игилопса из основной фракции, Y₂ – расходная характеристика основной фракции, в %, Y₃ – расходная характеристика промежуточной фракции, в %, Y₄ – потери семян основной культуры в отходы, Y₅ и Y₆ – натура основной и промежуточной фракций семян пшеницы.

Каждый опыт проводили в следующей последовательности. Включали двигатели привода деки и вентилятора и открывали подачу семян. Настраивали заслонкой входного окна вентилятора скорость воздушного потока, которую контролировали анемометром в пределах 1,0...1,2 м/с. На установившемся режиме работы в течение 10 секунд отбирали одновременно семена основной фракции, промежуточной и отходов. После взвешивания определяли расходные характеристики каждой фракции в процентах от подачи, засоренность в шт./кг, степень отделения семян игилопса и натуре.

Результаты. На рисунках 2-7 помещены уравнения, полученные при обработке

результатов экспериментов с использованием программы Statgraphics Plus 3.0, описывающие закономерности изменения оценок работы машины, в зависимости от её режимов и их графическая интерпретация.

Анализируя полученные результаты (рис.2-7) опытов, при допустимых потерях семян в отходы (рис.5), из 6 критериев оценки работы машины основными следует считать: степень отделения семян игилопса из основной фракции, выход и натура этой фракции. В соответствии с этими критериями рациональными параметрами очистки семян от игилопса и выделения фракции с повышенной натурой для условий проведенного эксперимента являются: угол продольного наклона деки 5⁰ при поперечном её угле, равным 0⁰, а частота её колебаний 455 мин⁻¹. Эти режимы работы машины обеспечивают степень отделения семян игилопса 90-92%, увеличение натуре семян до 760-761 г/дм³ выделенной основной фракции 33-35 %.

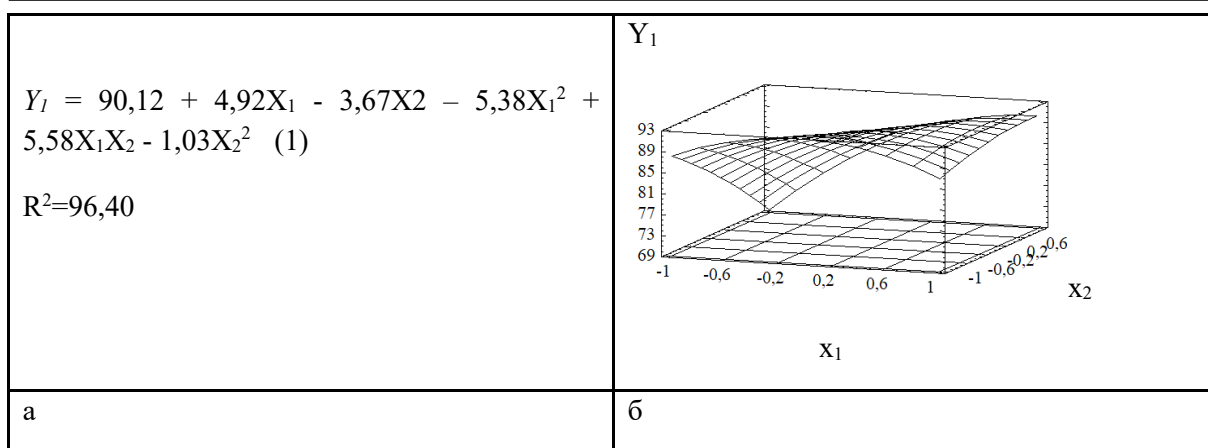


Рис. 2. Уравнение регрессии -а и графическая интерпретация -б изменения степени отделения семян игилопса из основной фракции пшеницы
 Fig. 2. Regression equation - a and graphical interpretation - b of changes in the degree of separation of goat grass seeds from the main wheat fraction

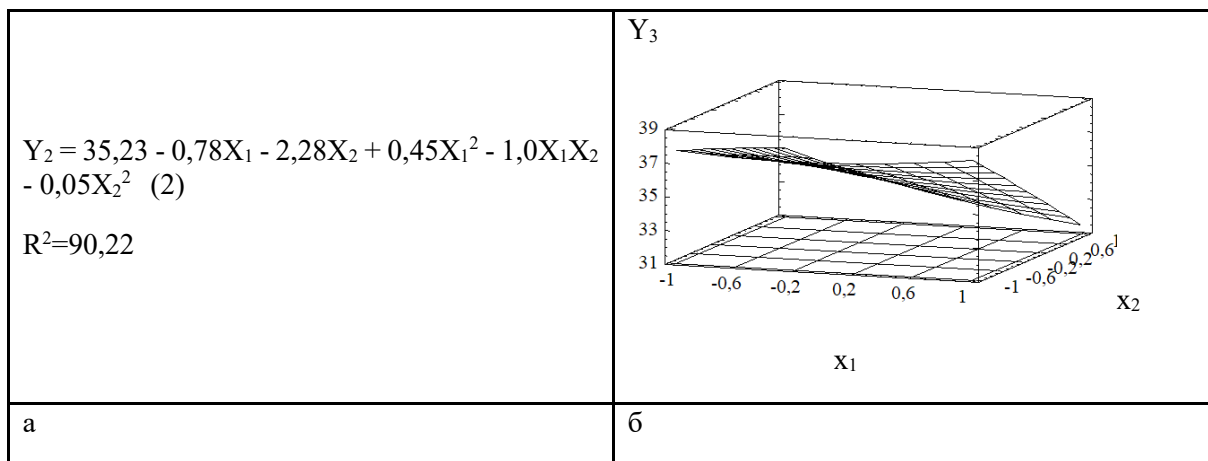


Рис. 3. Уравнение регрессии -а и графическая интерпретация -б изменения выхода в % семян пшеницы основной фракции
 Fig. 3. Regression equation – a and graphical interpretation – b of changes in yield of wheat seeds of the main fraction (%)

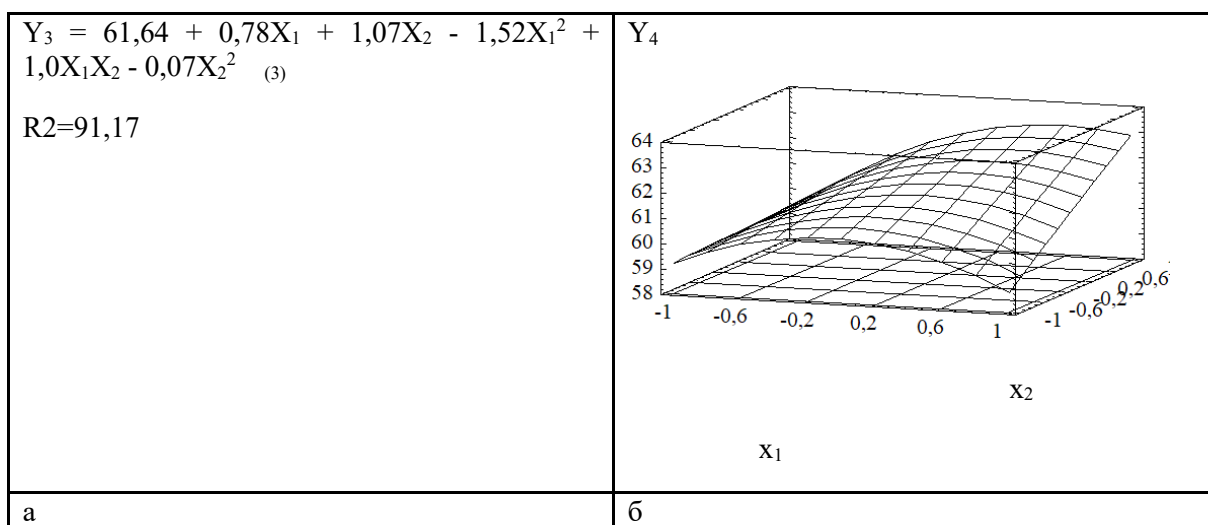


Рис. 4. Уравнение регрессии -а и графическая интерпретация -б изменения выхода в % семян пшеницы промежуточной фракции
 Fig. 4. Regression equation – a and graphical interpretation – b of the yield change of wheat seeds of the intermediate fraction (%)

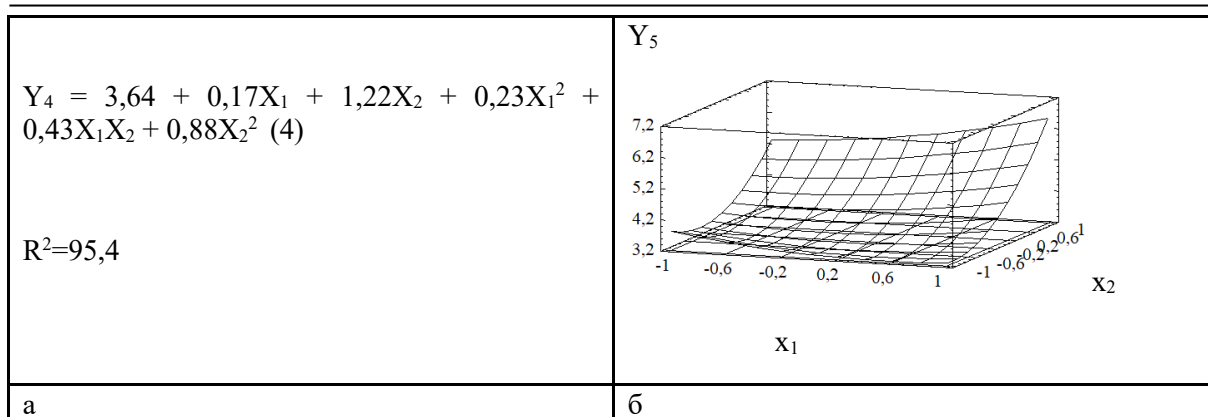


Рис. 5. Уравнение регрессии -а и графическая интерпретация -б изменения потерь в % семян пшеницы в отходы

Fig. 5. Regression equation - a and graphical interpretation - b of changes in losses of wheat seeds to waste (%)

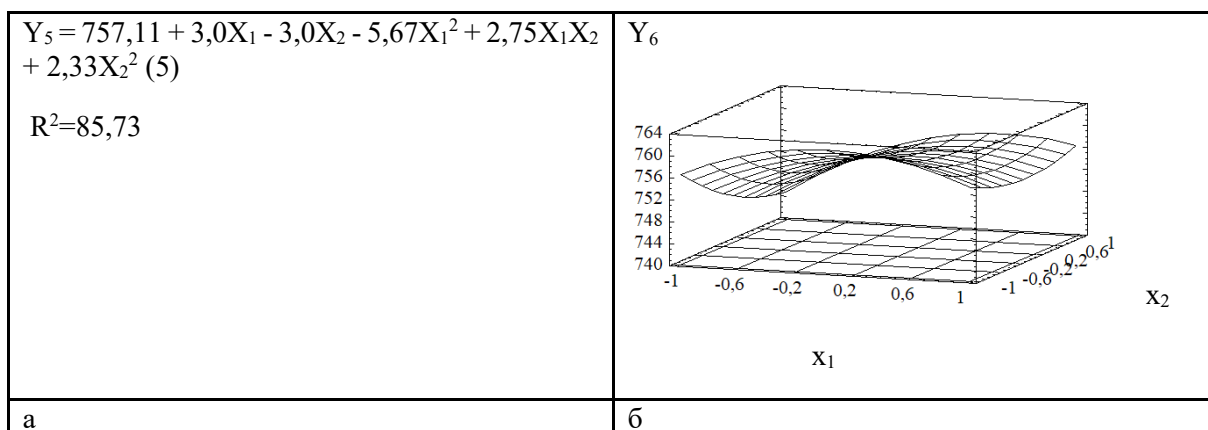


Рис. 6. Уравнение регрессии -а и графическая интерпретация -б изменения натуре в г/дм³ основной фракции семян пшеницы

Fig. 6. Regression equation - a and graphical interpretation - b of changes in bushel weight of the main fraction of wheat seeds (g/dm³)

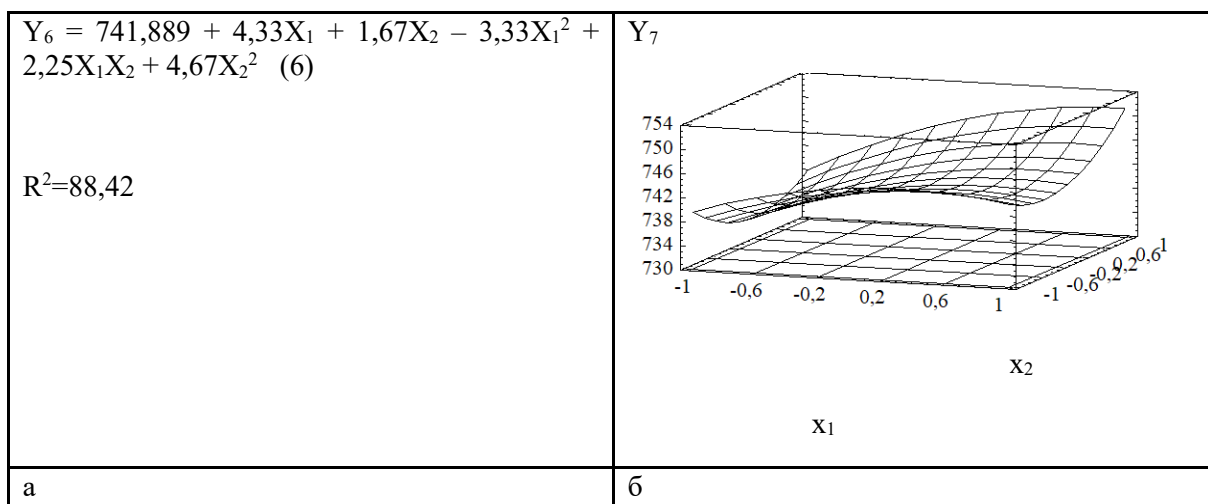


Рис. 7. Уравнение регрессии -а и графическая интерпретация -б изменения натуре в г/дм³ промежуточной фракции семян пшеницы

Fig. 7. Regression equation - a and graphical interpretation - b of changes in bushel weight of the intermediate fraction of wheat seeds (g/dm³)

Вывод. Окончательная очистка семян пшеницы от семян игилопса после обработки комбайнового вороха на воздушно-решетных машинах и триерах на модернизированном пневмосортировальном столе при удельной нагрузке семян на деку - $6,36 \text{ т}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$, со средними значениями натуре $736 \text{ г}/\text{дм}^3$, при содержании трудноотделимой примеси семян игилопса $136 \text{ шт.}/\text{кг}$ с натурой $430 \text{ г}/\text{дм}^3$ обеспечивает степень отделения семян игилопса $90-92\%$, увеличение натуре семян до $760-761 \text{ г}/\text{дм}^3$ выделенной основной фракции $33-35\%$ при угле продольного наклона деки -

5° при поперечном, равным 0° , частоте её колебаний 455 мин^{-1} и скорости наклонного воздушного потока $1,0-1,2 \text{ м}/\text{с}$ над слоем семян в зоне расслоения деки. При этом удельная энергоёмкость (без второго вентилятора) модернизированного пневмосортировального стола составила $2,32 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{т}$, а металлоёмкость не превысила $200 \text{ кг} \cdot \text{ч}/\text{т}$. Промежуточную фракцию, с засоренностью ниже исходного материала и натурой ниже основной фракции, целесообразно обработать отдельно или в потоке с её рециркуляцией на двухдековом пневмосортировальном столе.

Список источников

1. Галкин В.Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян: монография / В.Д. Галкин, А.Д. Галкин; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. 234 с.
2. Майсурия Н.А. Биологические основы сортирования семян по удельному весу // Тр. ТСХА. Вып.3. М.: Изд.ТСХА, 1947. С. 12-20 с.
3. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация. Изд. 2-е перер. и доп. М.: Изд. Машгиз, 1961. 246 с.
4. Дринча В.М., Борисенко И.Б. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов // Научно-практический журнал НВ НИИСХ, №2 (83), 2008. С. 33-35.
5. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. Воронеж. Изд-во НПО «МОДЭК», 2006. 384 с.
6. Поздняков В.М., Зеленко С.А. Экспериментальные исследования влияния скорости воздушного потока на эффективность сортирования зернового материала в установках вибропневматического принципа действия // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции. Минск, 23-24 октября 2014 г. В 2 ч. Ч. 1 / редкол.: И. Н. Шило [и др.]. Минск : Изд-во БГАТУ, 2014. С. 208-210.
7. Тарасенко А.П., Орбинский В.И., Мироненко Д.Н. Качество очистки семян на пневмосортировальных столах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. №3. С. 10-11.
8. Бортников А.И., Шафоростов В.Д. Определение формы деки пневмосортировального стола // Бюллетень научно-технической информации по масличным культурам ВНИИМК. Вып. №30. Краснодар: Изд-во ВНИИМК, 1980. С. 36-43.
9. Корн А.М. ВИМ: от ручной веялки до зернообрабатывающего завода—развитие и реализация технической мысли по зерноочистке. М.: Изд-во ВИМ. 2006. .
10. Космовский Ю.А. Сепарация зернового материала на пневматических сортировальных столах // Труды ВИМ. Т.74. Изд-во М.: Изд-во ВИМ, 1977. С.122-129.
11. Vladimir Pozdnyakov, Sergei Zelenko (2013), The mathematical description of grain weight with gravity separator s constructive elements, Ukrainian Food Journal, 2(2), pp. 221-229.
12. Marian Panasiewicz, Pawel Sobczak, Jacek Mazur, Kazimierz Zawislak, Dariusz Andrejko (2012), The technique and analy of the process of separation and cleaning grain materials, Journal of Food Engineering, 109 (3), pp. 603-608.
13. Orobinsky V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A., Gievsky A.M. Two-aspiration air-sieve grain cleaning machines of new generation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Volume 954, 012056. DOI:10.1088/1755-1315/954/1/012056.
14. Cimbria Manufacturing A/S [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (дата обращения: 17.02.2023).
15. PETKUS Technologie GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (дата обращения: 17.02.2023).

INVESTIGATION OF THE SEPARATION PROCESS OF WHEAT SEEDS FROM GOAT GRASS IMPURITIES WITH THE SEPARATION OF A FRACTION WITH INCREASED BUSHEL WEIGHT DURING FINAL CLEANING IN THE VIBRO-PNEUMO-FLUIDIZED BED

©2023.Vasily Dmitrievich Galkin¹, Alexander Dmitrievich Galkin², Viktor Anatolyevich Handrikov³, Andrey Sergeevich Kustov⁴

^{1,3,4}Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N.Pryanishnikov, Perm, Russia

²Technograd Limited Liability Company, Lobanovo, Perm Krai, Russia

¹shm@pgatu.ru

²manager@agrometall.ru

Abstract. The research was carried out in Technograd LLC of the Perm Region on a pneumatic sorting table of the original design on wheat seeds of the 2023 harvest grown in the Stavropol Kray and cleaned on an air-sieve grain cleaning machine. The average values of the properties of wheat seeds were: humidity – 13.9%, bushel weight - 736 g/dm³, content of the hard-separable goat grass impurity - 136 pcs./kg with the bushel weight 430 g/dm³. The purpose of the research is to determine the modes of cleaning wheat from goat grass seeds with simultaneous separation of the wheat fraction with increased bushel weight in a vibro-pneumo-fluidized bed. The average value of the specific load on the deck was 6.36 t/(h·m²). During the experiments, the frequency of vibrations of the deck and the angle of its longitudinal inclination were changed with a transverse angle of the deck equal to 0°. Recommendations are given for setting up the machine, ensuring the separation of at least 90% of goat grass seeds from the main fraction, which is up to 35% with an average value of bushel weight up to 760 g/dm³ with acceptable seed losses to waste. The intermediate fraction, with the content of impurities less than in the starting material and bushel weight less than in the main fraction, should be processed separately or in a stream with its recirculation on a two-decked pneumatic sorting table.

Key words: wheat seeds, goat grass, vibro-pneumo-fluidized bed, modes, cleaning, sorting, bushel weight, evaluation

References

1. Galkin V.D. Tehnologii, mashiny i agregaty posleuborochnoj obrabotki zerna i podgotovki semjan: monografiya (Technologies, machines and aggregates of post-harvesting grain processing and seed preparation: monograph) / V.D.Galkin, A.D.Galkin; Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Agrarian Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov". Perm: CPI "Prokrost", 2021 – 234 p.
2. Mysuryan N.A. Biologicheskie osnovy sortirovaniya semjan po udel'nomu vesu (Biological bases of seed sorting by the specific weight) // Tr. TSKhA, issue 3 –M.: Publishing house of TSKhA, 1947. pp.12-20s.
3. Gladkov N.G. Zernoochistitel'nye mashiny. Konstrukcija, raschet, proektirovanie i jekspluatacija (Grain cleaning machines. Construction, calculation, design and maintenance). Ed. 2nd edition.and additional M.: Mashgiz Publishing House, 1961. 246c.
4. Drincha, V.M. Primenenie i funkcional'nye vozmozhnosti pnevmosortiroval'nyh stolov (Application and functionality of pneumatic sorting tables) / V.M.Drincha, I.B. Borisenko // Scientific and Practical Journal of NV NIISH, No.2 (83), 2008. pp.33-35.
5. Drincha, V.M. Issledovanie separacii semjan i razrabotka mashinnyh tehnologij ih podgotovki (Research on seed separation and development of machine technologies for their preparation). Voronezh. Publishing house of NPO MODEK, 2006. 384c.
6. Pozdnyakov, V.M. Jeksperimental'nye issledovaniya vlijaniya skorosti vozdušnogo potoka na jeffektivnost' sortirovaniya zernovogo materiala v ustanovkah vibropnevmaticheskogo principa dejstvija (Experimental studies of the effect of air flow velocity on the efficiency of sorting of grain material in machines with the vibropneumatic principle of action) / V.M.Pozdnyakov, S.A.Zelenko, S.A. Technical and personnel support of innovative technologies in agriculture: materials of the International Scientific and Practical Conference. Minsk, October 23-24, 2014 At 2 p.m. 1 / editorial board: I. N. Shilo [et al.]. – Minsk: Publishing House of BGATU, 2014. Pp. 208-210.
7. Tarasenko A. P. Kachestvo oчитki semjan na pnevmosortiroval'nyh stolah (The quality of seed cleaning on pneumatic sorting tables) / A.P.Tarasenko, V.I.Orobinsky, D.N. Mironenko// Mechanization and electrification of agriculture. 2009. No. 3. Pp. 10-11.

8. Bortnikov A.I. Opredelenie formy deki pnevmosortiroval'nogo stola (Determination of the shape of the deck of the pneumatic sorting table) / A.I. Bortnikov, V.D. Shaforostov // Bulletin of scientific and technical information on oilseeds of VNIIMK, issue No. 30–Krasnodar: Publishing House of VNIIMK, 1980. pp. 36–43.

9. Korn, A.M. VIM: ot ruchnoj vejalki do zernoobrabatyvayushhego zavoda — razvitie i realizacija tehnichej mysli po zernochistke (VIM: from manual corn van to grain processing plant - development and implementation of technical thought on grain cleaning). M.: Publishing house VIM. 2006. 72p.

10. Kosmovsky, Yu.A. Separation of grain material on pneumatic sorting tables. / Yu.A. Kosmovsky // Proceedings VIM. T.74. Publishing house M.: Publishing House VIM, 1977. P.122-129.

11. Vladimir Pozdnyakov, Sergei Zelenko (2013), The mathematical description of grain weight with gravity separator s constructive elements, Ukrainian Food Journal, 2(2), pp. 221-229.

12. Marian Panasiewicz, Pawel Sobczak, Jacek Mazur, Kazimierz Zawislak, Dariusz Andrejko (2012), The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials, Journal of Food Engineering, 109 (3), pp. 603-608.

13. Orobinsky V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A., Gievsky A.M. Two-aspiration air-sieve grain cleaning machines of new generation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Volume 954, 012056. DOI:10.1088/1755-1315/954/1/012056.

14. CimbriaManufacturingA/S [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (дата обращения: 17.02.2023).

15. PETKUSTechnologieGmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (дата обращения: 17.02.2023).

Сведения об авторах

В.Д. Галкин¹ – д-р техн. наук, профессор;

А.Д. Галкин² - д-р техн. наук;

В.А. Хандриков³ – канд. техн. наук, доцент;

А.С. Кустов⁴ – аспирант.

^{1,3,4}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», Пермь, Россия, 614025

²Общество с ограниченной ответственностью «Техноград», Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Центральная, 120а, 614532

¹shm@pgatu.ru

²manager@agrometall.ru

Information about the author

V. D. Galkin¹ – Dr. Tech. Sci., Professor;

A. D. Galkin² - Dr. Tech. Sci.;

V. A. Handrikov³ - Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

A. S. Kustov⁴ - Postgraduate Student.

^{1,3,4}Federal State Budgetary Educational Institution "Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N.Pryanishnikov", Perm, Russia, 614025

²Technograd Limited Liability Company, 120a, Tsentralnaya St., Lobanovo, Perm district, Perm Krai, 614532, Russia

¹shm@pgatu.ru

²manager@agrometall.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 05.11.2023; одобрена после рецензирования 14.11.2023; принята к публикации 20.11.2023

The article was submitted 05.11.2023; approved after reviewing 14.11.2023; accepted for publication 20.11.2023

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКОВОЙ ГРУППЫ С ПРУЖИННЫМ МЕХАНИЗМОМ ПОДВЕСА СОШНИКОВ

©2023. Сергей Леонидович Демшин¹, Виктор Ефимович Сaitов^{2✉}

^{1,2}Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,

Киров, Россия

² vicsait-valita@e-kirov.ru

Аннотация. Использование в качестве базы почвообрабатывающе-посевого агрегата ротационного рыхлителя позволяет снизить энергоёмкость и повысить качество обработки почвы при компактном исполнении почвообрабатывающей части, что позволяет использовать в качестве механизма подвеса килевидных сошников прицепы пружин кручения. На стадии проектирования сошниковой группы необходимо знать диапазон параметров и режимов работы пружинного механизма подвеса килевидных сошников, при которых качество бороздообразования соответствует области оптимальных значений. Теоретические исследования устойчивости движения килевидного сошника на пружинном механизме подвеса выявили область оптимальных параметров: жесткость пружины кручения подвеса $c = 220...230$ Н/рад, начальный угол установки поводков $\alpha_k = 50...55^\circ$, длина поводка $l = 0,22...0,25$ м, при которых время возвращения сошника в зону допустимых значений глубины обработки минимально. Экспериментально изучено влияние угла установки τ килевидного сошника на качество и тяговое сопротивление бороздообразования. Выявлен диапазон оптимальных значений угла наклона килевидного сошника, составляющий $\tau = 120...125^\circ$, при котором обеспечивается минимальная гребнистость почвы в междурядьях и отсутствие выноса почвы далее 75 мм от оси борозды, что позволяет использовать, при глубине бороздообразования до 60 мм и скорости менее 2,7 м/с, в конструкции агрегата однорядную схему размещения сошников килевидного типа с междурядьем 0,15 м. В результате исследования разработан навесной почвообрабатывающе-посевной агрегат для агрегатирования с тракторами тяговых классов 14 и 20 кН, в основе почвообрабатывающей части которого использован ротационный рыхлитель, а посевная часть выполнена в виде сошниковых групп с пружинным механизмом подвеса килевидных сошников.

Ключевые слова: почвообрабатывающе-посевной агрегат, сошниковая группа, килевидный сошник, пружинный механизм подвеса сошника

Введение. Для растениеводства одним из ключевых моментов возделывания сельскохозяйственных культур является предпосевная обработка почвы и посев семян. Качественное и своевременное выполнение этих технологических операций во многом определяет дальнейшее развитие и продуктивность возделываемых культур [1, 2, 3].

Основным достоинством применения почвообрабатывающе-посевных агрегатов, выполняющих комплекс операций, является исключение неблагоприятного разрыва по времени между обработкой почвы и посевом [4, 5, 6]. Несмотря на то, что данная техника в последние годы получила широкое распространение и имеет большое

разнообразие машин с широким спектром комбинаций рабочих органов, значительная часть её обладает рядом общих недостатков: неоправданно завышенная длина при небольшой ширине захвата, высокие удельная металлоёмкость конструкции и энергоёмкость обработки почвы и посева [7, 8]. Это обуславливает их агрегатирование с тракторами высоких тяговых классов, что повышает негативное воздействие на почву и ограничивает применение на небольших участках с неровным рельефом. Одним из решений вопроса является отказ от необоснованного увеличения числа последовательно расположенных на раме агрегата пассивных почвообрабатывающих

рабочих органов и замена большей их части на ротационные органы в виде полевых фрез.

Особый интерес представляет применение в агроландшафтных условиях Евро-Северо-Востока РФ бесприводных ротационных рыхлителей, так как они превосходят агрегаты с пассивными рабочими органами по качеству обработки почвы, также имеют большую производительность при меньшей энергоёмкости, затрачиваемой на обработку почвы [9, 10].

Оборудование посевной частью ротационных рыхлителей, таких как Dyna-Drive (Bomford, UK), РИП-4,0 и РБР-4А (ОАО ВИСХОМ, СССР), УРМ-4 («Наманганагромаш», Узбекистан) [11, 12, 13, 14], помимо расширения технологических возможностей машины увеличивает ее вес, что положительно влияет на стабильность заглубления приводного ротора рыхлителя. Основной проблемой является размещение сошниковой группы, конструкция которой должна обладать высокой компактностью при сохранении высокого качества бороздообразования и заделки семян. Анализ исследований почвообрабатывающих рабочих органов выявил преимущество их установки на подвесах с подпружиненным механизмом или на упругих стойках [15, 16, 17].

Цель исследования – обоснование основных параметров сошниковой группы с пружинным механизмом подвеса почвообрабатывающе-посевного агрегата на базе ротационного рыхлителя.

Методика. Предложена технологическая схема почвообрабатывающе-посевного агрегата на базе бесприводного ротационного рыхлителя [18, 19], который выполняет полосовое рыхление приводным ротором, культивацию стрельчатыми лапами, фрезерование верхнего слоя почвы измельчающим ротором с Г-образными ножами и уплотнение почвы прутковым катком. Основой посевной части агрегата является рядовая зернотуковая сеялка с сошниковой группой из килевидных

сошников, установленных в один ряд на пружинной системе подвеса.

При движении агрегата ротационный рыхлитель преобразует усилие тяги трактора во вращение измельчающего ротора, причем его большая часть расходуется на рыхление почвы, так как почвозацепы приводного ротора проворачиваются в почве со скольжением, нарушая ее целостность, снижая энергозатраты на последующую обработку почвы. Последовательность технологических операций обуславливает высокую интенсивность и качество обработки почвы, что гарантирует достаточно выровненную поверхность поля, позволяющую использовать в качестве поводков механизма подвеса килевидных сошников прицепы пружин кручения. Выполнение механизма подвеса радиального типа на базе пружин кручения существенно уменьшило массу и габариты сошниковой группы, что обеспечило ее максимальную компактность при сохранении основных функций по копированию рельефа поверхности и предохранению от поломки при встрече сошников с препятствием.

При проектировании сошниковой группы с однорядным размещением килевидных сошников необходимо определить оптимальные параметры и режимы работы пружинного механизма подвеса сошников. Анализ научных трудов по устойчивости движения рабочих органов СХМ показал, что качество обработки почвы и посева во многом зависит от времени, которое необходимо механической системе для возврата движения рабочих органов в зону пределов отклонения, допускаемых агротехническими требованиями [20].

К основным параметрам сошниковой группы следует отнести жесткость c (Н/рад) пружины кручения подвеса, длину l (м) ее поводка и угол α_k (град.) установки килевидного сошника. Для нахождения оптимальных значений параметров сошниковой группы изучена устойчивость ее движения в плоскости XOY (рис. 1а).

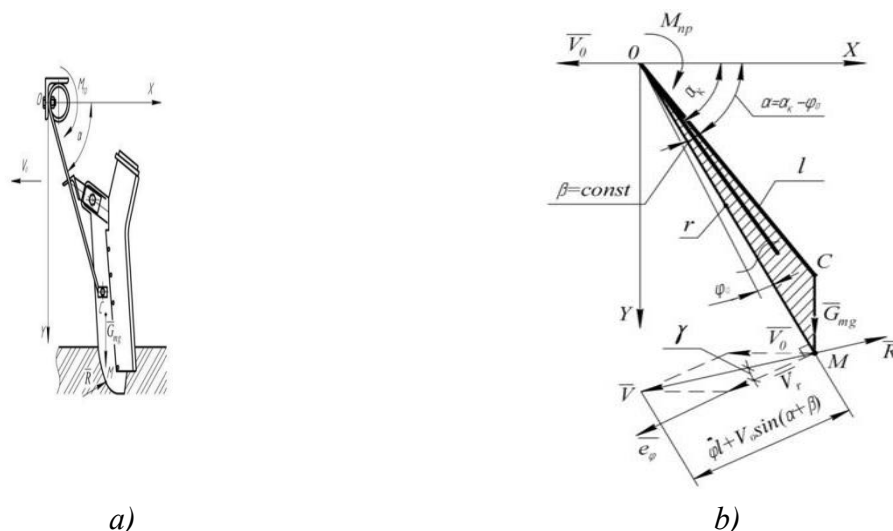


Рис. 1. Схема сил, действующих на сошник (а) и расчетная схема колебаний (b)
 Fig. 1. The scheme of the forces acting on the coulter (a) and calculation diagram of vibrations (b)

В процессе исследования осуществлен план эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка. Обозначения факторов, уровней и интервалов их варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение, уровни и интервалы варьирования факторов

Уровень варьирования факторов	Фактор, его обозначение:		
	Скорость $V(x_1)$, км/ч	Глубина хода сошника $H(x_2)$, м	Угол установки $\alpha(x_3)$, град.
Нижний уровень (-1)	2,05	0,04	95
Основной уровень (0)	4,73	0,06	110
Верхний уровень (+1)	7,4	0,08	125

Для изучения профиля почвы после прохода сошников фиксировали на планшете вид поперечных разрезов на глубину борозды. Гребнистость A_{cp} почвы после прохода сошника иллюстрирует степень выровненности поля. Величина площади S гребней почвы на расстоянии более 75 мм от центра борозды обуславливает возможность оценки эффективности использования однорядной схемы размещения килевидных сошников.

Практические исследования проведены в почвенном канале на лабораторной установке, конструкция которой позволяет изменять угол установки сошника, а также регистрировать тяговое сопротивление посредством записи показаний динамометра видеокамерой. Канал заполнен дерново-подзолистой супесью. Твердость почвы в слое до 10,0 см – 0,58 МПа, в слое от 10,0 до 20,0 см – 0,82 МПа; влажность почвы – 8,3%; плотность в слое до 10,0 см – 1,25 г/см³.

Достоверность регрессионных моделей оценивали подтверждением существенности полученных значений коэффициентов моделей регрессии сравнением их расчетных значений t -статистики ($t_{расч.}$) с табличным значением t -критерия Стьюдента ($t_{табл.}$). Для оценки регрессионных моделей приняты коэффициент детерминации R^2 (Rsqr), стандартная ошибка оценки (Standard Error of Est.) и средняя абсолютная ошибка (Mean absolute error) модели. Автокорреляцию оценивали критерием Durbin-Watson statistic (DW). В целом регрессионные модели на адекватность реальному процессу оценивали сравнением их расчетных значений F -статистики ($F_{расч.}$) с табличным значением F -критерия Фишера ($F_{табл.}$) для уровня значимости 0,05 и числа степеней свободы (DF) k_1, k_2 , определенных в результате дисперсионного анализа. Адекватность описания происходящего процесса моделью регрессии также в целом оценивали P -уровнем

значимости (P-Value) в сравнении с принятым уровнем значимости, равным 0,05.

Результаты. При прямолинейном перемещении агрегата на килевидный сошник (рисунок 1а), установленный на пружинном механизме подвеса, действуют следующие силы: G - масса, H , P_{np} - усилие пружины, H , а также R - сопротивление почвы, H . В качестве обобщенной координаты принят угол отклонения φ отрезка OM от положения равновесия сошниковой группы. Для описания движения точки M составлено уравнение Лагранжа второго рода.

Интенсивная обработка почвы агрегатом позволяет получить достаточно однородный и ровный поверхностный слой почвы с бороздообразованием, поэтому считаем постоянной точку M приложения силы

$$\ddot{\varphi}_1 + 2n \cdot \dot{\varphi}_1 + k^2 \cdot \varphi_1 = 0, \tag{1}$$

$$2n = \frac{R \cdot r^2}{I \cdot V}, \quad k^2 = \frac{Rr \cos(\alpha_0 + \beta) + cl + mgl \sin \alpha_0}{I}.$$

где

Характер переходного движения рабочего органа при возвращении к установившемуся движению определяют значения коэффициентов n и k уравнения (1). При $n > k$ переходное движение сошника имеет вид аperiodического движения, а при $n < k$ – затухающих колебаний. Считаем, что минимальным временем переходного

$$\begin{cases} c = \frac{R^2 \cdot r^4}{4V^2 \cdot l \cdot I} + \left(\frac{Rr}{l} \cos(\alpha_k + \beta) - mg \sin \alpha_k \right) \cos \varphi_0 + \left(mg \cos \alpha_k + \frac{Rr}{l} \sin(\alpha_k + \beta) \right) \sin \varphi_0; \\ c \varphi_0 = \left(\frac{Rr}{l} \sin(\alpha_k + \beta) - mg \cos \alpha_k \right) \cos \varphi_0 - \left(mg \sin \alpha_k + \frac{Rr}{l} \cos(\alpha_k + \beta) \right) \sin \varphi_0. \end{cases} \tag{2}$$

Система уравнений (2) позволяет определить единственные значения жесткости c пружины механизма подвеса и угла φ_0 отклонения поводка относительно первоначального угла установки α_k , при которых выполняется условие предельно аperiodического движения для заданного интервала скоростей V_0 и глубины погружения h сошника в почву, а также известных значений сопротивления почвы $R = f(V, h)$, массы m сошника, длины l поводка, углов β и α_k .

Анализ графиков зависимости изменения жесткости c пружины кручения подвеса, угла отклонения φ_0 поводков сошника, удовлетворяющих условию предельно аperiodического движения, от

сопротивления R почвы перемещению сошника. Это подтверждается характером движения точки M при малых начальных отклонениях и малых начальных скоростях. Значение угла φ между поводком и плечом r силы сопротивления почвы также является постоянным и определяется параметрами механизма подвеса сошника. Учитывая допущения о малых отклонениях системы от динамического равновесия и приняв новое начало отсчета угла φ от положения динамического равновесия системы как угол φ_1 , следует считать, что обобщенная скорость $\dot{\varphi}_1$ является величиной того же порядка малости, что и φ_1 . Дифференциальное уравнение движения сошника в каноническом виде имеет следующий вид:

процесса для устойчивой работы сошниковой группы обладает предельно аperiodическое движение ($n = k$) [20].

Составлена система уравнений, где первое уравнение описывает условие предельно аperiodического движения ($n = k$), а второе – движение сошника в установившемся положении:

скорости V_0 и глубины хода h сошника показал (рисунок 2), что в интервале скорости 0,5...2,1 м/с и углов α_k наклона поводка подвеса 45...65°, наибольшее влияние на жесткость c пружины и угол φ_0 отклонения поводка оказывает скорость сошника. При возрастании скорости снижение величины жесткости пружин подвеса, обеспечивающей соблюдение условия предельно аperiodического движения, происходит обратно пропорционально квадрату скорости (рис. 2а), причем одновременно увеличивается угол φ_0 отклонения поводка механизма подвеса относительно его начального положения (рис. 2б).

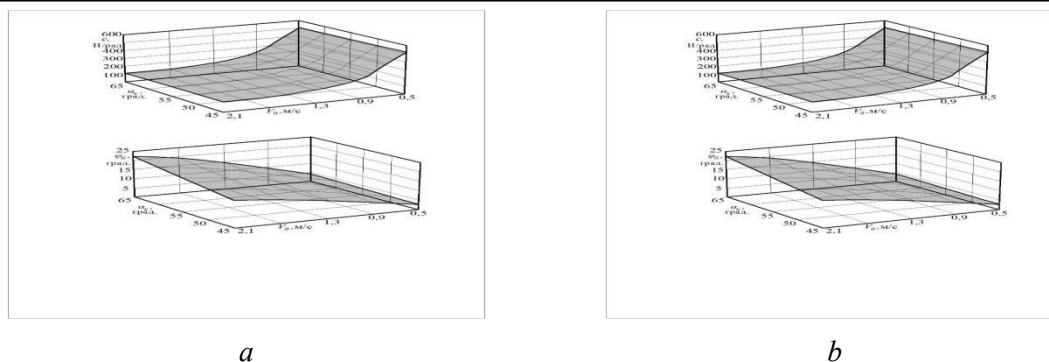


Рис. 2. Графики жесткости c (Н/рад) пружины подвеса (а) и угла отклонения φ (град.) поводка (б) при условии предельно аperiодического движения
 Fig. 2. Graphs of stiffness c (N/rad) of the suspension spring (a) and deflection angle φ (degrees) of the drawbar (b), when the condition of extremely aperiодic motion

На практике функционирование сошниковой группы с параметрами, удовлетворяющими условию предельно аperiодического движения, будет представлять граничное перетекание предельно аperiодического движения в затухающие колебания ($k \geq n$) и в аperiодическое движение ($n \geq k$) из-за непрерывного изменения физико-механических свойств почвы и скорости МТА. Несмотря на это, полученная система уравнений позволяет с приемлемой точностью находить параметры механизма пружинного подвеса сошниковой группы. При выборе параметров пружинного подвеса необходимо принимать во внимание диапазон рабочих

скоростей агрегата и рекомендуемое агротребованиями поле допуска глубины заделки семян.

Для оценки достоверности теоретических данных выполнен трехфакторный план Бокса-Бенкина второго порядка, позволивший по значениям средней глубины бороздобразования при постоянных значениях параметров пружинного механизма подвеса сошниковой группы: $c = 224$ Н/рад, $\beta = 10^\circ$, $l = 0,24$ м, $m = 1,5$ кг, $\alpha_k = 55^\circ$. Получена модель регрессии, характеризующая влияние угла наклона τ (x_3), скорости V (x_1) движения и глубины h (x_2) хода сошника на его тяговое сопротивление P_x :

$$P_x = 39,9 + 5,9 \cdot x_1 + 8,9 \cdot x_2 + 1,8 \cdot x_3 - 2,9 \cdot x_1^2 + 3,2 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,3 \cdot x_1 \cdot x_3 - 2,6 \cdot x_2^2 + 0,7 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,7 x_3^2. \quad (3)$$

Из результатов регрессионного анализа следует, что коэффициент достоверности аппроксимации R^2_c (Adj Rsqr) составляет 0,976, которая практически близка к 1,0, чем подтверждается, что модель реально описывает процесс. Стандартная ошибка оценки (Standard Error of Est.) модели регрессии для каждого наблюдаемого значения составляет небольшую величину 1,30, соответственно, линия тренда полученного уравнения приближена к точкам значений практических данных. Верность прогноза полученной регрессионной модели (5) подтверждается также тем, что средняя абсолютная ошибка (Mean absolute error) аппроксимации составляет 6,0%, и она меньше 10%. Критерий Durbin-Watson statistic

составляет 1,8, который больше значения 1,5, а потому зависимость следующего значения остатков от предыдущих не существует, следовательно, автокорреляция между опытными данными однозначно отсутствует. Это подтверждает также остаточная автокорреляция (Lag 1 residual autocorrelation) 0,018.

Однако для регрессионной модели (3) анализ диаграммы *Standardized Pareto Chart for Soprotivl* (унифицированная диаграмма для отклика), показывает (рис. 3а), что статистически значимыми ($p = 0,95$) являются только коэффициенты регрессии при факторах $x_1(V)$, $x_2(H)$, $x_3(C)$, при квадратичных членах факторов $x_1x_1(AA)$ и $x_2x_2(BB)$, а также их взаимодействия $x_1x_2(AB)$.

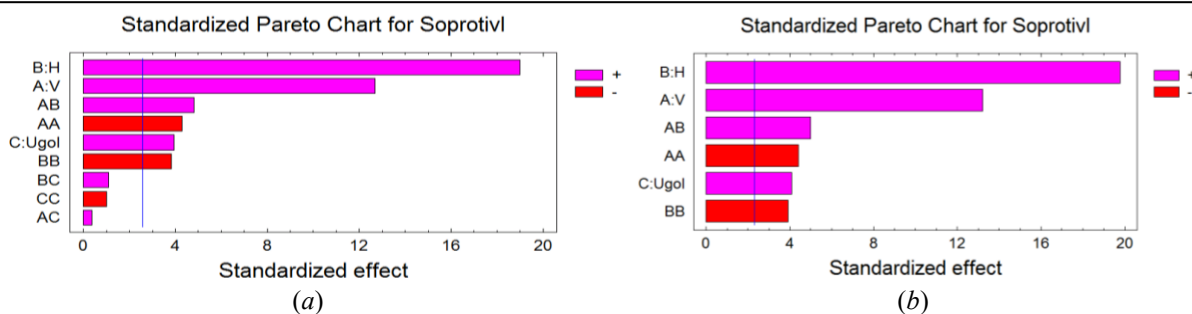


Рис. 3. Унифицированная диаграмма показателей значения коэффициентов регрессионной модели (5) (a) и (6) (b) в сравнении с табличным значением t -критерия Стьюдента
 Fig. 3. Unified diagram of indicators of the values of the coefficients of the regression model (5) (a) and (6) (b) in comparison with the table value of the Student's t -test

Статистически незначимыми коэффициентами являются при квадратичном члене фактора x_3x_3 (CC), а также при следующих взаимодействиях факторов x_1x_3 (AC) и x_2x_3 (BC). Это подтверждается тем, что расчетные значения F -статистики ($F_{расч.}$) трех коэффициентов регрессии при x_3x_3 (CC), x_1x_3 (AC) и x_2x_3 (BC) имеют значения 1,03; 0,14 и 1,2 (значения F-Ratio) соответственно, которые меньше табличного значения F -критерия Фишера ($F_{табл.} = 3,59$) при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы $k_1=3$, $k_2 = 11$

($F_{расч.} < F_{табл.}$). Для данных коэффициентов модели регрессии (3) P -уровень значимости (P -Value) составляет $P_{x_3x_3(CC)} = 0,355$, $P_{x_1x_3(AC)} = 0,721$ и $P_{x_2x_3(BC)} = 0,322$, которые больше уровня значимости (P -Value < 0,05), чем подтверждается их статистическая незначимость.

После исключения статистически незначимых коэффициентов из уравнения (3) математическая модель, описывающая влияние скорости V (x_1), глубины h (x_2) хода и угла наклона τ (x_3) сошника на его тяговое сопротивление P_x , выразится как:

$$P_x = 39,5 + 5,9 \cdot x_1 + 8,9 \cdot x_2 + 1,8 \cdot x_3 - 2,9 \cdot x_1^2 + 3,2 \cdot x_1 \cdot x_2 - 2,6 \cdot x_2^2 \quad (4)$$

В модели регрессии (4) расчетные значения F -статистики ($F_{расч.}$) всех коэффициентов составляют 15,22...390,65 (значения F-Ratio). Табличное значение F -критерия Фишера ($F_{табл.}$) для уровня значимости 0,05 и числа степеней свободы $k_1=3$, $k_2 = 11$ составляет 3,59, соответственно $F_{расч.} > F_{табл.}$. Также для коэффициентов модели регрессии (4) их P -уровень значимости (P -Value) равен 0,00001...0,0045, которые меньше уровня значимости (P -Value < 0,05). Поэтому статистическая значимость всех коэффициентов в представленном уравнении (4) подтверждается (рис. 3б).

Для анализа регрессионной модели (4) использован трехмерный график поверхностей отклика влияния скорости V (м/с) и угла τ (град) наклона сошника на тяговое сопротивление P_x (Н) сошника (в) при глубине его хода $h = 60$ мм, представленная на рисунке 4.

Максимальное влияние на тяговое сопротивление P_x сошника оказывают скорость V и глубина h бороздообразования, наименьшее – значение угла τ установки. При установке сошника под углом $\tau = 110^\circ$ и повышении его глубины h погружения с 40 до 80 мм, а также скорости с 0,5 до 2,1 м/с происходит рост его тягового сопротивления P_x на 27...52%. При повышении угла τ установки сошника с 95° до 125° и соответствующем изменении глубины h его погружения со скоростью движения $V = 1,3$ м/с увеличивается тяговое его сопротивление P_x на 8,3...16,1%. Уравнение регрессии (4) позволила определить значения угла наклона килевидного сошника равные $\tau = 120...125^\circ$, при которых возможна их однорядная установка с междурядьем 0,15 м.

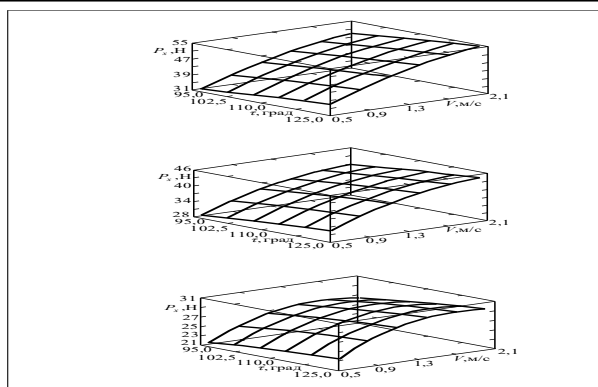


Рис. 4. Влияние скорости V (м/с) и угла τ (град.) наклона сошника на тяговое сопротивление P_x (Н)

Fig. 4. Influence of speed V (m/s) and inclination angle τ (deg) of the coulter on traction resistance P_x (N)

Результаты исследования, в целом, соответствуют основным положениям теории процесса бороздообразования, разработанным проф. М.Х. Пигулевским. В частности, подтверждена возможность установки сошников с тупым углом вхождения наральника в почву (килевидный тип сошника) в один ряд при междурядном расстоянии, равном или более 15 см и определены основные параметры сошниковой группы, соответствующие этим условиям функционирования. Повышение тягового сопротивления P_x килевидного сошника с увеличением его угла τ наклона в первую очередь объясняется увеличением площади наральника сошника, находящейся в контакте с почвой. Также на возрастание тягового сопротивления влияет увеличение объема почвы, перемещаемого наральником вниз и вдавливаемого им в дно борозды.

Выводы. В результате исследований для почвообрабатывающе-посевного агрегата разработана сошниковая группа с пружинным механизмом подвеса килевидных сошников, обладающая низкой металлоемкостью и высокой компактностью конструкции при эффективном выполнении основных функций

по копированию рельефа и предохранению сошников от поломки.

Теоретические исследования устойчивости движения сошниковой группы с пружинным механизмом подвеса сошников позволили определить ее оптимальные параметры при работе на скорости до 2,1 м/с: жесткость пружины $c = 220...230$ Н/рад, начальный угол установки поводков $\alpha_k = 50...55^\circ$ килевидного сошника, длина поводка $l = 0,22...0,25$ м.

Экспериментальное исследование влияния параметров сошниковой группы на тяговое сопротивление бороздообразования выявило, что оптимальный угол установки килевидного сошника составляет $\tau = 120...125^\circ$. Такая установка килевидных сошников при глубине бороздообразования до 60 мм и скорости менее 2,7 м/с обеспечила минимальную гребнистость почвы и отсутствие выноса почвы далее 75 мм от оси борозды, что позволяет использовать однорядную схему размещения сошников с междурядьем 0,15 м.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0002).

Список источников

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
2. Soil tillage in agroecosystems / Ed. by A. El Titi. Boca Raton [et al.]: CRC press, 2003. 367 p.
3. Рекомендации по проведению весенне-полевых работ в Кировской области / Под общей ред. В. А. Сысуева. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 68 с.
4. Мишуров Н.П., Щеголихина Т.А., Федоренко В.Ф. Сельскохозяйственная техника. Посевные и посадочные машины: кат. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 168 с.
5. Жук А.Ф., Ревякин Е.Л. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы. М.: Росинформагротех, 2007. 156 с.
6. Гольяпин В.Я. Инновационные технологии прямого посева зерновых культур. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 80 с.

7. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание. / Под общ. ред. В.М. Пронина. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 416 с.
8. Вестник испытаний сельскохозяйственной техники / М-во сельского хоз-ва РФ, Ассоц. испытателей с.-х. техники и технологий (АИСТ). пос. Усть-Кинельский: АИСТ, 2020. 116 с.
9. Инаскян С.А., Зволинский В.Н. Пути совершенствования конструкций ротационных почвообрабатывающих машин. М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1984. 62 с.
10. Зволинский В.Н., Мосяков М.А., Семичев С.В. Опыт и перспективы применения двухбарабанных ротационных почвообрабатывающих орудий // Тракторы и сельхозмашины. 2016. №2. С. 24–27.
11. Bomford Turner Limited: [сайт]. Station Road, Salford Priors, Nr Evesham, Worcestershire, 8SW, UK. URL: www.bomford-turner.com (дата обращения: 15.01.2022).
12. Инаскян С.А., Антошин А.П., Дроздов В.Н. Комбинированная почвообрабатывающая машина // Техника в сельском хозяйстве. 1987. № 3. С. 53-54.
13. Зволинский В.Н., Антошин А.П., Савин В.П. Испытания ротационного бесприводного рыхлителя РБР-4 // Техника в сельском хозяйстве. 1990. №12. С. 21-23.
14. Ахметов А.А. Тенденции совершенствования конструкции хлопководческих предпосевных почвообрабатывающих машин-орудий. Ташкент: ИлмиТехникаАxboroti - Press Nashriyoti, 2017. 236 с.
15. Substantiation of process variables and modes of heavy spring-tooth harrow / A.G. Ivanov, A.V. Kostin, R.R. Shakirov [et al.] // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2020. Vol. 8. No. 3. P. 695-704.
16. Сысуев В.А., Дёмшин С.Л., Черемисинов Д.А., Доронин М.С. Повышение качества полосного посева семян трав в дернину // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 5 (60). С. 63-68.
17. Бодалев А.П., Иванов А.Г., Костин А.В., Шкляев К.Л., Шкляев А.Л., Дерюшев И.А. Взаимодействие пружинных рабочих органов тяжелых зубковых борон с почвой // Вестник НГИЭИ. 2020. №1(104). С. 16–30.
18. Почвообрабатывающее орудие : пат. 2301512 Рос. Федерация. № 2005139909; заявл. 20.12.2005 , опубл. 27.06.2007 ; Бюл. №18. 7 с.
19. Демшин С.Л., Сайтов В.Е., Черемисинов Д.А. Повышение эффективности предпосевной обработки почвы с различными типами измельчающего ротора // Владимирский земледелец. 2018. № 4. С. 55–58.
20. Кормщиков А.Д. Техника и технические средства для склоновых земель. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. 298 с.

JUSTIFICATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE COULTER GROUP WITH A SPRING MECHANISM FOR THE COULTER SUSPENSION

©2023. Sergey Leonidovich Demshin¹, Viktor Efimovich Saitov^{2✉}

^{1,2} Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

²vicsait-valita@e-kirov.ru

Abstract. The use of a rotary cultivator as the base of the soil-cultivating and sowing unit makes it possible to reduce energy consumption and increase the quality of soil cultivation with a compact design of the soil-cultivating part, which allows the use of torsion spring trailers as a suspension mechanism for keel coulters. At the stage of designing a coulters group, it is necessary to know the range of parameters and operating modes of the spring suspension mechanism of keel coulters, at which the quality of furrow formation corresponds to the region of optimal values. Theoretical studies of the stability of movement of a keel coulters with a spring suspension mechanism have revealed the region of optimal parameters: the stiffness of the suspension torsion spring $c = 220...230$ N/rad, the initial installation angle of the drawbars $\alpha_k = 50...55^\circ$, the length of the drawbar $l = 0.22 ...0.25$ m, when the time for the coulters to return to the zone of permissible working depth values is minimal. The influence of the installation angle τ of the keel coulters on the quality and traction resistance of furrow formation was experimentally studied. A range of optimal values of the inclination angle of the keel opener has been identified, amounting to $\tau = 120...125^\circ$, which ensures minimal ridgeness of the soil in the row-spacings and the absence of soil removal further than 75 mm from the furrow axis, which allows the use in the design of the unit a single-row arrangement of keel coulters with a row spacing of 0.15 m with furrow formation depths up to 60 mm and a speed of less than 2.7 m/s. As a result of the research, a mounted soil-cultivating and sowing unit has been developed for aggregation with tractors of traction classes 14 and 20 kN, the soil-cultivating part of which is based on a rotary cultivator, and the sowing part is made in the form of coulters groups with a spring mechanism for suspending the keel coulters.

Key words: soil-cultivating and sowing unit, coulters group, keel coulters, spring mechanism for coulters suspension

References

1. Agroekologicheskaja ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnyh system zemledelija I agrotehnologij (Agroecological assessment of lands, designing of adaptive landscape farming systems and agricultural technologies), Metodicheskoe rukovodstvo, Moskva, FGUN «Rosinformagroteh», 2005, 784 p.
2. Soil tillage in agroecosystems / Ed. by A. El Titi. Boca Raton [et al.]: CRC press, 2003. 367 p.
3. Rekomendacii po provedeniju vesenne-polevyh rabot v Kirovskoj oblasti (Recommendations for carrying out spring field work in the Kirov region), Pod obshhej red. V. A. Sysueva, Kirov, NIISH Severo-Vostoka, 2013, 68 p.
4. Mishurov N.P., Shhegolihina T.A., Fedorenko V.F., Manohina A.A. Sel'skohozjajstvennaja tehnika. Posevnye i posadochnye mashiny (Agricultural machinery. Seeding and planting machines), Moskva, FGBNU «Rosinformagroteh», 2022, 168 p.
5. Zhuk A.F., Revyakin E.L. Razvitiye mashin dlya minimal'noy i nulevoy obrabotki pochvy (Development of machines for minimum and zero tillage), Moskva, Rosinformagrotekh, 2007, 156 p.
6. Gol'tjapin V. Ja. Innovacionnye tehnologii prjamogo poseva zernovyh kultur: nauchn. analit. obzor (Innovative technologies for direct sowing of grain crops: scientific and analytical review), Moskva, FGBNU «Rosinformagroteh», 2019, 80 p.
7. Sravnitel'nye ispytaniya sel'skohozjajstvennoj tehniki (Comparative tests of agricultural machinery), Pod obshh. red. V.M. Pronina, Moskva, FGBNU «Rosinformagroteh», 2013, 416 p.
8. Vestnik ispytaniy sel'skohozjajstvennoj tehniki (Bulletin of testing of agricultural machinery), M-vosel'skogohoz-va RF, Assoc. ispytatelej s.-h. tehnikitehnologij (AIST), pos. Ust'-Kinel'skij, AIST, 2020, 116 p.
9. Inackjan S.A., Zvolinskij V.N. Puti sovershenstvovaniya konstrukcij rotacionnyh pochvoobrabatyvajushhih mashin (Ways to improve the designs of rotary tillage machines), Obzornaja informacija, Moskva, CNIITJeltraktorosel'hozmash, 1984. 62 p.
10. Zvolinskij V.N., Mosjakov M.A., Semichev S.V. Opyt i perspektivy primenenija dvuhbarabannyh rotacionnyh pochvoobrabatyvajushhih orudij (Experience and prospects for the use of double-drum rotary tillage implements), Traktorysel'hozmashiny, 2016, No. 2, pp. 24–27.
11. Bomford Turner Limited [Elektronnyiresurs], Station Road, Salford Priors, Nr Evesham, Worcestershire, 8SW, UK, URL: www.bomford-turner.com (data obrashhenija: 15.01.2022).
12. Inackjan S.A., Antoshin A.P., Drozdov V.N. Kombinirovannaja pochvoobrabatyvajushhaja mashina (Combined tillage machine), Tehnika v sel'skom hozjajstve, 1987, No. 3, pp. 53-54.
13. Zvolinskij V.N., Antoshin A.P., Savin V.P. Ispytaniya rotacionnogo besprivodnogo ryhlitelja RBR-4 (Testing of the rotary non-drive ripper RBR-4), Tehnika v sel'skom hozjajstve, 1990, No. 12, pp. 21-23.
14. Ahmetov A.A. Tendencii sovershenstvovaniya konstrukcii hlopkovodcheskih predposevnyh pochvoobrabatyvajushhih mashin-orudij (Trends in improving the design of cotton-growing pre-sowing tillage machines and implements), Tashkent, IlmiyTehnikaAxboroti - Press Nashriyoti, 2017, 236 p.
15. Ivanov A.G., Kostin A.V., Shakirov R.R. [et al.] Substantiation of process variables and modes of heavy spring-tooth harrow, International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020, Vol. 8, No. 3, pp. 695-704. DOI 10.30534/ijeter/2020/14832020.
16. Sysuev V.A., Djomshin S.L., Cheremisinov D.A., Doronin M.S. Povyshenie kachestva polosnogo poseva semjan trav v derminu (Improving the quality of strip sowing of grass seeds into turf), Agramajanauka Evro-Severo-Vostoka, 2017, No.5(60), pp. 63-68.
17. Bodalev A.P., Ivanov A.G., Kostin A.V., Shkljaev K.L., Shkljaev A.L., Derjushev I.A. Vzaimodejstvie pruzhinnyh rabochih organov tjazhelyh zubovyh boron s pochvoj (Interaction of spring working bodies of heavy tooth harrows with soil), VestnikNGIJeI, 2020, No.1(104), pp. 16-30.
18. Pochvoobrabatyvajushhee orudie (Tillage implement), pat. 2301512 Ros. Federacija, № 2005139909, zajavl. 20.12.2005, opubl. 27.06.2007, Bjul. No.18, 7 p.
19. Demshin S.L., Saitov V.E., Cheremisinov D.A. Povysheniye effektivnosti predposevnoj obrabotki pochvy s razlichnymi tipami izmel'chajushhego rotora (Increasing the efficiency of pre-sowing tillage with different types of a chopping rotor), Vladimirkijzemledec, 2018, No.4, pp. 55-58.
20. Kormshhikov A.D. Tehnika i tehnichekije sredstva dlja sklonovyh zemel' (Equipment and technical means for sloping lands), Kirov, NIISH Severo-Vostoka, 2003, 298 p.

Сведения об авторах

С.Л. Демшин¹, – д-р техн. наук;

В.Е. Сaitov² – д-р техн. наук, профессор.

^{1,2} Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

¹ sergdemshin@mail.ru

² vicsait-valita@e-kirov.ru

¹ <https://orcid.org/0000-0001-7562-7965>

² <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>

Information about the authors

S.L. Demshin¹ – Dr. Tech. Sci.;

V.E. Saitov² – Dr. Tech. Sci., Professor.

^{1,2} Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

¹ sergdemshin@mail.ru

² vicsait-valita@e-kirov.ru

¹ <https://orcid.org/0000-0001-7562-7965>

² <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 02.05.2023; одобрена после рецензирования 15.09.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 02.05.2023; approved after reviewing 15.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья
УДК 633.11: 631.5
doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_21

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ ЭКО-СП В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

©2023. Эльмарт Данифович Акманаев¹, Юлия Александровна Акманаева²

^{1,2}Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия

¹ akmanaev@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований, проведенных в 2022-2023 гг. по изучению влияния гуминового удобрения ЭКО-СП на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорта Екатерина на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве. Удобрение ЭКО-СП обеспечило существенную прибавку урожайности зерна яровой пшеницы в сравнении с контрольным вариантом – от 21% до 27%. Наиболее эффективным приемом применения агропрепарата является обработка семян яровой пшеницы перед посевом, прибавка урожайности в этом варианте составила 22% или 0,35 т/га. В условиях слабозасушливого 2022 года сформировалось зерно, относящееся к 5-му классу фуражного назначения. Лимитирующим показателем стало содержание белка. В засушливом 2023 году в опыте сформировалось зерно 3-го и 4-го классов, а показателем, определяющим классность, стало содержание клейковины. За два года исследований агропрепарат ЭКО-СП не оказал достоверного влияния на белковость зерна. На содержание клейковины существенное влияние оказали листовые подкормки. По качеству клейковина 2023 г. характеризуется как хорошая (I группа), в 2022 г. как удовлетворительно крепкая (II группа). Обработка семян и внесение удобрения в качестве подкормки в фазе кущения приводит к достоверному снижению числа падения с 267 до 241 и 243 с соответственно. По стекловидности зерно в опыте характеризуется как среднестекловидное. Достоверное снижение стекловидности произошло при подкормке пшеницы в фазе кущения и комплексном применении ЭКО-СП (обработка семян + обработка посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку) соответственно на 2 и 1 %.

Ключевые слова: урожайность яровой пшеницы, качество зерна, клейковина, белок, стекловидность, число падения, ЭКО-СП

Введение. На продуктивность сельскохозяйственных культур оказывают влияние многочисленные факторы, в том числе и использование в важные фазы развития культуры гуминовых удобрений. В современных условиях изменения климата создаются условия, усугубляющие влияние как биотических, так и абиотических факторов стресса для сельскохозяйственных растений [1-4]. И очень часто именно стресс становится основным фактором, ограничивающим как урожайность, так и качество сельскохозяйственных культур.

В настоящее время существует несколько подходов для увеличения

сопротивляемости растений к стрессам, одним из них является применение гуминовых удобрений. Действие гуминовых удобрений направлено на активизацию иммунных систем растения и обменных процессов на начальных этапах его развития. А так как Пермский край относится к зоне рискованного земледелия, то повышение стрессоустойчивости растений с помощью гуминовых удобрений вызывает большой интерес. Повышая устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, мы улучшаем их питание, увеличиваем урожайность и качество продукции [5-6]. Таким образом, цель наших исследований – оптимизация элементов технологии

возделывания яровой пшеницы в условиях Пермского края за счет регулирования питательного режима с помощью гуминового удобрения ЭКО-СП.

Методика. Исследования по эффективности гуминового удобрения ЭКО-СП на яровой пшенице были проведены в 2022-2023 гг. на учебно-научном опытном поле Пермского ГАТУ. Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, со следующими показателями: содержание гумуса 1,8...2,1, рН_{KCl} – 5,3... 5,6, содержание подвижного фосфора и калия соответственно 170...214 и 154...175 мг/кг почвы. Объект исследования – яровая пшеница сорта Екатерина. Технология возделывания яровой пшеницы в опыте соответствовала рекомендациям её возделывания [7]. Схема опыта представлена в таблице 1. Опыт однофакторный, учетная площадь делянки 54 м², повторность 4-кратная. Расположение делянок систематическое в один ярус.

Доза внесения гуминового удобрения ЭКО-СП при обработке семян составила 0,5 л/т, при внесении под предпосевную культивацию (опрыскивание) – 3,2 л/га, при листовой обработке посевов – 1 л/га. Под предпосевную культивацию внесены минеральные удобрения в дозе НРК по 30 кг. Статистическая обработка результатов проведена методом дисперсионного анализа [8].

Лето 2022 года в Пермском крае было умеренно теплым и очень сухим. Первая половина вегетационного периода (май-июнь) характеризовалась высоким количеством осадков и относительно низкой температурой. Во второй половине (июль-август)

фиксируется недостаток дождей, температура воздуха в июле превысила норму на 1,5 °С, а в августе на – 4 °С. Вегетационный период 2023 г. начался с засухи (20 % осадков от нормы), которая продолжалась до второй половины лета. Вторая половина лета по увлажнению была ближе к климатической норме, температура воздуха на 0,5 °С, ниже, чем в 2022 г. Гидротермический коэффициент за вегетационный период 2022 г. составил 1,3 (слабозасушливый), в 2023 – 0,9 (засушливый).

Результаты. Погодные условия 2022 и 2023 гг. не позволили в полной мере раскрыть потенциал изучаемой культуры (табл. 1). Проведённые исследования позволяют отметить, что продуктивность яровой пшеницы напрямую зависела от условий увлажнения. Неблагоприятные условия увлажнения, сложившиеся в апреле и мае 2023 г., привели к снижению продуктивности яровой пшеницы в опыте на 18-35% в сравнении с 2022 г. В среднем за два года агропрепарат ЭКО-СП обеспечил существенную прибавку урожайности яровой пшеницы в сравнении с контрольным вариантом от 0,20 до 0,44 т/га. Обработка семян яровой пшеницы перед посевом удобрением ЭКО-СП позволила дополнительно получить 22% зерна в сравнении с контрольным вариантом. Внесение препарата ЭКО-СП в почву и опрыскивание посевов позволяет дополнительно получить от 0,20 до 0,24 т/га зерна. Различные комбинации внесения удобрения ЭКО-СП позволяют дополнительно получить еще 0,20 т/га зерна.

Таблица 1

Влияние агропрепарата ЭКО-СП на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га

Вариант	2022	2023	Среднее
Без обработки	1,79	1,44	1,61
Обработка семян	2,16	1,77	1,96
Предпосевное внесение в почву	2,05	1,58	1,81
Обработка посевов в фазе кущения	2,10	1,55	1,82
Обработка посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку	2,13	1,58	1,85
Обработка семян+обработка посевов в фазе кущения	2,25	1,83	2,04
Обработка семян + обработка посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку	2,21	1,85	2,03
Обработка семян +предпосевное внесение в почву + обработка посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку	2,22	1,88	2,05
НСР ₀₅	0,15	0,12	0,10

На технологические и хлебопекарные характеристики зерна яровой пшеницы в первую очередь влияют массовая доля белка,

массовая доля клейковины и её качество (табл. 2), стекловидность и число падения (ЧП) (табл. 3). Недостаток воды является наиболее

важным фактором, регулирующим процессы синтеза различных запасных веществ зерна. Особенно это важно в фазе налива зерна. Если в этот период наблюдается повышенная влажность воздуха, то в зерновку поступает

больше пластичных веществ. Многие ученые отмечают, что качество семян, главным образом, снижается от воздействия засухи в фазе налива семян [9-13].

Таблица 2

Влияние агропрепарата ЭКО-СП на содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы

Вариант	Белок, %			Клейковина, %			ИДК, ед		
	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее
Без обработки	9,0	16,7	12,8	19,1	19,4	19,3	40,8	57,9	49,4
Обработка семян	8,5	17,1	12,8	19,0	20,2	19,6	43,2	61,9	52,5
Предпосевное внесение в почву	8,9	16,7	12,8	19,4	23,4	21,4	42,4	65,2	53,8
Обработка посевов в фазе кушения	9,4	18,0	13,7	19,1	27,0	23,0	42,5	66,3	54,4
Обработка посевов в фазах кушения и начала выхода в трубку	9,0	17,7	13,4	18,7	27,4	23,0	40,5	68,0	54,2
Обработка семян+обработка посевов в фазе кушения	9,5	17,7	13,6	21,7	20,4	21,0	41,4	60,2	50,8
Обработка семян + обработка посевов в фазах кушения и начала выхода в трубку	9,2	17,5	13,4	18,2	21,0	19,6	40,8	61,5	51,2
Обработка семян +предпосевное внесение в почву + обработка посевов в фазах кушения и начала выхода в трубку	8,6	17,6	13,1	20,2	23,7	21,9	42,2	65,4	53,8
НСР ₀₅	0,4	Fф<Fт	Fф<Fт	0,9	1,2	2,0	1,2	1,5	2,1

В различных агроклиматических условиях в годы исследований было получено зерно разного качества. В условиях 2022 года сформировалось зерно, относящееся к 5-му классу фуражного назначения. Лимитирующим показателем стало

содержание белка. В 2023 году в опыте сформировалось зерно 3-го и 4-го классов, а показателем, определяющим классность, стало количество клейковины.

Таблица 3

Влияние агропрепарата ЭКО-СП на число падения и стекловидность зерна яровой пшеницы

Вариант	ЧП, сек			Стекловидность, %		
	2022	2023	среднее	2022	2023	среднее
Без обработки	282	251	267	51	55	53
Обработка семян	266	216	241	52	54	53
Предпосевное внесение в почву	274	263	268	50	55	53
Обработка посевов в фазе кушения	268	219	243	50	52	51
Обработка посевов в фазах кушения и начала выхода в трубку	306	238	272	51	56	53
Обработка семян+обработка посевов в фазе кушения	302	233	268	51	55	53
Обработка семян + обработка посевов в фазах кушения и начала выхода в трубку	303	240	271	51	54	52
Обработка семян +предпосевное внесение в почву + обработка посевов в фазах кушения и начала выхода в трубку	288	235	262	51	55	53
НСР ₀₅	23	6	13	1,0	1,0	1,0

За два года исследований агропрепарат ЭКО-СП не оказал достоверного влияния на массовую долю белка в зерне Fф<Fт. На содержание клейковины достоверное влияние оказали листовые подкормки растений пшеницы. По качеству клейковина 2023 г. характеризуется как хорошая (I группа), в 2022

г. как удовлетворительно крепкая (II группа). Число падения характеризует число крахмала и активность фермента альфа-амилазы, отвечающей, наряду с клейковиной, за хлебопекарные свойства пшеничной муки. Мука с числом падения более 230 с имеет высокие хлебопекарные свойства.

Стекловидность – показатель, характеризующий консистенцию эндосперма зерна яровой пшеницы и отвечающий за мукомольные свойства зерновой массы.

В результате проведенных исследований установлено, что применение препарата ЭКО-СП для обработки семян и в качестве подкормки в фазе кущения привело к достоверному снижению числа падения с 267 до 241 и 243 с соответственно. В остальных вариантах опыта активность альфа-амилазы была на уровне контрольного варианта. Достоверное снижение стекловидности произошло при подкормке пшеницы в фазе кущения и комплексном применении ЭКО-СП (обработка семян + обработка посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку) соответственно на 2 и 1 %.

Выводы. Удобрение ЭКО-СП обеспечивает существенную прибавку урожайности зерна яровой пшеницы в сравнении с контрольным вариантом. Наиболее эффективным приемом применения агропрепарата является обработка семян перед посевом, прибавка составила 22% или 0,35 т/га. В условиях слабозасушливого 2022 года

сформировалось зерно, относящееся к 5-му классу фуражного назначения. Лимитирующим показателем стало содержание белка. В засушливом 2023 году в опыте сформировалось зерно 3-го и 4-го классов, а показателем, определяющим классность, стало содержание клейковины. За два года исследований агропрепарат ЭКО-СП не оказал достоверного влияния на белковость зерна. На содержание клейковины существенное влияние оказали листовые подкормки. По качеству клейковина 2023 г. характеризуется как хорошая (I группа), в 2022 г. как удовлетворительно крепкая (II группа). Обработка семян и внесение удобрения в фазе кущения приводит к достоверному снижению числа падения с 267 до 241 и 243 с соответственно. По стекловидности зерно в опыте характеризуется как среднестекловидное. Достоверное снижение стекловидности произошло при подкормке пшеницы в фазе кущения и комплексном применении ЭКО-СП (обработка семян + обработка посевов в фазах кущения и начала выхода в трубку) соответственно на 2 и 1 %.

Список источников

1. Богдан П.М., Коновалова И.В., Клыков А.Г. Влияние абиотических факторов на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Приморского края // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 1. С. 16–20.
2. Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Современные изменения климатических и агрометеорологических характеристик в Пермском крае и возможные вариации продуктивности сельскохозяйственных культур // Вестник Удмуртского университета. 2013. № 2. С. 104–116.
3. Селезнева Н.А., Тишкова А.Г., Федорова Т.Н., Асеева Т.А. Влияние антропогенной нагрузки на изменение агробиологических свойств почвы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2021. № 3(217). С. 113–118.
4. Ложкин А. Г., Васильев О. А., Димитриев В. Л., Крамаренко А. В. Влияние препаратов Bloom & Grow и Immune system на продуктивность яровой твердой и мягкой пшеницы в условиях Чувашской Республики // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2 (68). С. 39–43.
5. Исайчев В.А., Андреев Н.Н. Влияние некорневой подкормки препаратом Мегамикс на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // Нива Поволжья. 2020. № 4(57). С. 9–15.
6. Isaichev V.A., Andreev N.N., Vinogradova K.A. Influence of growth regulators and mineral fertilizers on water regime and yielding capacity of barley plants. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. v. 9. № 2. p. 1197–1202.
7. Lucia da Cruz Cabral, Delgado J., Patriarca A. et al. Differential response to synthetic and natural antifungals by *Alternaria tenuissima* in wheat simulating media: Growth, mycotoxin production and expression of a gene related to cell wall integrity // *International Journal of Food Microbiology*. 2019. Vol. 292. P. 48–55.
8. Характеристика нового сорта яровой пшеницы Екатерина и технология его возделывания в условиях Среднего Урала (практические рекомендации) / Н.Н. Зезин, П.А. Шестаков, А.А. Шанин, Л.В. Гусева, В.А. Воробьев, А.В. Воробьев, А.В. Безгодов, А.П. Колотов. Екатеринбург. 2015. 27 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2011. 350 с.
10. Крупнова О. В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне и зерновых и бобовых культур (обзор литературы) // *Сельскохозяйственная биология*. 2009. № 3. С. 13–23.
11. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы М: Росинформатех, 2018. 396 с.
12. Scariot, M. A., L. L. Radunz, R. G. Dionello, et al. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system // *Journal of Stored Products Research*. 2018. Vol. 75. P. 29–34.
13. Nyambose, J. influence of fertilizer nitrogen and biological preparations on spring wheat yield and grain quality / J. Nyambose, A. A. Zavalin // *Endless Light in Science*. 2023. No. 4(4). P. 441–447.

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN DEPENDING ON THE METHODS OF USING HUMIC FERTILIZER ECO-SP IN THE MIDDLE PREDURALIE

©2023. Elmart Danifovich Akmanaev¹, Yulia Aleksandrovna Akmanaeva²

^{1,2}Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

¹akmanaev@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies conducted in 2022-2023. to investigate the effect of humic fertilizer ECO-SP on the productivity and quality of spring wheat grain of the Ekaterina variety on sod-podzolic heavy loamy soil. The ECO-SP fertilizer provided a significant increase in the grain productivity of spring wheat compared to the check variant - from 21% to 27%. The most effective method of using this fertilizer is to treat spring wheat seeds before sowing; the increase in yield in this case was 22% or 0.35 t/ha. In the slightly dry 2022, we obtained the grain that belongs to the 5th forage class. The limiting indicator was the protein content. In the rainless 2023, grain of the 3rd and 4th classes was formed during the experiment, and the indicator determining the class was the gluten content. Over two years of research, the agrichemical ECO-SP did not have a significant effect on the protein content of grain. Foliar application had a significant effect on gluten content. In terms of quality, gluten in 2023 is characterized as good (group I), in 2022 as satisfactorily strong (group II). Treatment of seeds and application of fertilizer as a top dressing in the tillering phase leads to a significant decrease in the falling number from 267 to 241 and 243 seeds, respectively. In regard to vitreousness, the experimental grain is characterized as medium glassy. A significant decrease in vitreousness was indicated when topping wheat in the tillering phase and with the complex application of ECO-SP (seed treatment + crop treatment in the tillering phase and in the beginning of stalk-shooting) by 2 and 1%, respectively.

Key words: spring wheat productivity, grain quality, gluten, protein, vitreousness, falling number, ECO-SP

References

1. Bogdan, P.M., Konovalova I.V., Klykov A.G. Vliyanie abioticheskikh faktorov na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Primorskogo kraja (The influence of abiotic factors on the yield and quality of grain of spring soft wheat in the conditions of the Primorsky Krai), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021, T. 35, No 1, pp. 16–20.
2. Ermakova L.N., SHklyayev V.A., SHklyayeva L.S. Sovremennye izmeneniya klimaticheskikh i agrometeorologicheskikh harakteristik v Permskom krae i vozmozhnye variacii produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur (Modern changes in climatic and agrometeorological characteristics in the Perm region and possible variations in crop productivity), *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, 2013, No 2, pp. 104–116.
3. Selezneva N.A., Tishkova A.G., Fedorova T.N., Aseeva T.A. Vliyanie antropogennoj nagruzki na izmenenie agrobiologicheskikh svojstv pochvy, urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy (The influence of anthropogenic load on changes in agrobiological properties of soil, yield and grain quality of spring wheat), *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk*, 2021, No 3(217), pp. 113–118.
4. Lozhkin A. G., Vasil'ev O. A., Dimitriev V. L., Kramarenko A. V. Vliyanie preparatov Bloom & Grow i Immune system na produktivnost' yarovoj tvrdoj i myagkoj pshenicy v usloviyah Chuvashskoj Respubliki (The influence of Bloom & Grow and Immune system on the productivity of spring durum and soft wheat in the conditions of the Chuvash Republic), *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2020, No 2 (68). pp. 39-43.
5. Isajchev V.A., N.N. Andreev Vliyanie nekornevoj podkormki preparatom Megamiks na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy (The influence of foliar feeding with Megamix on the yield and grain quality of spring wheat), *Niva Povolzh'ya*, 2020, No 4(57), pp. 9–15.
6. Isaichev V.A., Andreev N.N., Vinogradova K.A. Influence of growth regulators and mineral fertilizers on water regime and yielding capacity of barley plants. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2018, v. 9, No 2, p. 1197–1202.
7. Lucia da Cruz Cabral, Delgado J., Patriarca A. et al. Differential response to synthetic and natural antifungals by *Alternaria tenuissima* in wheat simulating media: Growth, mycotoxin production and expression of a gene related to cell wall integrity, *International Journal of Food Microbiology*, 2019, Vol. 292, P. 48–55.
8. Harakteristika novogo sorta yarovoj pshenicy Ekaterina i tekhnologiya ego vozdeljvaniya v usloviyah Srednego Urala (prakticheskie rekomendacii) (Characteristics of the new variety of spring wheat Ekaterina and the technology of its cultivation in the conditions of the Middle Urals), N.N. Zezin, P.A. SHestakov, A.A. SHanin, L.V. Guseva, V.A. Vorob'ev, A.V. Vorob'ev, A.V. Bezgodov, A.P. Kolotov, Ekaterinburg, 2015, 27 p.
9. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta, (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij), (Field experiment methodology), Moskva, Al'yans, 2011, 350 p.

10. Krupnova O. V. O vzaimosvyazi urozhajnosti s sodержaniem belka v zerne i zernovyh i bobovyh kul'tur (obzor literatury) (On the relationship between yield and protein content in grain and grain and legume crops), Sel'skohozyajstvennaya biologiya, 2009, No 3, pp. 13-23.
11. Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenicy (Scientific basics of the production of high-quality wheat grain). M, Rosinformatekh, 2018, 396 p.
12. Scariot, M. A., L. L. Radunz, R. G. Dionello, et al. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system, Journal of Stored Products Research, 2018, Vol. 75, P. 29–34.
13. Nyambose, J. influence of fertilizer nitrogen and biological preparations on spring wheat yield and grain quality, J. Nyambose, A. A. Zavalin, Endless Light in Science, 2023, No. 4(4), P. 441–447.

Сведения об авторах

Э. Д. Акманаев¹ – канд с.-х. наук, доцент;

Ю. А. Акманаева² - канд с.-х. наук, доцент.

^{1,2}Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия

¹akmanaev@mail.ru

Information about the authors

E. D. Akmanaev - Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

Yu. A. Akmanayeva - Cand. Agr. Sci., Associate Professor.

^{1,2}Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

¹akmanaev@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 20.10.2023; одобрена после рецензирования 06.11.2023; принята к публикации 20.11.2023

The article was submitted 20.10.2023; approved after reviewing 06.11.2023; accepted for publication 20.11.2023

Научная статья
УДК 631.52: 633.111.1(470:342)
doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_27

НОВЫЙ СОРТ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НАГРАДА ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ВОЛГО-ВЯТСКОМ РЕГИОНЕ

©2023. Оксана Сергеевна Амунова^{1✉}, Людмила Владиславовна Волкова²,
Анастасия Владимировна Харина³

^{1,2,3} Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,

Киров, Россия

¹yuzhnoe5@mail.ru

Аннотация. В современных условиях развития АПК для увеличения валовых сборов пшеницы и обеспечения животноводства ценным фуражным зерном необходимы сорта с высоким потенциалом продуктивности и повышенной агроэкологической устойчивостью. В статье представлена хозяйственно-биологическая характеристика нового раннеспелого высокопродуктивного сорта мягкой яровой пшеницы Награда, созданного учеными Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого. Сорт районирован в 2022 году и рекомендован для возделывания в Волго-Вятском регионе. Сорт Награда обладает высокой урожайностью (в питомнике КСИ средняя прибавка к стандарту Баженка составила 0,38 т/га, на сортоучастках Кировской области – 0,20 т/га). Новый сорт устойчив к полеганию (7-9 баллов), по параметрам продуктивности колоса и растения характеризуется большей, чем сорт-стандарт экологической стабильностью. Сорт Награда превосходит стандарт по устойчивости к корневым гнилям, септориозу листьев и пыльной головне, слабо поражается бурой ржавчиной и мучнистой росой, слабо восприимчив к фузариозу колоса и твердой головне. Оценка адаптивного потенциала в контрастные по условиям годы (2020-2022 гг.) позволила выявить высокую пластичность сорта Награда ($b_i = 1,20$; у стандарта $b_i = 0,79$), его рекомендуется выращивать по интенсивным технологиям. Внедрение в производство сорта мягкой яровой пшеницы Награда сыграет важную роль в обеспечении импортозамещения и улучшения качества жизни населения страны.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, сорт Награда, урожайность, пластичность, устойчивость к болезням, возделывание

Введение. Около 230 млн га посевных площадей в мире занимает мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – важнейшая продовольственная и фуражная зерновая культура. Ее широкое распространение обусловлено ценными питательными свойствами продуктов переработки зерна, их хорошей усвояемостью, а также высокой пластичностью и урожайностью [1]. Пшеница имеет важное стратегическое значение в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации, а, значит, первоочередной задачей в современных экономических условиях становится устойчивое и эффективное развитие производства зерна пшеницы на долгосрочную перспективу. Одним из основных путей решения этой задачи является внедрение

новых отечественных конкурентоспособных сортов.

Роль сорта в производстве зерна общеизвестна: это наиболее дешевый, доступный и быстрый способ увеличения валовых сборов. Вклад селекции в повышение урожайности зерновых культур уже к концу прошлого века оценивался в 50 % [2]. Сегодня селекция остается важнейшим стратегическим направлением сельского хозяйства, поскольку эффективность от внедрения новых высокоурожайных сортов превышает все другие агроприемы [3], а с учетом климатических изменений ее роль будет только возрастать. Новые сорта должны обладать комплексом признаков, присущих конкретной зоне и определенному уровню агротехники. Возрастает значимость раннеспелых сортов, устойчивых к болезням, способных с наименьшими потерями

переносить действие стрессовых факторов среды и обеспечивать при этом стабильность урожая [4].

Сортовые ресурсы мягкой яровой пшеницы ежегодно пополняются благодаря работе селекционных центров. Направление адаптивной селекции в Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого обусловлено как запросами рынка семян и сельхозпродукции, так и экологическими факторами региона [5]. Для Волго-Вятского региона характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткий, недостаточно обеспеченный суммой эффективных температур вегетационный период с неравномерным распределением осадков, доминирование малоплодородных дерново-подзолистых почв, ранневесенние и летние засухи, избыток осадков в период уборочных работ. Совокупность негативных природных факторов делает регион зоной рискованного земледелия. Несмотря на то, что Волго-Вятский регион не входит в число ведущих зернопроизводящих регионов России, он является ценным резервом повышения производства зерна. Особо актуальными у местных сельхозпроизводителей являются среднеранние сорта с высоким потенциалом продуктивности, устойчивые к полеганию, эдафическим стрессам и грибным патогенам. Для улучшения качества жизни населения страны и обеспечения импортозамещения перед селекционерами научного центра стоит традиционная задача – создание адаптивных конкурентоспособных сортов пшеницы. Цель настоящей работы заключается в оценке нового сорта мягкой яровой пшеницы Награда хозяйственно ценных признаков, адаптивных свойств и устойчивости к биотическим факторам среды.

Методика. Материалом для изучения являлись сорта Баженка и Награда, районированные по Волго-Вятскому региону в 2013 и 2022 гг. Исследование проводили в 2013-2022 гг. на опытном поле Федерального аграрного научного центра Северо-Востока (г. Киров) в питомнике конкурсного сортоиспытания. Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на элювии пермских глин. Агрохимические показатели: рН = 4,8, содержание P_2O_5 – 191, K_2O – 130 мг/кг почвы (по Кирсанову), содержание гумуса – 2,02 % (по Тюрину). Предпосевная обработка

включала ранневесеннее боронование, внесение минеральных удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$ кг/га д.в.) и культивацию. Опыт закладывали в четырехкратной повторности на делянках площадью 11,2 м². Семена сеяли в физиологически спелую почву с нормой высева 6 млн всхожих зерен на 1 га. Уборочные работы проводили в оптимальные сроки с наступлением полной спелости зерна. Осуществляли фенологические наблюдения, учет урожая и оценку элементов структуры продуктивности [6]. Статистическую обработку данных проводили с использованием вариационной статистики [7]. Экологическая пластичность сортов оценена по модели S.A. Eberhart и W.A. Russel [8]. Иммунологическая характеристика сорта дана по устойчивости к головнёвым [9], листовым [10] и фузариозным [11] болезням.

Температурный режим и количество осадков в годы проведения исследований существенно отличались. Расчёт гидротермического коэффициента Селянинова показал [12], что типичные для зоны метеорологические условия сложились в 2015, 2018, 2019, 2020 и 2022 гг. (ГТК = 1,20...1,44), недостаток влаги отмечали в 2013, 2014, 2016, 2021 гг. (ГТК = 0,89...1,07), избыток влаги – в 2017 г. (ГТК = 1,70).

Результаты. В 2022 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Волго-Вятском регионе, внесён среднеранний высокопродуктивный сорт мягкой яровой пшеницы Награда. Сорт интенсивного типа с потенциалом урожайности до 6,0 т/га. Назначение сорта – использование на зернофураж и продовольственные цели.

Сорт Награда создан методом внутривидовой гибридизации с последующим двукратным индивидуальным отбором из гибридной комбинации сортов [Приокская (ФИЦ «Немчиновка») x Омега (Польша)] x Росинка (Сибирский НИИСХ)]. Первое скрещивание проведено в 1994 году, второе – в 2001 году. Год выделения элитного растения – 2005, годы малого стационарного испытания – 2006-2012, годы конкурсного испытания – 2013-2018. В 2019 году сорт передан на государственное сортоиспытание. Новый сорт Награда продолжал изучаться в питомнике конкурсного испытания до 2022 года.

Разновидность – *lutescens*. Колос цилиндрический, средней длины и плотности, на конце – короткие остевидные отростки.

Плеcho нижней колосковой чешуи средней ширины, закругленное-прямое, зубец короткий, слегка изогнут, опушение внутренней стороны чешуи очень слабое. Зерновка овальной формы, бороздка неглубокая. Зерно выровненное, масса 1000 семян – 37...40 г, натурная масса – 770...820 г/л, стекловидность – 60...70 %. Содержание белка и клейковины соответственно 13...15 % и 24...30 %. По показателям хлебопекарных свойств сорт относится к группе удовлетворительных филлеров (для получения высококачественного хлеба требуются сорта-улучшители).

Тип куста прямостоячий. Растение средней длины, 80-100 см, имеет наклоненный флаговый лист с восковым налетом на влагалище, длиной 15...20 см, шириной 1,0...1,2 см. Соломина выполнена слабо,

прочная, устойчивая к полеганию (7-9 баллов по 9-балльной шкале).

Сорт среднеранний: от всходов до восковой спелости проходит 80-90 дней. Фазы колошения и созревания наступают одновременно со стандартом Баженка. Сорт характеризуется более высоким (в среднем на 3,8 %), чем у стандарта, показателем полевой всхожести.

Средняя урожайность зерна сорта Награда в питомнике КСИ лаборатории селекции мягкой яровой пшеницы ФАНЦ Северо-Востока составила 2,83 т/га, средняя прибавка к стандарту Баженка – 0,38 т/га. Сравнительная оценка урожайности нового сорта и сорта-стандарта в конкурсном сортоиспытании представлена на рисунке 1.

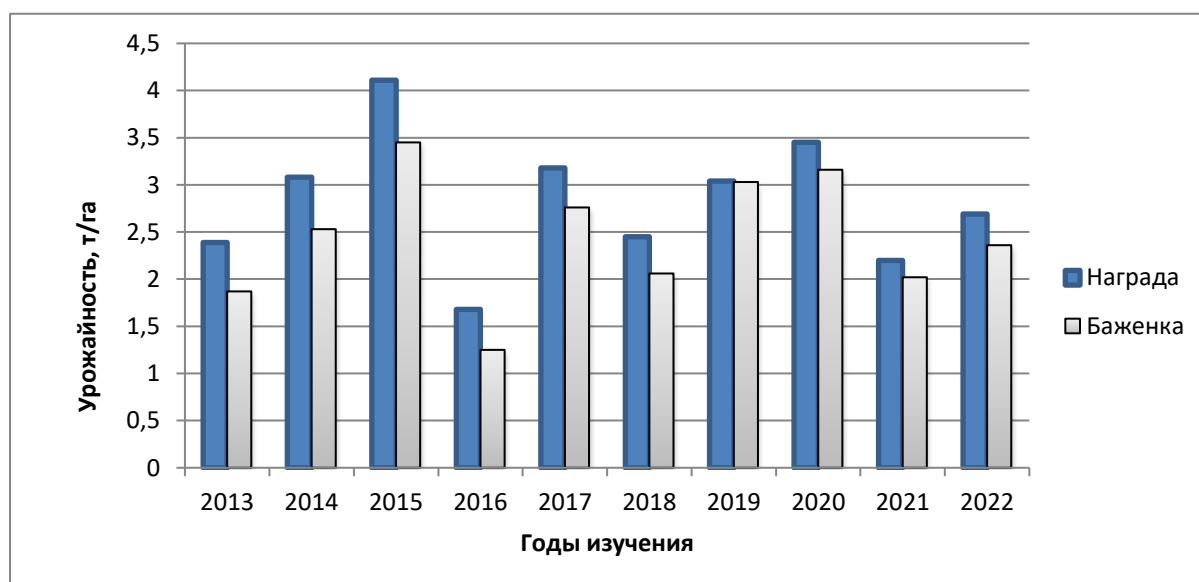


Рис. 1. Сравнительная урожайность зерна сортов Награда и Баженка в питомнике конкурсного сортоиспытания ФАНЦ Северо-Востока

Fig. 1. Comparative yield of grain varieties Nagrada and Bazhenka in the nursery of competitive variety testing FANC of the North-East

На сортоучастках Кировской области (Зуевский, Слободской и Яранский) урожайность зерна сорта Награда в 2020 году варьировала в пределах 3,41...5,18 т/га. Средняя урожайность составила 4,27 т/га с прибавкой к стандарту 0,27 т/га. В 2021 году изменчивость урожайности определялась 1,94...3,67 т/га. Средняя урожайность зерна составила 2,66 т/га с прибавкой к стандарту 0,12 т/га.

Определение адаптивных реакций сортов позволяет оценить не только их поведение в меняющихся условиях среды, но и

эффективность использования в производстве [13]. Урожайность яровой пшеницы в годы изучения сильно варьировала по годам. Размах изменчивости признака у стандарта составил 1,25...3,45 т/га, у нового сорта – 1,68...4,11 т/га. Оценка адаптивного потенциала генотипов в контрастные по условиям годы (2020-2022 гг.) позволила выявить высокую пластичность сорта Награда ($b_i = 1,20$; у сорта Баженка $b_i = 0,79$). Новый сорт рекомендуется выращивать по высокоинтенсивным технологиям, тогда он раскроет свой

продуктивный потенциал. Согласно данным агротехнических исследований по увеличению дозы минеральных удобрений, наблюдается устойчивый тренд повышения урожайности зерна до 6,0 т/га (рис. 2).

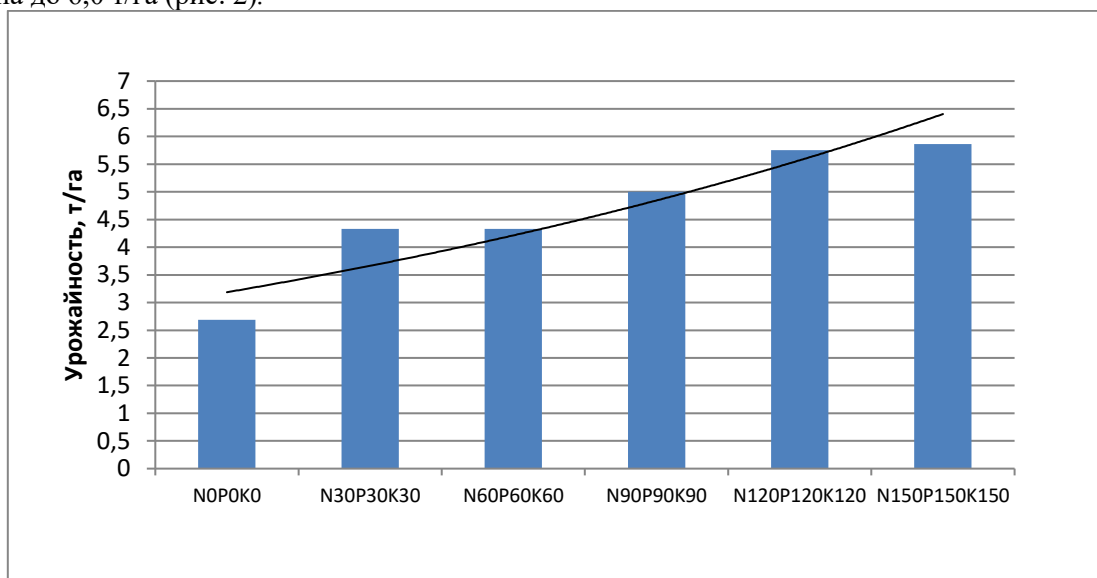


Рис. 2. Урожайность зерна сорта Награда при возрастающих дозах минеральных удобрений (2022 г.)

Fig. 2. Grain yield of the Nagrada variety with increasing doses of mineral fertilizers (2022)

Важно отметить, что в случае высокой плановой дозировки азотных удобрений (от 120 кг д.в./га) необходимо их дробное внесение по вегетации.

Контроль экологической стабильности – главная особенность адаптивной селекции. Среднее значение признака и средовая чувствительность находятся под самостоятельным генетическим контролем и являются относительно независимыми величинами [5], поэтому сорта, сочетающие

высокие значения признаков с их низкой изменчивостью, считают наиболее ценными. Коэффициенты вариации (CV, %) хозяйственно ценных признаков, сформированных при различных условиях вегетации (2013...2022), указывают на то, что новый сорт Награда по параметрам продуктивности колоса и растения характеризуется большей экологической стабильностью, чем стандартный сорт (табл. 1).

Таблица 1

Среднее значение и вариабельность хозяйственно ценных признаков сортов Награда и Баженка (2013-2022 гг.)

Признак	Новый сорт Награда		Стандарт Баженка	
	среднее значение	CV, %	среднее значение	CV, %
Урожайность, т/га	2,82	24,9	2,49	26,3
Высота растения, см	82,0	15,8	70,0	15,2
Масса 1000 семян, г	36,8	10,4	36,8	10,2
Число колосьев на 1 м ²	498	16,7	470	18,5
Длина колоса, см	7,0	13,6	6,6	15,0
Число колосков колоса, шт.	12,4	15,1	12,2	17,0
Число зерен колоса, шт.	25,7	14,7	23,6	18,0
Масса зерна с колоса, г	0,94	18,5	0,88	22,3
Масса зерна с растения, г	0,97	17,4	0,95	24,8
Натура зерна, г/л	765	4,4	765	3,0
Содержание белка в зерне, %	9,9	20,0	10,3	18,6

Селекция пшеницы на устойчивость к основным видам патогенов, встречающимся в

Волго-Вятском регионе, имеет особое значение, поскольку возделывание сортов с

комплексной устойчивостью к болезням снижает потребность в использовании химикатов, следовательно, коренным образом меняет стратегию и тактику защиты растений. Новый сорт Награда превосходит сорт-

стандарт по устойчивости к корневым гнилям, септориозу листьев и пыльной головне, слабо поражается бурой ржавчиной и мучнистой росой, слабо восприимчив к фузариозу колоса и твердой головне (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика сортов Награда и Баженка по устойчивости к болезням (min...max значения за 2013-2022 гг.)

Болезнь	Сорт Награда	Стандарт Баженка	Примечание
естественный фон			
Корневые гнили, % развития	6,1...19,8	11,7...30,4	менее 16 % – высокая устойчивость 16-25 % – средняя устойчивость более 25 % – восприимчивость
Септориоз листьев, % поражения	8,5...24,6	20,2...33,0	менее 25 % – средняя устойчивость 25-40 % – средняя восприимчивость
Бурая ржавчина, балл	7...9 (R)	7...9 (S)	S – восприимчивость R – резистентность
Мучнистая роса, балл	7...9	9	9 – очень слабое поражение 7 – слабое поражение
инфекционный фон			
Пыльная головня, % поражения	0...9,6	15,1...62,2	менее 25 % – слабая восприимчивость более 50 % – сильная восприимчивость
Твердая головня, % поражения	1,2...16,4	0...1,0	менее 10 % – практическая устойчивость 10-25 % – слабая восприимчивость
Фузариоз колоса, % поражения	10,5...30,3	12,5...32,3	менее 20 % – практическая устойчивость 20-40 % – слабая восприимчивость

На провокационном фоне в отношении возбудителя септориоза листьев выявлено защитное действие препарата Псевдобактерин 2 и препарата на основе штамма 8A13 *Streptomyces antimycoticus* [14]. Достоверное снижение степени поражения листьев у растений сорта Награда в результате предпосевной обработки семян биопрепаратами составило 21,0...22,5 %. Эффективной является обработка посевов в фазы кущения и колошения: снижение степени поражения листьев доходит до 25 %.

Применение микробиологических препаратов Азотовит и Азолен на стадии предпосевной обработки на 20-30 % повышало полевую всхожесть семян сорта Награда. При обработке посевов в фазе кущения препаратами Азолен и Азотовит установлено достоверное повышение урожайности (на 0,8 и 0,9 т/га соответственно). Для повышения показателей качества зерна эффективна внекорневая азотная подкормка (10-15 кг д.в.) в сочетании с комплексом микроэлементов в период налива зерновки.

Агротехника возделывания сорта Награда - общепринятая для зоны выращивания с обязательным протравливанием семян перед посевом. Хорошие предшественники – многолетние травы, озимая рожь, горох, пропашные. В Волго-Вятском регионе лучшим

сроком сева является первая декада мая, но поскольку сорт среднеранний, допускается более поздний срок сева. В исследовании о влиянии норм высевы семян на урожайность зерна [15] были получены следующие результаты: если при рекомендуемой норме (6,0 млн всхожих зерен/га) урожайность зерна сорта Награда составила 4,39 т/га, то с увеличением, либо уменьшением нормы на 1 млн всхожих зерен/га наблюдали, соответственно, рост и снижение урожайности на 0,38 и 0,45 т/га. Для сравнения: у стандартного сорта Баженка при рекомендуемой норме высевы урожайность составила 2,61 т/га, с увеличением нормы на 1 млн всхожих зерен/га урожайность зерна возросла на 0,91 т/га, с уменьшением – снизилась на 0,17 т/га.

Выводы. Ценность пшеницы мягкой яровой сорта Награда заключается в высокой потенциальной урожайности, раннем сроке созревания, устойчивости к изменениям факторов среды. Сорт высоко отзывывается на хороший агротехнический фон, удобрения и увлажнение. По результатам иммунологических оценок сорт обладает групповой устойчивостью к биотическим факторам. Его можно отнести к малозатратным сортам, обеспечивающим высокую эффективность возделывания. Новый сорт Награда отвечает требованиям современного сельскохозяйственного

производства и рекомендован для университетов в рамках выполнения программы возделывания по интенсивным и развития селекционно-семеноводческих центров полуинтенсивным технологиям. в области сельского хозяйства для создания и

Работа поддержана грантом внедрения в АПК современных технологий. национального проекта России «Наука и

Список источников

1. Белан И.А., Федоренко Е.Н., Россеева Л.П., Мухордова М.Е., Игнатъева Е.Ю. Перспективный сорт пшеницы мягкой яровой Семеновна – результат международного сотрудничества // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023. Т. 24. № 1. С. 46-57. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.46-57.
2. Филиппов Е.Г. Особенности селекции адаптивных сортов ячменя для различных регионов РФ // *Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: мат. II Вавиловской междунар. конф.* С-Пб. 2007. С.619-621.
3. Вражнов А.В. Пути повышения устойчивости производства зерна на Южном Урале // *Пути решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве Урала. Матер.науч.-практ.конф.* Екатеринбург, 2007. С. 9-19.
4. Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Сухарев А.А. Сорт озимой мягкой пшеницы Ростовчанка 7 и технология его возделывания // *Зерновое хозяйство России*. 2015. № 5(41). С. 39-42.
5. Волкова Л.В. Урожайные и адаптивные свойства нового сорта яровой пшеницы Награда селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока // *Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат. VII Междунар. науч.-практ. конф.* Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2021. С. 59-64.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. Вып.1, 2. 267 с.
7. Доспехов. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.
8. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1996. No 6(1). P. 684-692.
9. Кривченко В.И. Изучение устойчивости зерновых культур и расового состава возбудителей головнёвых болезней // *Методические указания*. Л. 1978. 107 с.
10. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса, 1971. 178 с.
11. Шешегова Т.К., Кедрова Л.И. Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к фузариозным болезням. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003, 30 с.
12. Волкова Л.В. Влияние гидротермических условий Кировской области на продуктивность и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023. Т. 24. № 3. С. 377-388.
13. Новохатин В.В., Шеломенцева Т.В., Драгавцев В.А. Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительности истории селекции в Северном Зауралье) // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. № 1(57). С. 81-97.
14. Харина А.В. Влияние биологических препаратов на фитосанитарное состояние посевов яровой мягкой пшеницы // *Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат. VII Междунар. науч.-практ. конф.* Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2021. С. 336-341.
15. Жилин Н.А., Снигирева О.М. Влияние элементов технологии возделывания на семенную продуктивность яровой пшеницы в условиях Кировской области // *Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат. IX Междунар. науч.-практ. конф.* Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2023. С. 260-264.

A NEW VARIETY OF SOFT SPRING WHEAT NAGRADA FOR CULTIVATION IN THE VOLGA-VYATKA REGION

©2023. Oksana S. Amunova^{1✉}, Lyudmila V. Volkova², Anastasiya V. Kharina³

^{1,2,3} Federal Agricultural Research Centre of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

¹ yuzhnoe5@mail.ru

Abstract. In modern conditions of development of the agro-industrial complex, varieties with high productivity potential and increased agro-ecological resistance are needed to increase the gross yield of wheat and provide livestock with valuable fodder grain. The article presents the economic and biological characteristics of a new early-ripening highly productive variety of soft spring wheat Nagrada, created by scientists of the Federal Agricultural Research Centre of the North-East named after N.V. Rudnitsky. The variety was released in 2022 and recommended for cultivation in the Volga-Vyatka region. The Nagrada variety has good crop capacity (in the KSI nursery, the average increase to the Bazhenka standard was 0.38 t/ha, in the strain testing stations of the Kirov region – 0.20 t/ha). The new variety is resistant to lodging (7-9 points), in terms of ear and plant productivity it is characterized by greater environmental stability than the standard variety. The Nagrada variety exceeds the standard variety in terms of resistance to root rot, leaf septoria and loose smut, is slightly affected by brown rust and powdery mildew, and is weakly susceptible to ear fusarium and common smut. An assessment of the adaptive potential in years with contrasting conditions (2020-2022) made it possible to identify the high plasticity of the Nagrada variety ($b_i = 1.20$; for the standard, $b_i = 0.79$), it is recommended to be grown using

intensive technologies. The introduction of the soft spring wheat of the Nagrada variety will play an important role in ensuring import substitution and improving the quality of life of the country's population.

Key words: soft spring wheat, Nagrada variety, yield, plasticity, disease resistance, cultivation

References

1. Belan I.A., Fedorenko E.N., Rosseeva L.P., Mukhordova M.E., Ignatieva E.Yu. Perspektivnyj sort pshenicy myagkoj yarovoj Semenovna – rezul'tat mezhdunarodnogo sotrudnichestva (The perspective soft spring wheat variety Semenovna is the result of international cooperation), *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2023, Vol. 24, No 1, pp. 46-57. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.46-57.
2. Filippov E.G. Osobennosti selekcii adaptivnyh sortov yachmenya dlya razlichnyh regionov RF (Features of breeding of adaptive varieties of barley for various regions of the RF), *Geneticheskie resursy kul'turnyh rastenij v XXI veke: mat. II Vavilovskoj mezhdunar. konf., S-Pt.*, 2007, pp. 619-621.
3. Vrazhnov A.V. Puti povysheniya ustojchivosti proizvodstva zerna na YUzhnom Urale (The ways to increase the stability of grain production in the South Ural). *Puti resheniya ekologicheskikh problem v sel'skohozyajstvennom proizvodstve Urala: mat. nauch.-prak. konf., Ekaterinburg*, 2007, pp. 9-19.
4. Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgornyy S.V., Sukharev A.A. Sort ozimoy myagkoj pshenicy Rostovchanka 7 i tekhnologiya ego vozdel'yvaniya (Winter soft wheat of the "Rostovchanka 7" variety and its cultivation technology), *Zernovoe hozyajstvo Rossii*, 2015, No 5(41), pp. 39-42.
5. Volkova L.V. Urozhajnye i adaptivnye svoystva novogo sorta yarovoj pshenicy Nagrada selekcii FGBNU FANC Severo-Vostoka *Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rasteniyevodstve (Productive and adaptive properties of new varieties of spring soft wheat Nagrada selected by the Federal FARC of the North-East): mat. VII Mezhdunar. nauch.-prak. konf., Kirov: FANC Severo-Vostoka*, 2021, pp. 59-64.
6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur (Methodology of the state variety testing of agricultural crops), M.: Kolos, 1985. Vyp.1, 2, 267 p.
7. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya) (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)), M: Kolos, 1985, 352 p.
8. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1996. No 6(1), pp. 684-692.
9. Krivchenko V.I. Izuchenie ustojchivosti zemovyh kul'tur i rasovogo sostava vozбудitelej golovnyovyh boleznej (The study of the stability of grain crops and the racial composition of the causative agents of smut diseases), *Metodicheskie ukazaniya*, L., 1978, 107 p.
10. Geshele E.E. Metodicheskoe rukovodstvo po fitopatologicheskoy ocenke zernovyh kul'tur (Methodological guide for phytopathological evaluation of grain crops), Odessa, 1971, 178 p.
11. Sheshhegova T.K., Kedrova L.V. Metodicheskie rekomendacii po sozdaniyu iskusstvennyh infekcionnyh fonov i ocnke ozimoy rzhii na ustojchivost' k fuzarijnym boleznyam. (Methodological recommendations for the creation of artificial infectious backgrounds and assessment of winter rye for resistance to fusarium diseases), Kirov: NIISKH Severo-Vostoka, 2003, 30 p.
12. Volkova L.V. Vliyaniye gidrotermicheskikh uslovij Kirovskoj oblasti na produktivnost' i kachestvo zerna sortov yarovoj myagkoj pshenicy raznyh grupp spelosti (The influence of hydrothermal conditions of the Kirov region on the productivity and quality of grain of spring soft wheat varieties of different ripeness groups), *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2023, Vol. 24, No 3, pp. 377-388.
13. Novokhatin V.V., Shelomentseva T.V., Dragavtsev V.A. Novyj kompleksnyj podhod k izucheniyu dinamiki povysheniya adaptivnosti i gomeostatichnosti u sortov myagkoj yarovoj pshenicy (na primere dlitel'nosti istorii selekcii v Severnom Zaural'e) (A novel integrative approach to study the dynamics of an increase in common spring wheat adaptivity and homeostaticity (on the example of breeding programs in the Northern Trans-Ural)), *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2022, Vol. 57, No 1, pp. 81-97.
14. Kharina A.V. Vliyaniye biologicheskikh preparatov na fitosanitarnoe sostoyaniye posevov yarovoj myagkoj pshenicy (The influence of biological preparations on the phytosanitary condition of spring soft wheat), *Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rasteniyevodstve: mat. VII Mezhdunar. nauch.-prak. konf., Kirov: FANC Severo-Vostoka*, 2021, pp. 336-341.
15. Zhilin N.A., Snigireva O.M. Vliyaniye elementov tekhnologii vozdel'yvaniya na semennuyu produktivnost' yarovoj pshenicy v usloviyakh Kirovskoj oblasti (The influence of the cultivation technology on the seed productivity of spring wheat in the conditions of the Kirov region), *Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rasteniyevodstve: mat. IX Mezhdunar. nauch.-prak. konf., Kirov: FANC Severo-Vostoka*, 2023, pp. 260-264.

Сведения об авторах

О.С. Амунова¹ – кандидат биологических наук, научный сотрудник; orcid.org/0000-0001-8560-840X

Л.В. Волкова² – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; orcid.org/0000-0002-0837-8425

А.В. Харина³ – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; orcid.org/0000-0002-0554-5814

^{1,2,3} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», 610007, г. Киров, ул. Ленина, д. 166 а.

¹ yuzhnoe5@mail.ru

Information about the authors

O.S. Amunova¹ – Cand. Biol. Sci., Researcher; orcid.org/0000-0001-8560-840X

L.V. Volkova² – Cand. Biol. Sci., Senior Researcher; orcid.org/0000-0002-0837-8425

A.V. Kharina³ – Cand. Agr. Sci., Researcher; orcid.org/0000-0002-0554-5814

^{1,2,3} Federal Agricultural Research Centre of the North-East named after N.V. Rudnitsky, 166 a, Lenina St., Kirov, 610007

¹ yuzhnoe5@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 21.07.2023; одобрена после рецензирования 22.08.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 21.07.2023; approved after reviewing 22.08.2023; accepted for publication 10.11.2023

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ПЦР ДЛЯ СКРИНИНГА ДИКОЙ СОИ

©2023. Бондаренко Ольга Николаевна^{1✉}, Лаврентьева Светлана Игоревна²

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия

¹ton@vniiso.ru

Аннотация. Изучение генетического разнообразия *Glycine soja* Sieb. & Zucc. проводили с использованием микросателлитных (SSR) маркеров, но метод требовал оптимизации определённых параметров ПЦР, один из которых - температура отжига праймера. Цель работы состояла в использовании комбинированного подхода в подборе оптимальных температур отжига SSR-праймеров с использованием современного *in silico* инструмента и традиционного экспериментального метода. Для 20 пар SSR-праймеров осуществили расчёт температур плавления (T_m) с помощью веб-версии программы OligoAnalyzer™ Tool. В опыте применяли ДНК сорта сои Лидия и формы дикой сои КТ-156. Был проведён предварительный анализ возможности образования у исследуемых пар праймеров шпилек, гомо- и гетеродимеров. Не выявили значимых вторичных структур только у 4 из 20 пар праймеров, фланкирующих локусы *Satt470*, *Satt453*, *Satt005* и *Satt571*, остальные имели от 1 и более гомо- /гетеродимеров. Определения оптимальной температуры отжига (T_a) проводили на готовой реакционной ПЦР смеси. Экспериментальным путём оптимизировали T_a праймера, использовали градиентную настройку температурного режима амплификации. Для большинства праймеров при T_a близкой к T_m отмечали побочные продукты амплификации. При выборе оптимальной T_a каждого праймера руководствовались полученными экспериментальными данными. Восемь пар праймеров (по локусам *Satt268*, *Satt565*, *Satt281*, *Satt517*, *Satt442*, *Satt431*, *Satt373*, *Satt590*) показали себя наилучшим образом – оптимальная T_a была равна рассчитанной программой T_m . В итоге для 20 пар SSR-праймеров были определены оптимальные в данных условиях T_a . Полученные в исследовании результаты будут использованы для проведения молекулярно-генетического маркирования *G. soja* с помощью SSR-анализа. Выводы данного исследования подчёркивают важность экспериментальных методов в оптимизации условий ПЦР. Несмотря на широкое использование *in silico* инструментов в последнее время, они не могут полностью заменить экспериментальные подходы в оптимизации условий ПЦР для конкретных приложений.

Ключевые слова: *Glycine soja*, *Glycine max*, ПЦР, SSR-праймеры, температура отжига, амплификация ДНК, *in silico* анализ

Введение. Дикорастущие формы сои (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) являются важным источником генетических ресурсов для создания новых сортов и линий данной культуры, устойчивых к различным стрессовым факторам [1, 2]. Одним из эффективных методов для изучения генетического разнообразия и полиморфизма дикорастущих форм сои является анализ микросателлитных маркеров (Simple Sequence Repeats, SSR-анализ). Изучение SSR-маркеров в геноме дикой сои позволяет получать внутри- и межвидовую информацию о структуре генов, определять генетическое разнообразие, изучать происхождение и историю популяций и т.д. [3]. Поэтому исследование SSR-маркеров

является важным этапом для улучшения диких форм и их адаптации к различным климатическим условиям, а также для развития новых генетических ресурсов [4, 5].

SSR-анализ – это метод, который используется для определения полиморфизма микросателлитных локусов в геноме растений. Он является одним из наиболее достоверных и точных методов анализа молекулярной маркировки генома, который имеет множество применений в современной генетике [6, 7]. В частности, в исследованиях дикой сои SSR-анализ играет особенно важную роль [8–10]. Для его проведения подбирают праймеры – короткие специфические последовательности

ДНК, повторяющие мотивы, которые фланкированы уникальными последовательностями, обеспечивающими опорную точку для амплификации через полимеразную цепную реакцию (ПЦР). Пары праймеров разрабатывают на основе этих фланкирующих последовательностей, поскольку эти последовательности обычно с высокой степенью вероятности сохраняются [4]. Однако подбор праймеров для SSR-анализа дикой сои является сложной задачей, так как информация о генетическом уровне разнообразия, структуре популяции *G. soja* с использованием SSR-маркеров в литературе представлена в меньшей степени, и имеющиеся на сегодняшний день праймеры в большинстве своём адаптированы к геному *Glycine max* (L.) Merr. Кроме того, само проведение данного анализа связано с рядом особенностей, которые требуют определённых знаний и подходов, в частности, подбора праймеров и условий их отжига.

После того, как праймеры выбраны, необходимо провести их отжиг при определённых условиях, которые смогут значительно повысить специфичность ПЦР и уменьшить вероятность образования нежелательных продуктов амплификации. Один из основных параметров отжига – это температура. Точная температура отжига зависит от длины и состава праймеров, а также от особенностей ПЦР-системы. Оптимальная температура отжига (T_a) может определяться градиентным термоциклером или путём последовательного изменения температуры в амплификаторе с фиксированными праймерами. Традиционно, анализ праймеров производится экспериментальными методами, но для этого требуется много времени, и поэтому использование *in silico* инструментов существенно упрощает данный процесс. Преимущество использования инструментов *in silico* для анализа праймеров состоит в их скорости и точности. Экспериментальный анализ требует применения методов, таких как электрофорез или спектрофотометрия, требующих большего количества времени и ресурсов, чем инструменты *in silico*. Кроме того, инструменты *in silico* могут предсказать оптимальные условия проведения ПЦР реакции и помочь избежать получения

нежелательных продуктов. Они могут позволить пользователям оптимизировать под свои условия ПЦР и повторно использовать праймеры, что сэкономит время и ресурсы.

Одним из инструментов для анализа праймеров является OligoAnalyzer™ Tool¹. Этот инструмент используется для прогнозирования температуры плавления праймеров (T_m), анализа GC содержания и потенциальных гомодимеров или димеров. OligoAnalyzer™ Tool позволяет установить оптимальные условия для проведения ПЦР и получения желаемого продукта. Для проведения успешного эксперимента необходимо использовать праймеры, специфичные для искомой области ДНК, имеющие необходимую температуру плавления и длину, не образующие димеры или гомополимерные области. Предварительный анализ праймеров с помощью OligoAnalyzer™ Tool способствует упрощению этого процесса благодаря инструментам для анализа праймеров онлайн. Оптимизация условий ПЦР является критическим шагом для получения надёжных результатов. Цель исследования состояла в подборе оптимальных температур отжига SSR-праймеров с использованием современного инструмента *in silico* и традиционного экспериментального метода ПЦР для дальнейшего скрининга форм дикой сои.

Методика. Опыты проводили в 2023 г. на базе лаборатории биотехнологии ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Объектом исследования служили 20 пар SSR-праймеров, предложенных ранее коллективом авторов статьи² в качестве предлагаемой маркерной системы для идентификации и паспортизации форм дикой сои (табл. 1) [11]. Для каждой из представленных пар праймеров была рассчитана температура отжига (веб-версия программы OligoAnalyzer™ Tool) и проведён предварительный анализ возможности образования праймерами шпилек, гомо- и гетеродимеров. Для каждой вторичной структуры было рассчитано значение стандартной энергии Гиббса (ΔG). В случае получения ΔG , равного -9 ккал/моль, или более отрицательного, предполагали, что данный олигонуклеотид может быть проблематичным для использования в ПЦР, при этом игнорировали структуры, ΔG образования которых больше -5 ккал/моль³.

1 <https://eu.idtdna.com/pages/tools/oligoanalyzer>

2 <https://rscf.ru/project/23-26-00076/>

3 <https://eu.idtdna.com/pages/support/faqs/how-do-i-use-the-oligoanalyzer-tool-to-analyze-possible-hairpins-and-dimers-formed-by-my-oligo>

Характеристика используемых SSR-праймеров

Наименование локуса	Последовательность фланкирующих праймеров (5'-3') ⁴	Ожидаемый размер продукта ПЦР, п.н.
<i>Satt236</i>	f*: GCGTGCTTCAAACCAACAACAACCTTA; r**: CGGTTTGCAGTACGTACCTAAAATAGA;	227
<i>Satt470</i>	f: GACCATTATGCTTTTTCTCTTT; r: CTTTATCCTCCTCCATTAGTTCTA;	258
<i>Satt453</i>	f: GCGGAAAAAAAAACAATAAACAACA; r: TAGTGGGAAGGGAAGTTACC;	234
<i>Satt556</i>	f: GCGATAAAACCCGATAAATAA; r: GCGTTGTGCACCTTGTCTTTCT;	163
<i>Satt565</i>	f: GCGCCCGGAACCTTGTAATAACCTAAT; r: GCGCTCTCTTATGATGTTTCATAATAA;	189
<i>Satt281</i>	f: AAGCTCCACATGCAGTTCAAAAC; r: TGCATGGCACGAGAAAGAAGTA;	183
<i>Satt005</i>	f: TATCCTAGAGAAGAACTAAAAAA; r: GTCGATTAGGCTTGAATAA;	141
<i>Satt002</i>	f: TGTGGGTAATAATAGATAAAAAAT; r: TCATTTGAATCGTTGAA;	126
<i>Satt268</i>	f: TCAGGGGTGGACCTATATAAATAA; r: CAGTGGTGGCAGATGTAGAA;	235
<i>Satt146</i>	f: AAGGGATCCCTCAACTGACTG; r: GTGGTGGTGGTGAACACTATTAGAA;	287
<i>Satt517</i>	f: CTTGTTGCCTTTAACACACTTCAT; r: TCAACTGAAAAAGGAACTAGAATAATG;	264
<i>Satt442</i>	f: CCTGGACTTGTGGCTCATCAA; r: GCGGTTCAAGGCTTCAAGTAGTCAC;	260
<i>Satt571</i>	f: GGGTAGGGGTGGAATATAAG; r: GCGGGATCCGCGGATGGTCAAAG;	156
<i>Satt431</i>	f: GCGTGGCACCTTGATAAATAA; r: GCGCACGAAAGTTTTCTGTAAACA;	230
<i>Satt588</i>	f: GCTGCATATCCACTCTCATTGACT; r: GAGCCAAAACCAAAGTGAAGAAC;	168
<i>Satt373</i>	f: TCCGCGAGATAAATTCGTAATAAT; r: GGCCAGATACCCAAGTTGTAAGTGT;	248
<i>Satt022</i>	f: GGGGGATCTGATTGTATTTTACCT; r: CGGGTTTCAAAAACCATCCTTAC;	204
<i>Satt173</i>	f: TGCGCCATTTATCTCTCA; r: AAGCGAAATCACCTCCTCT;	198
<i>Satt234</i>	f: TGAGAGCAGGACATTTT; r: TCTGCGAGTGTCTTTCTG;	216
<i>Satt590</i>	f: GCGCGCATTTTTTAAGTTAATGTTCT; r: GCGCGAGTTAGCGAATTATTTGTC.	310

Примечание: * f – прямой праймер, ** r – обратный праймер.

При проведении ПЦР с исследуемыми праймерами в качестве стандартных образцов для анализа были использованы форма дикой сои КТ-156 и сорт сои Лидия (урожай 2022 г.), семена которых предоставлены лабораторией селекции и первичного семеноводства ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. В экспериментальной части опыта семена сои первоначально проращивали согласно ГОСТ 12044-93 в рулонах фильтровальной бумаги в течение 7-и суток при температуре 25 °С. Проростки сои хранили при температуре -18 °С до проведения

исследований. Выделение и очистка суммарной ДНК из 10 растений каждого вида была выполнена с использованием набора реагентов «ДНК-Экстран» для выделения геномной ДНК из растений (НПК «Синтол», Россия). Концентрацию двухцепочечной ДНК измеряли с помощью наноспектрофотометра «EzDrop 1000» (Blue-Ray, Тайвань). По результатам данного этапа, перед проведением амплификации, концентрацию образцов выделенной ДНК разбавляли до 100 нг/мкл. ПЦР осуществляли в конечном объеме

⁴ <https://soybase.org/resources/ssr.php>

реакционной смеси 25 мкл: 12,5 мкл готовая реакционная смесь БиоМастер HS-Тaq ПЦР-Color (2×) (ООО «Биолабмикс», Россия), содержащая 100 мМ Трис-НСl, рН 8,5 (при 25°C); 100 мМ КСl, 0,4 мМ каждого дезоксинуклеозидтрифосфата, 4 мМ MgCl₂, 0,06 ед. акт./мкл Таq ДНК-полимеразы, 0,2 % Tween 20, стабилизаторы HS-Тaq ДНК-полимеразы и красители; 10 нг образца выделенной ДНК; по 10 пМ прямого и обратного праймеров; 9,5 мкл стерильной воды. Амплификацию выделенных фрагментов ДНК сои проводили с помощью амплификатора CFX96 (Bio-Rad laboratories Inc., США) при следующих температурных режимах: начальная денатурация при 95 °С в течение 5 мин, затем 35 циклов при температурно-временном режиме: денатурация - при 95 °С в течение 10 сек, отжиг праймера - при 45–61 °С (в зависимости от праймера) в течение 30 сек, элонгация – при 72 °С в течение 50 сек; финальная элонгация – при 72 °С в течение 12 мин. Продукты реакции были разделены методом электрофореза в 2 % агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, в 0,5×TBE с использованием камеры для горизонтального электрофореза SE-1 в течение 1,5–2 ч при силе тока 50 мА и напряжении 90 – 100 В. Визуализация осуществлена путём облучения геля ультрафиолетом с использованием геледокументирующей системы «GelDoc EZ» (Bio-Rad laboratories Inc., США). Идентификацию аллелей микросателлитных локусов проводили с использованием программы Image Lab Version 6.0.1. Все экспериментальные опыты были проведены в трехкратной повторности.

Результаты. На первом этапе постановки опыта с использованием комбинированного подхода в оптимизации условий ПЦР с помощью инструментария OligoAnalyzer™ Tool произвели анализ температуры плавления праймеров. Важно помнить, что на T_m праймера значительно влияет концентрация ионов Mg²⁺, содержащихся в буфере для ПЦР, т.к. его положительный заряд экранирует отрицательный заряд сахарофосфатного остова ДНК. Высокая концентрация магния может поднять T_m праймера в некоторых случаях на 10 градусов, при этом

увеличивается вероятность неспецифического связывания праймера с матрицей (mispriming) и происходит образование побочных продуктов. Благодаря тому, что в веб-сервис, используемый в работе, встроено более совершенный способ предсказания температуры плавления, учитывающий термодинамические данные и вклад окружения для каждого азотистого основания в составе олигонуклеотида, был произведён наиболее точный расчёт T_m . При этом учитывали состав реакционной смеси для проведения ПЦР, указанный в методической части. Отталкивались от параметров готовой реакционной смеси БиоМастер HS-Тaq ПЦР-Color (2×), которую в предыдущих работах коллектив авторов в рамках скрининга сортов культурной сои неоднократно использовал, в дополнительной коррекции состав смеси не нуждался [12]. Задача исследований в целом состояла исключительно в корректировке параметра температуры отжига праймеров. Проведённый анализ 20 пар праймеров показал возможность образования вторичных структур у некоторых из них (табл. 2).

Ни у одного из указанных олигонуклеотидов не выявлена способность к образованию шпилек при температурах, близких к T_m праймера. В качестве примера приведена одна из возможных структур шпильки, которая могла бы образоваться при $T_m = 35,1$ °С на последовательности прямого праймера, фланкирующего локус *Satt590*, и создать вероятный альтернативный сайт посадки для полимеразы (рис. 1А). Из-за низких T_m и высоких значений ΔG игнорировали такие структуры. В результате анализа на возможность образования гомо- и гетеродимеров у 20 пар, только у 4-х из них, фланкирующих локусы *Satt470*, *Satt453*, *Satt005* и *Satt571*, не выявили значимых вторичных структур. Для праймеров отметили наибольшее количество возможных гомодимеров – 4 (из которых 3 имели $\Delta G \leq -9$ ккал/моль) и гетеродимеров – 5 (из которых 2 имели $\Delta G \leq -9$ ккал/моль), последовательность которых фланкирует локус *Satt590* (рис. 1 Б, В). Предположили возможность затруднённого использования данной пары праймеров и некоторых других в дальнейшей работе (см. табл.2).

Анализ исследуемых SSR-праймеров

Наименование локуса	Наличие значимых вторичных структур ($\Delta G \leq -5$ ккал/моль)			Температура плавления праймеров (T_m), °C	Оптимальная температура отжига (T_a), °C
	шпильки	гомодимеры	гетеродимеры		
<i>Satt236</i>	0	0	3	59,7	60,2
<i>Satt470</i>	0	0	0	49,1	54,0
<i>Satt453</i>	0	0	0	52,9	54,2
<i>Satt556</i>	0	0	1	47,9	54,5
<i>Satt565</i>	0	2	1	59,1	59,1
<i>Satt281</i>	0	3	3 ^{1*}	55,8	55,8
<i>Satt005</i>	0	0	0	47,2	53,5
<i>Satt002</i>	0	0	3	45,9	49,4
<i>Satt268</i>	0	1	0	52,3	52,4
<i>Satt146</i>	0	1 ¹	0	53,6	55,2
<i>Satt517</i>	0	1	3	54,4	54,4
<i>Satt442</i>	0	0	2	54,2	54,2
<i>Satt571</i>	0	0	0	48,6	55,0
<i>Satt431</i>	0	0	2	54,4	54,4
<i>Satt588</i>	0	1	0	56,1	57,9
<i>Satt373</i>	0	3 ¹	0	52,7	52,4
<i>Satt022</i>	0	0	4	53,8	54,7
<i>Satt173</i>	0	0	2	46,8	55,5
<i>Satt234</i>	0	0	1	45,8	56,3
<i>Satt590</i>	0	4 ³	5 ²	56,8	56,9

Примечание: *количество значимых вторичных структур, ΔG которых менее -9 ккал/моль

Второй этап оптимизации условий ПЦР заключался в использовании традиционного экспериментального метода. Была проведена оптимизация температуры отжига праймеров опытным путём. Для этого с каждой парой праймеров проводили ПЦР, где ДНК образцов сои амплифицировали согласно установленному протоколу, изменяя T_a в опыте с помощью градиентной установки температур амплификатора CFX96 с итоговым

увеличением на 3–7 °C от рассчитанной T_m . Выбор оптимального значения температуры отжига основывали на получении чётких, хорошо различимых амплифицированных фрагментов в характерном для каждого локуса диапазоне количества п.н. (рис. 2).

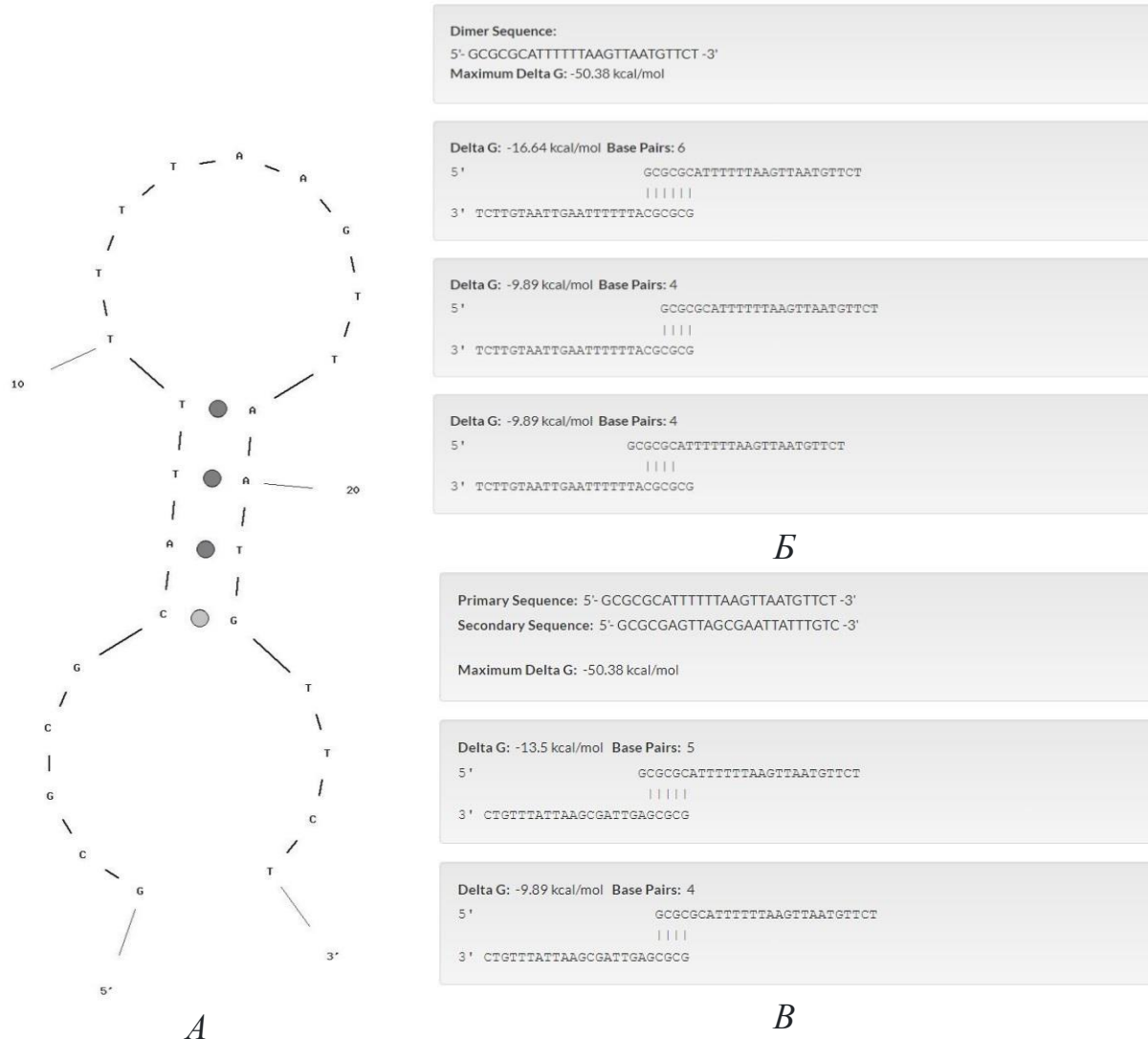


Рис 1. Возможные вторичные структуры последовательности праймеров, фланкирующей локус Satt590

Fig. 1. Possible secondary structures of the primer sequence flanking the Satt590 locus

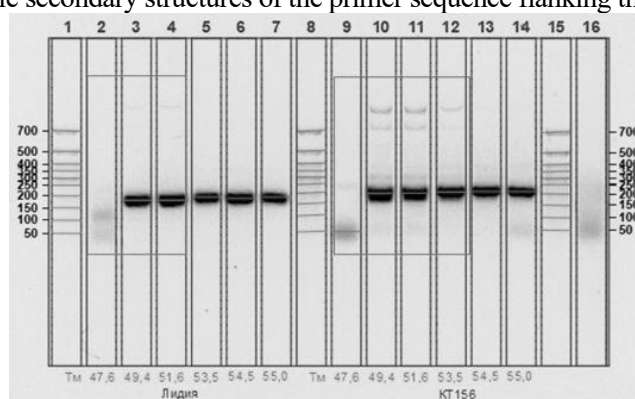


Рис 2. Электрофореграмма продуктов амплификации фрагментов ДНК сои по локус Satt556
 Дорожки: 1, 8, 15 – маркер молекулярной массы 50bp DNA Ladder, 2-7 – сорт сои Лидия, 9-14 – форма дикой сои КТ-156, 16 – отрицательный контроль. Слева направо обозначены температуры отжига праймеров

Fig. 2. Electrophoregram of soybean DNA fragment amplification products at the Satt556 locus
 Tracks: 1, 8, 15 – molecular mass marker 50bp DNA Ladder, 2-7 – Lidia soybean variety, 9-14 – forms of wild soybean KT-156, 16 – negative control. From the left to the right primer annealing temperatures are indicated

Температура отжига, представленной на рисунке пары праймеров, варьировала от 47,6 до 55,0 °С. Изменение T_a на несколько градусов позволило минимизировать количество неспецифических фракций ДНК. В итоге для пары праймеров, фланкирующих locus *Satt556*, наиболее чёткие фрагменты были детектированы при $T_a = 54,5$ °С. Аналогичным образом произвели анализ

оставшихся 19 пар праймеров, оптимальные температуры отжига которых представлены в таблице 2. Восемь пар праймеров (локусы *Satt268*, *Satt565*, *Satt281*, *Satt517*, *Satt442*, *Satt431*, *Satt373*, *Satt590*) показали себя наилучшим образом – оптимальная T_a была равна T_m , рассчитанные программой (рис. 3).

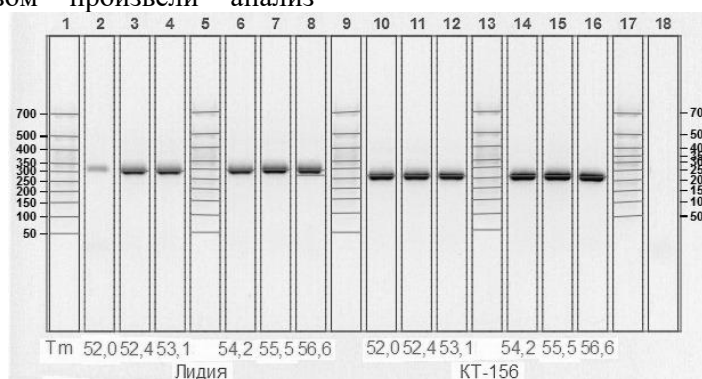


Рис 3. Электрофореграмма продуктов амплификации фрагментов ДНК сои по locus *Satt373*
 Дорожки: 1,5,9,13,17 – маркер молекулярной массы 50bp DNA Ladder,
 2-4,6-8 – сорт сои Лидия, 10-12,14-16 – форма дикой сои КТ-156, 18 – отрицательный контроль.
 Слева направо обозначены температуры отжига праймеров

Fig. 3. Electrophoregram of soybean DNA fragment amplification products at the *Satt373* locus
 Tracks: 1,5,9,13,17 – molecular mass marker 50bp DNA Ladder,
 2-4,6-8 – Lidia soybean variety, 10-12,14-16 – forms of wild soybean KT-156, 18 – negative control.
 From the left to the right primer annealing temperatures are indicated.

Две пары праймеров, фланкирующих локусы *Satt173* и *Satt234*, потребовали значительной проработки экспериментальным путём. Так, по locusу *Satt234* в варианте T_a от 45,9 до 53,5 °С некоторые образцы не амплифицировались с матричной ДНК или образовывали чёткий неспецифический продукт реакции в диапазоне 700 п.н. Дополнительная оптимизация T_a в диапазоне от 53,0 до 57,5 °С также не дала чётких результатов, и только в варианте T_a от 55,0 до 56,5 °С удалось обнаружить фрагмент в характерной области п.н. по locusу и без побочных структур. Аналогичная работа потребовалась по locusу *Satt173*, несмотря на отсутствие предсказанных по средствам расчёта OligoAnalyzer™ значимых вторичных структур. Также для некоторых других пар праймеров, предварительный анализ которых не показал возможности образования у них в процессе отжига шпилек, гомо- или гетеродимеров, экспериментальная T_a превосходила T_m на величину от 1,3 (*Satt453*) до 6,4 °С (*Satt571*), что на порядок выше

программных расчётов. Предположили, что в данных случаях на увеличение T_a в большей степени повлияли неучтённые параметры, такие как температура денатурации и синтеза цепи, количество циклов, время линейного измерения, а также наличие возможных посторонних ингибиторов и фоновой ДНК. Параметры, влияющие на эффективность ПЦР, такие как концентрация ДНК полимеразы, dNTPs, $MgCl_2$, ДНК матрицы, праймеров, были постоянными и принимались как неизменяемые [13]. Несмотря на все преимущества инструментов *in silico*, они не могут полностью заменить экспериментальные подходы в оптимизации условий ПЦР. Важно учитывать индивидуальные особенности скрининга, такие как вариабельность ДНК-образцов, уровень загрязнения микробиологическими примесями, длину ампликона и другие факторы, которые могут влиять на эффективность реакции. Поэтому экспериментальные подходы могут включать изменение различных параметров реакции

ПЦР, таких как время и температура амплификационных циклов, концентрация праймеров и АМФ, добавление кофакторов и других веществ.

Выводы. Таким образом, в результате проведённых исследований при помощи комбинированного подхода в подборе оптимальных температур отжига SSR-праймеров с использованием современного инструмента *in silico OligoAnalyzer™* и традиционного экспериментального метода, получили результаты, которые могут быть использованы при выборе температуры отжига для проанализированных 20 пар SSR-праймеров с целью проведения молекулярно-генетического маркирования *G. soja* с применением ПЦР. Наиболее оптимальный подход к подбору праймеров и условий их отжига - экспериментальный. Он даёт

возможность получить наиболее точные и надёжные результаты, возможность оценить влияние различных факторов на результаты SSR-анализа. Выводы данного исследования подчёркивают важность экспериментальных методов в оптимизации условий ПЦР. Несмотря на широкое использование в последнее время инструментов *in silico*, они не могут полностью заменить экспериментальные подходы в оптимизации условий ПЦР для конкретных приложений. Чтобы достичь максимального результата исследований, должны быть учтены все факторы, которые могут повлиять на эффективность реакции.

Исследование выполнено за счет гранта Российской научного фонда № 23-26-00076, <https://rscf.ru/project/23-26-00076/>

Список источников

1. Zhuang Y., Li X., Hu J., Xu R., Zhang D. Expanding the gene pool for soybean improvement with its wild relatives // *aBIOTECH*. 2022. Vol.3, № 2. P.115–125. doi:10.1007/s42994-022-00072-7
2. Viana J.P.G, Fang Y., Avalos A., et al. Impact of multiple selective breeding programs on genetic diversity in soybean germplasm // *Theor Appl Genet*. 2022. Vol.135, №5. P. 1591–1602. doi: 10.1007/s00122-022-04056-5.
3. Kamala, R., Bharathi, M., Bhargavi, B., et al. SSR markers-based genetic diversity analysis of wild soybean (*Glycine soja*) accessions for yield and yield related traits // *Proc Natl Acad Sci, India, Sect B Biol Sci*. 2018. № 89. P. 141–151.
4. Абуғалиева С. И. Генетическое разнообразие сои (*Glycine max* (L.) Merrill) // *Биотехнология. Теория и практика*. 2013. № 4. С. 13–19.
5. Li Y.H., Li W., Zhang C., et al. Genetic diversity in domesticated soybean (*Glycine max*) and its wild progenitor (*Glycine soja*) for simple sequence repeat and single-nucleotide polymorphism loci // *New Phytol*. 2010. Vol.188, №1. P. 242–253. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03344.x.
6. Htwe N.M., Luo Z.Q., Jin L.G., et al. Functional marker development of miR1511-InDel and allelic diversity within the genus *Glycine*. *BMC Genomics*. 2015. No. 16(1). P.467. doi:10.1186/s12864-015-1665-3
7. Присяжнюк Л.М., Мельник С.И., Шитикова Ю.В., Сигалова И.А., Иваницкая А.П. Использование SSR-маркеров для дифференциации новых сортов сои (*Glycine max* (L.) Merr.) // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-ssr-markerov-dlya-differentsiatsii-novyh-sortov-soi-glycine-max-l-merr> (дата обращения: 13.07.2023).
8. Liu J., Chang Z., Zhang J., et al. Optimization of microsatellite marker polymorphism and reliability assessment for the novel Chinese soybean germplasm using rice SSRs // *Molecular Breeding*. 2015. №35 P. 106.
9. Nakano M., Fujita Y., Asano K., et al. Analysis of genetic diversity and population structure of wild soybean populations in Japan using microsatellite markers // *Breed. Sci*. 2014. №64. P. 140–148.
10. Singh A., Jain A.K., Vikram P., et al. Suitability of microsatellite markers for DNA fingerprinting analysis of Indian soybean varieties // *J. Appl. Genet*. 2018. №59. P. 233–242.
11. Cregan P.B., Jarvik T., Bush A.L., et al. An Integrated Genetic Linkage Map of the Soybean Genome // *Crop Science*. 1999. № 39. P. 1464–1490.
12. Бондаренко О. Н., Блинова А. А., Иваченко Л. Е., Лаврентьева С. И. Подбор микросателлитных локусов ДНК для создания молекулярно-генетических паспортов диких форм и сортов сои амурской селекции // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2022. № 2(222). С. 37–48. DOI 10.37102/0869-7698_2022_222_02_3.
13. Полиданов М. А., Блохин И. С. Особенности выполнения диагностического ПЦР-анализа // *Стратегия научно-технологического развития России: проблемы и перспективы реализации*. Петрозаводск : Международный центр научного партнёрства «Новая Наука», 2020. С. 30–47.

COMBINED METHOD OF OPTIMIZATION OF PCR CONDITIONS FOR WILD SOYBEAN SCREENING

©2023. Bondarenko Olga Nikolaevna^{1✉}, Lavrent'yeva Svetlana Igorevna²

^{1,2}All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia

¹ton@vniisoi.ru

Abstract. The study of the genetic diversity of *Glycine soja* Sieb. & Zucc. was carried out using microsatellite (SSR) markers, but the method required some optimization of certain PCR parameters, one of which is the annealing temperature of the primer. The aim of the work was to use a combined approach in the selection of optimal annealing temperatures of SSR-primers using a modern *in silico* tool and the traditional experimental method. For 20 pairs of SSR-primers, melting temperatures (T_m) were calculated using the web version of the OligoAnalyzer™ Tool. In the experiment, DNA of the Lydia soybean variety and forms of wild soybean KT-156 were used. A preliminary analysis of the possibility of the formation of hairpins, homo- and heterodimers in the studied primer pairs was conducted. No significant secondary structures were found in only 4 out of 20 pairs of primers flanking the loci *Satt470*, *Satt453*, *Satt005* and *Satt571*, the rest had 1 or more homo-/heterodimers. The optimal annealing temperature (T_a) was determined on the finished reaction PCR mixture. Experimentally, the T_a of the primer was optimized, a gradient setting of the temperature mode of amplification was used. For most primers, at T_a close to T_m , amplification byproducts were noted. When choosing the optimal T_a of each primer, we were guided by the experimental data obtained. Eight pairs of primers (by loci *Satt268*, *Satt565*, *Satt281*, *Satt517*, *Satt442*, *Satt431*, *Satt373*, *Satt590*) showed themselves in the best way – the optimal T_a was equal to the T_m calculated by the program. As a result, optimal T_a were determined for 20 pairs of SSR-primers under these conditions. The results obtained in the study will be used for molecular genetic labeling of *G. soja* using SSR-analysis. The conclusions of this study emphasize the importance of experimental methods in optimizing PCR conditions. Despite the widespread use of *in silico* tools recently, they cannot completely replace experimental approaches in optimizing PCR conditions for specific applications.

Key words: Glycine soja, Glycine max, PCR, SSR-primers, annealing temperature, DNA amplification, in silico analysis.

Funding: The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-26-00076, <https://rscf.ru/project/23-26-00076/>

References

1. Zhuang Y., Li X., Hu J., Xu R., Zhang D. Expanding the gene pool for soybean improvement with its wild relatives // *ABIOTECH*, 2022, Vol.3, No. 2, pp.115–125. doi:10.1007/s42994-022-00072-7
2. Viana J.P.G, Fang Y., Avalos A., et al. Impact of multiple selective breeding programs on genetic diversity in soybean germplasm // *Theor Appl Genet*, 2022, Vol.135, No.5, pp. 1591–1602. doi: 10.1007/s00122-022-04056-5.
3. Kamala, R., Bharathi, M., Bhargavi, B., et al. SSR markers-based genetic diversity analysis of wild soybean (*Glycine soja*) accessions for yield and yield related traits // *Proc Natl Acad Sci, India, Sect B Biol Sci*, 2018, No. 89, pp. 141–151.
4. Abugaliyeva S. I. Geneticheskoye raznoobraziye soi (*Glycine max* (L.) Merrill) (Genetic diversity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)) // *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika*, 2013, No. 4, pp. 13–19.
5. Li Y.H., Li W., Zhang C., et al. Genetic diversity in domesticated soybean (*Glycine max*) and its wild progenitor (*Glycine soja*) for simple sequence repeat and single-nucleotide polymorphism loci // *New Phytol*, 2010, Vol.188, No.1, pp. 242–253. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03344.x.
6. Htwe N.M., Luo Z.Q., Jin L.G., et al. Functional marker development of miR1511-InDel and allelic diversity within the genus *Glycine*. *BMC Genomics*, 2015, No. 16(1), pp.467. doi:10.1186/s12864-015-1665-3
7. Prisyazhnyuk L.M., Mel'nik S.I., Shitikova YU.V., Sigalova I.A., Ivanitskaya A.P. Ispol'zovaniye SSR-markerov dlya differentsiatsii novykh sortov soi (*Glycine max* (L.) Merr.) (The use of SSR-markers to differentiate new soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merr.)) // *Plant Varieties Studying and Protection*, 2017, No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-ssr-markerov-dlya-differentsiatsii-novyh-sortov-soi-glycine-max-l-merr> (date of access: 07/13/2023).
8. Liu J., Chang Z., Zhang J., et al. Optimization of microsatellite marker polymorphism and reliability assessment for the novel Chinese soybean germplasm using rice SSRs // *Molecular Breeding*, 2015, No.35, pp. 106
9. Nakano M., Fujita Y., Asano K., et al. Analysis of genetic diversity and population structure of wild soybean populations in Japan using microsatellite markers // *Breed. Sci.*, 2014, No.64, pp. 140–148.
10. Singh A., Jain A.K., Vikram P., et al. Suitability of microsatellite markers for DNA fingerprinting analysis of Indian soybean varieties // *J. Appl. Genet.*, 2018, No.59, pp. 233–242.
11. Cregan P.B., Jarvik T., Bush A.L., et al. An Integrated Genetic Linkage Map of the Soybean Genome // *Crop Science*, 1999, No. 39, pp. 1464–1490.
12. Bondarenko O. N., Blinova A. A., Ivachenko L. Ye., Lavrent'yeva S. I. Podbor mikrosatelitnykh lokusov DNK dlya sozdaniya molekulyarno-geneticheskikh pasportov dikikh form i sortov soi amurskoy selektsii (Selection of microsatellite DNA loci for the creation of molecular genetic passports of wild forms and varieties of Amur soybeans) // *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2022, No. 2(222), pp. 37–48. DOI 10.37102/0869-7698_2022_222_02_3.

13. Polidanov M. A., Blokhin I. S. Osobennosti vypolneniya diagnosticheskogo PTSR-analiza (Features of performing diagnostic PCR analysis) // Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya aRossii: problem i perspektivy realizatsii. Petrozavodsk : Mezhdunarodny tsentr nauchnogo partnjorstva «Novaya Nauka», 2020, pp. 30–47.

Сведения об авторах

О.Н. Бондаренко^{1□} – научный сотрудник;

С.И. Лаврентьева² – ведущий научный сотрудник.

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе 19

¹ton@vniisoi.ru

²lana.lavrenteva.1984@mail.ru

Information about the authors

O.N. Bondarenko^{1□} – Researcher;

S.I. Lavrent'yeva² – Cand. Biol. Sci., Associate Professor, Leading Researcher.

^{1,2}Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», 19, Ignatievskoe Shosse St., Blagoveshchensk, Amur region, 675027, Russia

¹ton@vniisoi.ru

²lana.lavrenteva.1984@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 19.07.2023; одобрена после рецензирования 25.08.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 19.07.2023; approved after reviewing 25.08.2023; accepted for publication 10.11.2023

ВЛИЯНИЕ НОРМЫ ВЫСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ ФАЦЕЛИИ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

©2023. Станислав Сергеевич Жирных

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия, ugniish-nauka@yandex.ru

Аннотация. Посев сидеральных культур – это один из эффективных и наименее затратных способов не только поддержания, но и повышения плодородия почв. Цель исследований: изучить влияние норм высева фацелии пижмолистной на урожайность надземной биомассы в условиях Удмуртской Республики. Исследования закладывались в Удмуртском федеральном исследовательском центре Уральского отделения Российской академии наук в 2021-2022 гг. Объект исследований – фацелия пижмолистная (сорт Ульяновская местная). Было изучено 8 норм высева – от 3 до 10 млн всхожих семян/га. В весовом эквиваленте норма высева семян фацелии находилась в пределах от 6,7 до 22,2 кг/га. В очень контрастные по погодным условиям годы фацелия зарекомендовала себя как отличная сидеральная культура, способная даже при неблагоприятных погодных условиях формировать высокий урожай надземной биомассы. В условиях 2021 года её урожайность, в зависимости от нормы высева, находилась в пределах 17,08-21,78 т/га, в 2022 году она была несколько ниже и составила 12,67-16,08 т/га. В среднем за 2 года исследований наименьшая урожайность зелёной массы фацелии была получена в вариантах с минимальными нормами высева – 3-5 млн всхожих семян/га, также низкая урожайность отмечена при максимальной норме высева – 10 млн всхожих семян/га. Наибольшая урожайность была получена в вариантах с нормами высева 6, 7, 8 и 9 млн всхожих семян/га, она составила соответственно 17,68, 18,76, 18,89 и 18,04 т/га (сух./в-ва 4,50, 4,68, 4,96 и 4,56 т/га).

Ключевые слова: фацелия, норма высева, урожайность надземной биомассы

Введение. Почвенное плодородие – это способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге, воздухе, обеспечивать оптимальные условия для их жизнедеятельности. В Удмуртской Республике почти 80 % площадей занимают дерново-подзолистые почвы. Такие почвы характеризуются невысоким естественным плодородием – низким содержанием гумуса, микро- и макроэлементов питания, также отличаются неудовлетворительными физическими свойствами, характеризуются невысоким содержанием водопрочных агрегатов, вследствие чего, после выпадения осадков, очень сильно подвержены формированию почвенной корки [1, 2]. Исходя из этого, следует, что дерново-подзолистые почвы очень сильно нуждаются в повышении их плодородия. Посев сидератов является эффективным и низкозатратным способом сохранения плодородия почв. Сидераты

способны перемещать элементы питания из глубоких слоев почвы в пахотный слой, обогащают почву органикой, тем самым улучшая её физико-химические свойства, структуру, делая её более влаго- и воздухопроницаемой. Посев сидератов также повышает биологическую активность почвы [3, 4, 5, 6, 7].

Фацелия пижмолистная отличается быстрым ростом, способна в короткий срок нарастить хороший урожай биомассы, она не поражается ни болезнями, ни вредителями. Вследствие выше перечисленных преимуществ она будет отличной перспективной сидеральной культурой [8, 9].

Норма высева – важнейший элемент технологии возделывания любой с.-х. культуры, во многом от неё будет зависеть получение высокой продуктивности посевов. При сильно изреженном посеве невозможно получение высокой урожайности, сильно загущенные посевы также будут

низкопродуктивны из-за недостатка света, элементов питания и из-за взаимного угнетения растений [10, 11, 12].

Фацелия пижмолистная в Удмуртской Республике ранее не изучалась.

Цель исследований: изучить влияние норм высева фацелии пижмолистной на урожайность надземной биомассы в условиях Удмуртской Республики.

Методика. Объект исследований – фацелия пижмолистная Ульяновская местная. Проведённые исследования проводились в Удмуртском НИИСХ УдмФИЦ УрО РАН в 2021-2022 гг. на дерново-среднеподзолистой, слабокислой, хорошо окультуренной почве. Опыт однофакторный, закладывался в четырёхкратной повторности, в два яруса. Расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки 33 м² (20x1,65 м), учётная – 8,25 м² (5x1,65 м). Было изучено 8 норм высева – от 3 до 10 млн всхожих семян/га.

Обработка почвы – общепринятая для региона. Учёт урожая проведён в фазу массового цветения фацелии. Наблюдения и исследования проведены по общепринятым в растениеводстве методикам [13].

Вегетационный период 2021 года в целом можно охарактеризовать как жаркий и засушливый. Осадков в мае выпало 53 % от нормы, июне – 54 %. Среднесуточная

температура воздуха в мае превысила норму на 5,3, в июне – на 3,1 °С, вследствие чего отмечался сильный недостаток влаги в почве. Выживаемость фацелии составила всего 43-65 %. Вегетационный период до фазы полного цветения фацелии составил 55-60 дней.

В условиях вегетационного периода 2022 года среднесуточная температура воздуха в мае составила всего 9,7 °С, что ниже нормы на 1,9 °С. Температура воздуха в июне также была ниже нормы (-1,3 °С) и составила 15,7 °С, осадков же выпало 183 % от нормы. Холодная и дождливая погода не могла не сказаться на росте и развитии растений, они практически остановились в развитии. Июль, напротив, оказался жарким (+1,6 °С) и засушливым (42 % от нормы), что сказалось на формировании невысокой надземной биомассы фацелии (ниже урожайности 2021 г примерно на 25 %). Вегетационный период составил 50-55 дней. Таким образом, погодные условия за годы проведения исследований оказались очень разными.

Результаты. В условиях 2021 года урожайность фацелии, в зависимости от нормы высева, находилась в пределах 17,08-21,78 т/га, в 2022 году она была несколько ниже – 12,67-16,08 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зелёной биомассы фацелии в зависимости от нормы высева (2021-2022 гг.)

Норма высева, млн шт./га	Урожайность, т/га				Среднее за 2 года	
	2021 год		2022 год		зелёной массы	сухого вещества
	зелёной массы	сухого вещества	зелёной массы	сухого вещества		
3	17,08	4,99	12,67	2,64	14,88	3,82
4	17,12	4,49	13,48	3,09	15,30	3,79
5	17,35	4,50	13,80	2,97	15,58	3,74
6	20,19	5,64	15,17	3,37	17,68	4,50
7 (к)	21,78	5,81	15,75	3,54	18,76	4,68
8	21,70	6,10	16,08	3,81	18,89	4,96
9	20,38	5,41	15,70	3,72	18,04	4,56
10	18,98	5,20	13,83	3,13	16,40	4,16
НСР₀₅	1,85	0,54	1,52	0,32	1,62	0,40

В среднем за 2 года исследований наименьшая урожайность надземной биомассы фацелии была получена при посеве 3, 4 и 5 млн всхожих семян/га (14,88-15,58 т/га). Низкая урожайность также была отмечена в варианте с максимальной нормой высева – 10 млн всхожих семян/га (16,4 т/га). Наиболее высокая урожайность зелёной массы фацелии была сформирована в вариантах с

нормой высева 6, 7, 8 и 9 млн семян/га, она составила соответственно – 17,68, 18,76, 18,89 и 18,04 т/га (сух./в-ва 4,50, 4,68, 4,96 и 4,56 т/га). В этих вариантах была создана оптимальная густота растений к уборке (248-372 шт./м²), обеспечившая получение максимальной урожайности надземной биомассы фацелии, масса 1 растения при этом

находилась в пределах – 5,0-7,4 г, средняя высота растений 44,0-48,0 см (табл. 2).

Таблица 2

Влияние нормы высева фацелии на структуру урожайности (в среднем за 2021-2022 годы)

Норма высева, млн шт./га	Полевая всхожесть, %	Количество		Выживаемость растений, %	Масса 1 растения, г	Высота, см
		всходов, шт./м ²	растений к уборке, шт./м ²			
3	72	216	106	49	14,4	55,4
4	70	282	135	48	11,9	52,8
5	73	366	182	50	8,8	49,4
6	76	456	248	54	7,4	48,0
7 (к.)	73	509	293	58	6,8	47,2
8	74	588	322	55	6,2	46,5
9	70	630	372	59	5,0	44,0
10	72	716	422	59	4,0	41,8
НСР₀₅	7	54	28	5	0,7	5,0

Посев фацелии с более низкой и, напротив, завышенной нормой высева приводит к получению низкой продуктивности посевов за счёт формирования очень изреженного (106-182 шт./м²) или, излишне, загущённого посева (422 шт./м²), не способного обеспечить получение высокой урожайности.

За годы проведения исследований в 1 кг сухого вещества фацелии содержание

элементов питания находилось в пределах: N_(общ.) 2,35-2,38, P₂O₅ – 0,90-0,91, K₂O – 2,82-3,28, Ca – 2,24-2,33 %. В среднем за 2 года исследований наибольшая урожайность сухого вещества фацелии получена при норме высева 8 млн семян/га – 4,96 т/га. При такой урожайности в её надземной биомассе содержится N_(общ.) – 117,4 кг, P₂O₅ – 44,9, K₂O – 153,7 и Ca – 113,7 кг/га (табл. 3).

Таблица 3

Накопление элементов питания в надземной биомассе фацелии, кг/га (среднее за 2021-2022 гг.)

Норма высева, млн. шт./га	Азот (общий)	Фосфор	Калий	Кальций
3	90,4	36,4	119,0	87,7
4	89,8	34,4	117,2	86,9
5	88,4	33,8	115,7	85,6
6	106,7	40,8	140,0	103,4
7 (к.)	110,8	42,4	145,2	107,4
8	117,4	44,9	153,7	113,7
9	108,1	41,3	141,2	104,7
10	98,7	37,8	129,4	95,7

В 1 т навоза КРС на соломенной подстилке содержание N_(общ.) составляет 4,5 кг, P₂O₅ – 2,3, K₂O – 5,0, Ca – 4,0 кг [14]. Таким образом, по содержанию азота надземная биомасса фацелии в варианте с нормой высева 8 млн семян/га, эквивалентна внесению навоза в дозе 26,1 т/га, по фосфору – 19,5 т/га, по калию и кальцию – 30,7 и 28,4 т/га.

Выводы. В среднем за 2 года исследований наибольшая урожайность надземной биомассы фацелии была получена при посеве 6, 7, 8 и 9 млн семян/га, она составила соответственно – 17,68, 18,76, 18,89 и 18,04 т/га (сух./в-ва 4,50, 4,68, 4,96 и 4,56 т/га). В этих вариантах была создана оптимальная густота растений к уборке (248-372 шт./м²), обеспечившая получение максимальной урожайности надземной биомассы фацелии, масса 1 растения при этом

находилась в пределах 5,0-7,4 г, средняя высота растений 44,0-48,0 см. Наименьшая урожайность фацелии была отмечена в вариантах с минимальными нормами высева 3, 4 и 5 млн всхожих семян/га (14,88-15,58 т/га). Низкая урожайность также была сформирована при максимальной норме высева 10 млн всхожих семян/га (16,4 т/га). Посев фацелии с такими нормами высева приводит к получению низкой продуктивности посевов за счёт формирования очень изреженного (106-182 шт./м²) и, напротив, излишне загущённого посева (422 шт./м²), не способного обеспечить получение высокой урожайности.

В среднем за 2 года исследований наибольшая урожайность сухого вещества фацелии была сформирована при норме высева 8 млн всхожих семян/га – 4,96 т/га. При

такой урожайности в её надземной биомассе содержание $N_{(общ.)}$ составит – 117,4 кг, P_2O_5 – 44,9, K_2O – 153,7 и Ca – 113,7 кг/га, что по составу элементов питания эквивалентно внесению навоза в дозе – 19,5-30,7 т/га.

Список источников

1. Башков А.С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья: монография. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. 2013. 328 с.
2. Тронина Л.О. Минимизация обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при разном уровне плодородия: монография. Ижевск: Алкид. 2021. 164 с.
3. Дзюин Г. П., Дзюин А. Г. Биологизация земледелия в Северо-Восточной зоне Нечерноземья: монография. Ижевск: ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. 2014. 202 с.
4. Дзюин Г. П., Дзюин А. Г. Минеральный азот в адаптивно-ландшафтном земледелии: монография. ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2016. С. 74-76.
5. Tisdall J.M. & Oades, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. 1982. Vol. 33. pp. 141-163.
6. Parsons J.W. Green manuring // Outlook on Agriculture. 1984. Vol.13. No1. pp. 20-23.
7. Jiao Bin. Utilization of green manure for raising soil fertility in China // Soil Science. 1983. Vol.135. No1. pp.65-69.
8. Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В., Окорков В.В. Влияние удобрений на урожайность, химический состав и расход фацелией пижмолистной главных элементов питания // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 4. С. 24-26.
9. Смуров С.И., Попова Т.В. Оценка разных видов культур и их сочетаний в качестве парозанимающих сидератов // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 11. С. 74-77.
10. Серёгин М.В. Влияние нормы высева на семенную продуктивность фацелии пижмолистной // Таврический научный обозреватель. 2017. № 3 (20). С. 91-93.
11. Жирных С.С. Влияние нормы высева и срока посева на урожайность надземной биомассы горчицы белой и жёлтой / Вестник Марийского Государственного университета. «Серия сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. Т 4. № 4. С. 29-34.
12. Курбангалиев Р. Н., Богатырёва А. С., Акманаев Э. Д. Влияние сроков и норм высева на урожайность сортов ярового рапса в Среднем Предуралье // Пермский Аграрный Вестник. 2018. № 1 (21). С. 64-65.
13. Макарова В.М. Структура урожайности зерновых культур и её регулирование. Пермь: ПГСХА. 1995. 144 с.
14. Кольга Д. Ф., Васько А.С. Переработка навоза в экологически безопасные органические удобрения. Минск : БГАТУ. 2017. 128 с.

INFLUENCE OF THE SEEDING RATE ON THE PRODUCTIVITY OF ABOVE-GROUND PHACELIA BIOMASS IN THE UDMURT REPUBLIC

©2023. Stanislav S. Zhirnyh

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia, ugniish-nauka@yandex.ru

Abstract. Sowing of green manure crops is one of the most effective and least expensive ways to maintain as well as to increase soil fertility. The purpose of the research is to study the effect of seeding rates of tansy-leaved phacelia on the productivity of above-ground biomass in the conditions of the Udmurt Republic. The research was carried out at the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in 2021-2022. The object of the research is a tansy-leaved phacelia (variety Ulyanovskaya mestnaya). 8 seeding rates were studied - from 3 to 10 million fertile seeds/ha. In weight equivalent, the seeding rate of phacelia seeds ranged from 6.7 to 22.2 kg/ha. In very contrasting weather conditions, phacelia has proved itself as an excellent green manure crop, capable of forming high yields of above-ground biomass even under adverse weather conditions. In the conditions of 2021, its yield, depending on the seeding rate, was in the range of 17.08-21.78 t/ha, in 2022, it was slightly lower and amounted to 12.67-16.08 t/ha. On average, over 2 years of research, the lowest yield of phacelia green mass was obtained in variants with minimum seeding rates – 3-5 million fertile seeds/ha, and low yields were also obtained at the maximum seeding rate – 10 million germinating seeds/ha. The highest yield was obtained in variants with seeding rates of 6, 7, 8 and 9 million fertile seeds/ha, the yield was 17.68, 18.76, 18.89 and 18.04 t/ha, respectively (dry matter – 4.50, 4.68, 4.96 and 4.56 t/ha).

Key words: phacelia, seeding rate, productivity of above-ground biomass

References

1. Bashkov A.S. Povyshenie effektivnosti udobrenij na dernovo-podzolistyh pochvah Srednego Predural'ya (Improving the efficiency of fertilizers on sod-podzolic soils of the Middle Urals), monografiya, A.S. Bashkov Izhevsk, FGBOU VPO Izhevskaya GSXA, 2013, p. 328.

2. Tronina L.O. Minimizaciya obrabotki dernovo-podzolistoj srednesuglinistoj pochvy pri raznom urovne plodorodiya (Minimization of cultivation of sod-podzolic medium loamy soil with different levels of fertility), monografiya, L.O. Tronina, Izhevsk Alkid, 2021, p. 164.
3. Dzyuin G. P., Dzyuin A. G. Biologizaciya zemledeliya v Severo-Vostochnoj zone Nechernozem'ya (Biologization of agriculture in the North-Eastern zone of the Non-Chernozem region), monografiya, Izhevsk, FGBNU Udmurtskij NIISH, 2014, p. 202.
4. Dzyuin G.P., Dzyuin A.G. Mineral'nyj azot v adaptivno-landshaftnom zemledelii (Mineral nitrogen in adaptive-landscape agriculture), monografiya, FGBNU Udmurtskij NIISKH, Izhevsk, FGBOU VO Izhevskaya GSKHA, 2016, pp. 74-76.
5. Tisdall, J.M. & Oades, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils, 1982, V.33, pp. 141-163.
6. Parsons J.W. Green manuring. Outlook on Agriculture. 1984. Vol.13. No 1, pp. 20-23.
7. Jiao Bin. Utilization of green manure for raising soil fertility in China. Soil Science, 1983, Vol. 135, No1, pp. 65-69.
8. Nenajdenko G.N., Sibiryakova T.V., Okorkov V.V. Vliyanie udobrenij na urozhajnost', himicheskij sostav I raskhod faceliej pizhmolistnoj glavnyh elementov pitaniya (The effect of fertilizers on yield, chemical composition and consumption of the main nutrition elements by phacelia), Dostizheniya nauki I tekhniki APK, 2013, No 4, pp. 24-26.
9. Smurov S.I., Popova T.V. Ocenka raznyh vidov kul'tur I ih sochetanij v kachestve parozanimayushchih sideratov (Evaluation of different types of crops and their combinations as steam-reanimating siderates), Dostizheniya nauki I tekhniki APK, 2015, No 11, pp. 74-77.
10. Seryogin M.V. Vliyanie normy vyseva na semennuyu produktivnost' facelii pizhmolistnoj (Influence of the seeding rate on the seed productivity of nansy-leaved phacelia), Tavricheskij nauchnyj obozrevatel', 2017, No (20), pp. 91-93.
11. Zhirnyh S.S. Vliyanie normy vyseva I sroka poseva na urozhajnost' nadzemnoj biomassy gorchicy beloij I zhyoltoj (The influence of the seeding rate and the sowing period on the yield of above-ground biomass of white and yellow mustard), Vestnik Marijskogo Gosudarstvennogo universiteta, «Seriya selskohozyajstvennyye nauki, Ekonomicheskie nauki», 2018, T. 4, No. 4, pp. 29-34.
12. Kurbangaliev R. N., Bogatyryova A. S., Akmanaev E. D. Vliyanie srokov i norm vyseva na urozhajnost' sortov yarovogo rapsa v Srednem Preduralie (The influence of the timing and seeding rates on the yield of spring rapeseed varieties in the Middle Urals), Perm'skij Agrarnyj Vestnik, 2018, No 1 (21), pp. 64-65.
13. Makarova V.M. Struktura urozhajnosti zernovyh kultur I eyo regulirovanie (Structure of grain yield and its regulation), Perm', PGSHA, 1995, p. 144.
14. Kol'ga D. F., Vas'ko A.S. Pererabotka navoza v ekologicheski bezopasnye organicheskie udobreniya (Processing of manure into environmentally safe organic fertilizers), Minsk, BGATU, 2017, p. 128.

Сведения об авторах

С. С. Жирных – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник.

Удмуртский НИИСХ – структурное подразделение УдмФИЦУрО РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 426067, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34
ugniish-nauka@yandex.ru

Information about the author

S. S. Zhirnyh – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher.

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 34, T.Baramzinoy St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426067, Russia
ugniish-nauka@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 18.07.2023; одобрена после рецензирования 25.08.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 18.07.2023; approved after reviewing 25.08.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья

УДК 631.4.001.895: 631.526

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_49

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ПОЧВОГРУНТА С ДОБАВЛЕНИЕМ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ «ДЯДЮШКА ГУМУС» НА ФОРМИРОВАНИЕ НАДЗЕМНОЙ И КОРНЕВОЙ МАССЫ СОИ

©2023. Игорь Юрьевич Кузнецов¹, Ильгиз Галямович Асылбаев², Михаил Анатольевич Севостьянов³, Дамир Рафаэлович Исламгулов⁴, Раиль Рафикович Алимгафаров⁵

^{1,2,4,5}Башкирский государственный аграрный университет, Республика Башкортостан, г. Уфа,

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Россия, Московская область, Одинцовский городской округ, рабочий посёлок Большие Вязёмы

¹kuznecov_igor74@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований 2023 г., выполненных в рамках проекта по производству почвогрунтов методами инновационной переработки отходов. Целью исследований является изучение влияния искусственного почвогрунта с добавлением концентрированного органического удобрения «Дядюшка гумус» (КОУ) и дополнительных компонентов на формирование надземной и корневой массы сои. Исследования проводились в искусственных условиях в Smart-теплице БГАУ. Новизна исследований состоит в том, что впервые в условиях южной лесостепной зоны Республики Башкортостан была изучена широкая линейка разработанных образцов искусственного почвогрунта с добавлением КОУ в смеси с различными местными агрорудами, мелиорантами и отходами сельскохозяйственного и промышленного производства, включающими макро- и микроэлементы. При формировании густоты стояния сои высокой эффективностью характеризовались 2 варианта: почва (50%) + КОУ (50%) и почва (50%) + КОУ (50%) + цеолит. Между высотой растений сои и массой растений выявлена высокая корреляционная зависимость ($r=0,988$). Применение комплексного минерального удобрения (КОУ) в чистом виде и в соотношении с вспомогательными элементами отрицательно сказалось на ростовых процессах сои, формировании массы растений и длины ее корней. При формировании массы корневой системы контрольный вариант опыта (почва (100%)) смогли превзойти два варианта опыта: почва (50%) + КОУ (50%) и почва (25%) + КОУ (75%). Для окончательного вывода по влиянию КОУ и вспомогательных компонентов требуется проведение дополнительных полевых опытов.

Ключевые слова: соя, концентрированное органическое удобрение, Дядюшка гумус, густота, высота растений, длина и масса корней, масса растений.

Введение. В настоящее время наблюдается повсеместное снижение плодородия почвы, вызванное ухудшением ее свойств в результате естественного изменения условий почвообразования, а также хозяйственной деятельности человека. В связи с этим возрастает необходимость разработки и проведения мелиоративных приемов по восстановлению и повышению почвенного плодородия. При этом особая роль принадлежит органическому земледелию, то есть применению современных биотехнологий (удобрений, биопрепаратов, стимуляторов роста, адаптогенов) и отказу от химикатов [17]. Почва, сама богатая органическим веществом,

является гарантом и источником минерального питания растений для синтеза сложных органических веществ в них. Поэтому проблема органического вещества почвы занимает одно из ведущих положений не только в фундаментальном почвоведении, но и в производстве продукции растениеводства [2].

Почвогрунт – любая плодородная почва, не имеющая постоянного состава. Варьирование разных компонентов и различия в дозировке позволяют получать бесконечное количество видов плодородной почвы с особыми характеристиками, где микро- и макроэлементы находятся в доступной для

растений форме [7]. Для определения эффективности использования почвогрунтов в смеси с различными местными агрорудами, мелиорантами и отходами сельскохозяйственного и промышленного производства, включающими микроорганизмы, макро- и микроэлементы (далее – мелиоранты), проводятся лабораторные исследования. В состав мелиорантов входят вещества, улучшающие механические, физические и биологические свойства земли. Это позволяет в короткие сроки значительно повысить качество почвы [1].

В мире выращивается довольно большое количество разных видов зернобобовых культур. По своему экономическому значению и площади выращивания первое место среди них занимает соя. Семена сои в значительной мере удовлетворяют потребность человека и животных в углеводах, витаминах, особенно группы В и Е, отчасти в жире. Что касается минеральных веществ, то в них отмечается высокое содержание фосфора и калия [2]. Интерес сельских товаропроизводителей к культуре сои в последнее время возрастает, что связано с расширением мощностей по переработке сои в стране. В последние 5 лет соя по мировым объемам производства зерна вышла на 4-е место после пшеницы, риса и кукурузы [20]. Соя является одной из самых высокопродуктивных культур полевых севооборотов [16].

Важным фактором интенсивной азотфиксации клубеньковых бактерий и азотного питания сои является низкое содержание в почве органического вещества, в результате чего снижается микробиологическая активность, и биологическая азотфиксация становится менее эффективной [10]. Искусственно созданные почвогрунты представляют собой оптимизированные по плодородным параметрам смеси, способные обеспечить растения всеми необходимыми питательными веществами [15]. Предпочтение минеральным удобрениям при выращивании сои отдают многие ученые [3]. Соя имеет хорошую отзывчивость на применение микроэлементных удобрений [5].

При создании искусственных почвогрунтов традиционно используется торф и другие компоненты. Однако вовлечение торфа приводит к удорожанию создаваемого почвогрунта. Проведенное исследование А.В.

Степановым и др. (2022) показало реальную возможность значительной экономии торфа (до 50%) при создании торфо-песчаных почвогрунтов без снижения продуктивности формируемого на газоне травостоя. Однако дальнейшее снижение удельного объема торфа в создаваемом почвогрунте до одной трети всего объема отрицательно сказывается на продуктивности травостоя, снижая его на 20-25%.

А. Shakya, Т. Agarwal (2017), М. Mierzwa-Hersztek и др. (2018) указывают на то, что применение органических удобрений изменяет пищевой режим и нитрификационную способность почвы, её биологическую активность, улучшает физические свойства, повышает в почве содержание магния, кальция и микроэлементов [20, 13], что напрямую отражается на формируемой продуктивности сои как в почве, так и формируемом с ней почвогрунте. Однако следует отметить, что не все органические удобрения эффективны при выращивании сои. Например, в опытах С.Е. Низкого и Н.Д. Немыкиной (2013) влияние такого органического удобрения, как вермикомпост, на продуктивность сои не было выявлено [14].

Наиболее перспективным способом получения почвогрунта, по данным Г.Т. Бастаевой и др. (2022), является технология использования биокомпостов на основе листовного опада древесных пород [4]. В биокомпостах варианта, состоящего из 66 % осадка + 16 % листьев + 16 % опилок и 83 % осадка + 8 % листьев + 8 % опилок, целлюлозосодержащие компоненты почти полностью разложились, и морфологически выразались незначительно.

Применяемое в наших опытах КОУ также содержало в своей основе биотермический компост. Комплексное органическое удобрение (КОУ) «Дядюшка Гумус» изготовлен из чистого растительного сырья и предназначен для производства органических продуктов питания. Обеспечивает высокотехнологичное производство. Содержит полезную микрофлору, активизирует естественные микробиологические процессы в почве. Отмечено стимулирующее действие повышения плодородия почвы на протяжении 3-5 лет. Предотвращает развитие фитопатогенов и восстанавливает полезную микрофлору почвы. В состав входит: торф низинный, торф верховой, мука известняковая,

компост биотермический «Дядюшка Гумус», калий K_2O (2–3%), фосфор P_2O_5 (1–2%), pH (6,5–6,8), азот N (2–3%), гумус (1–2%).

Обзор проведенных исследований по применению искусственно созданных почвогрунтов показывает высокую актуальность этого направления. Цель исследований 2023 г. состояла в изучении влияния искусственного почвогрунта с добавлением концентрированного органического удобрения «Дядюшка гумус» (КОУ) и дополнительных компонентов на формирование надземной и корневой массы сои в условиях Республики Башкортостан.

В соответствии с этим в задачи исследований входило:

- определение густоты стояния сои;
- определение высоты растений сои;
- определение массы растений сои на изучаемых вариантах;

- определение длины и массы корневой системы сои.

Методика. Вегетационные опыты проводились в учебно-научной смарт-теплице Башкирского государственного аграрного университета (Южная лесостепная зона Республики Башкортостан) в 2023 г. Почва (контроль) – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистый. Реакция почвенной среды была: $pH_{(KCl)}$ – 6,10, объемная масса почвы пахотного слоя – 1,02 г/см³, гумус – 9,3 %. Содержание легкогидролизуемого азота в почве составило – 129 мг/кг, подвижного фосфора – 158 мг/кг, обменного калия – 179 мг/кг.

Опыт «Изучение влияния искусственного почвогрунта с добавлением концентрированного органического удобрения «Дядюшка гумус» (КОУ) и дополнительных компонентов на рост и развитие сои» закладывали по схеме:

1. Почва (100%) (контроль);
2. КОУ (100%);
3. Почва (25%) + КОУ (75%);
4. Почва (50%) + КОУ (50%);
5. Почва (50%) + КОУ (50%) + микориза;
6. Почва (50%) + КОУ (50%) + NPK;
7. Почва (50%) + КОУ (50%) + цеолит;
8. Почва (50%) + КОУ (50%) + фосфогипс;
9. Почва (50%) + КОУ (50%) + фекалит;
10. Почва (75%) + КОУ (25%).

Повторность опыта – 4-кратная. Площадь ящика 0,2 м². Учеты, наблюдения и анализы проводились в соответствии с общепринятыми методиками. Результаты экспериментов были обработаны с использованием методики полевого опыта [8].

Объектом исследований являлся сорт сои СИБНИИК 315. Оригинатор: ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН. Относится к маньчжурскому подвиду. Растения имеют светло-коричневое (рыжеватое) опушение стебля, листьев, бобов. Высота до первого разветвления – 6-10 см, высота прикрепления нижнего боба – 11-13 см, длина стебля – 70-85 см, число междоузлий на стебле – 10-12. Продолжительность периода "всходы-цветение" – до 30-32 дн., "всходы-созревание" – 92-105 дн. Сорт среднеустойчив к холоду, засухе, засолению почвы, полеганию. В условиях жаркой сухой погоды и низкой влажности воздуха при созревании может

наблюдаться слабая растрескиваемость бобов. Среднеустойчивый к болезням. Сорт СибНИИК-315 – зернового использования. Масса семян с 1 растения – 6-10 г, масса 1000 семян - 160-180 г. Количество семян в бобе преимущественно 2-3, среднее число бобов на 1 продуктивный узел – 2-3, максимальное - 4-5 шт. Содержание белка в семенах – 35-40, жира – 17-20%.

Дефекационная грязь (дефекат) – это отходы сахарного производства, образующиеся в процессе дефекации сахарного сока, которые зачастую используются в качестве известковых удобрений. Дефекат содержит – до 70-72% карбонатов магния и кальция, 0,58-0,89% – калия, 1,0-1,9% – фосфора, до 13,5-14,9% – органических соединений, небольшие примеси азотных соединений, серы и микроэлементов. Внесение дефеката в почву приводит к нейтрализации кислотности, улучшению фосфатного и нитратного режимов почв.

Цеолиты – это группа минералов, объединяющих водные каркасные

алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов, обладающие сложной кольцевой микроструктурой. Основной их чертой является трехмерный каркас с хорошо развитой системой полостей и каналов. Цеолиты обладают способностью отдавать и вновь поглощать воду в зависимости от температуры и влажности. Обладают целым комплексом уникальных свойств: обогащают почву свободным кремнием, препятствуют накоплению в растениях токсических веществ и радионуклеидов, имеют богатый состав микроэлементов и поддерживают необходимую влажность почвы.

Фосфогипс – это побочный продукт химической промышленности, применение которого в сельском хозяйстве в качестве добавки к минеральным удобрениям сегодня находит все большее распространение. Фосфогипс является многокомпонентным минеральным удобрением, продуктом производства фосфорной кислоты. По своему составу может быть охарактеризован как химический мелиорант, так как содержит до 94 % CaSO_4 , а также как кальций-фосфорно-серное удобрение. Отмечена пролонгированность действия фосфогипса.

Нитроаммофоска – классическое комплексное минеральное удобрение. Твердое, сложное, гранулированное азотно-фосфорно-калийное удобрение. Содержит три действующих вещества: азот, фосфор и калий. Содержание азота, фосфора и калия приблизительно равное, водорастворимых фосфатов – более 90%. Массовая доля микроэлементов и процент содержания воды зависят от марки удобрения. При этом рассыпчатость всегда должна соответствовать 100%. Вещество не гигроскопично, но легко растворяется в воде.

Для изучения значимости искусственных почвогрунтов с использованием микроорганизмов ферментных препаратов и других композиций для условий Республики Башкортостан подобран биопрепарат «Кормилица Микориза» от ООО НВП БашИнком, в соотношении почвогрунт: биопрепарат, 80:1 (мицелий и споры гриба рода *Glomus*). Биопрепарат «Кормилица Микориза» –

дружественная природная грибница, является стимулятором роста корней, и увеличивает площадь питания растений в десятки раз. «Кормилица Микориза» содержит дружественные растениям грибы, которые формируют с корнями взаимовыгодный симбиоз. Относится к 4-му классу опасности (малоопасный).

Результаты. Проведенный анализ опыта по возделыванию сои с применением различных вариантов комплексного органического удобрения показывает, что применение КОУ оказало влияние на густоту стояния культуры. К моменту уборки сои посевная густота ее стояния колебалась в широких пределах – от 10 до 25 шт. (рис. 1).

Высокой эффективностью характеризовались 2 варианта: почва (50%) + КОУ (50%) и почва (50%) + КОУ (50%) + цеолит. Контрольный вариант - почва (100%) расположился на 3-ем месте. Все остальные варианты опыта показали результативность ниже контрольного варианта на 0,08-2,5. Уменьшение доли почвы в создаваемом почвогрунте до 25% имело отрицательный характер.

Отмечено снижение густоты стояния до уровня 21 шт., при контроле (почва (100%) – 22 шт. Также незначительное отрицательное отклонение от контроля имел вариант КОУ (100%). Наименьшей результативностью характеризовались 2 варианта: почва (50%) + КОУ (50%) + дефекат и почва (75%) + КОУ (25%), составив 10 шт. Между густотой стояния сои и массой растений выявлена высокая корреляционная зависимость ($r=0,832$).

Анализ высоты растений перед уборкой сои имел тенденцию, отличимую от густоты стояния. Лучший показатель в этом опыте имел контрольный вариант (почва 100%). Применение комплексного минерального удобрения (КОУ) в чистом виде и в соотношении с вспомогательными элементами отрицательно сказалось на ростовых процессах сои. Высота растений в этих вариантах колебалась в пределах 17-25 см, при контроле – 25 см (рис. 2). В опыте прослеживается четкая тенденция снижения высоты растений с уменьшением долевого участия почвы в создаваемом почвогрунте.

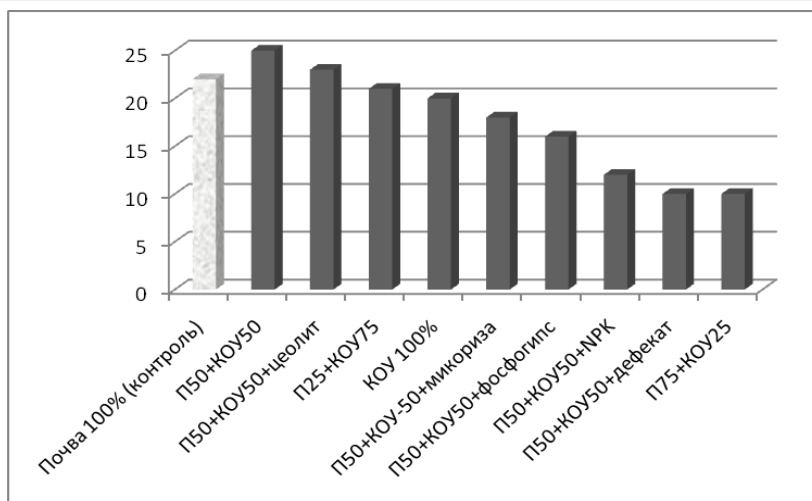


Рис 1. Густота стояния растений сои, шт. (2023г.)
Fig. 1. Density of soybean plants, pcs. (2023)

Так, высота растений на контрольном варианте (почва 100%) составила 25 см. В варианте (почва (75%) + КОУ (25%)) этот показатель снизился до 24 см, с последующим уменьшением до 21 см в варианте (почва (50%) + КОУ (50%)) и до 20 см в варианте (почва (25%) + КОУ (75%)). Четыре варианта опыта имели существенное снижение ростовых

процессов и сформировали высоту сои на уровне 16-18 см.

Наименьшей результативностью характеризовались 2 варианта: почва (50%) + КОУ (50%) + дефекат и почва (50%) + КОУ (50%) + НРК, составив 16 см и 17 см соответственно. Между высотой растений сои и массой растений выявлена высокая корреляционная зависимость ($r=0,988$). НСР₀₅ составила 0,76.

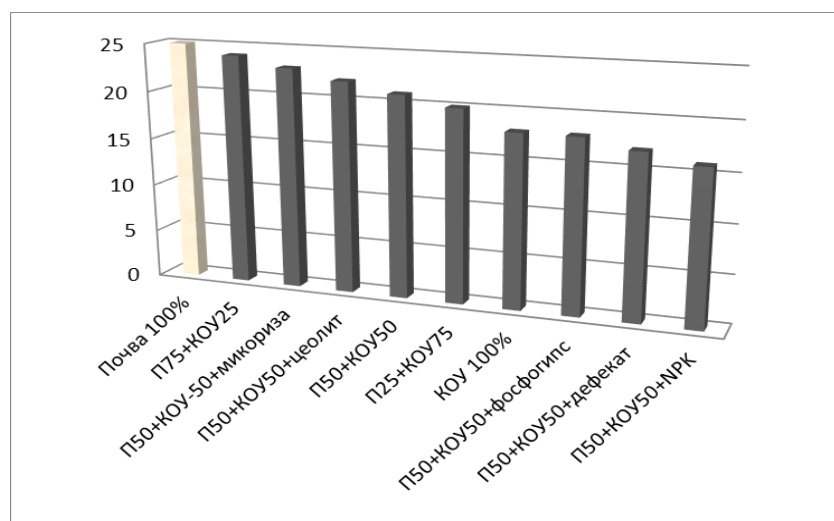


Рис 2. Влияние почвогрунтов на высоту растений сои, см (2023г.)
Fig. 2. Influence of soils on height of soybean plants, cm (2023)

Анализ полученной вегетативной массы является определяющим в данном исследовании, показывающий эффективность действия сформированных экспериментальных грунтов. Взвешивание образцов с 1 ящика в трех повторностях показало следующие результаты: в целом по опыту, масса растений сои перед уборкой

составила 8,7-32,7 г. Контрольный вариант (почва (100%)) не удалось превзойти ни одному варианту в опыте (рис. 3).

Все остальные варианты опыта показали результативность ниже контрольного варианта на 1,6-3,7. Применение КОУ в опыте имело отрицательный характер для формирования массы растений. Отмечена масса растений сои

до уровня 8,7-19,6 г. Максимально приближенный результат к контрольному имел вариант (почва (50%) + КОУ (50%)).

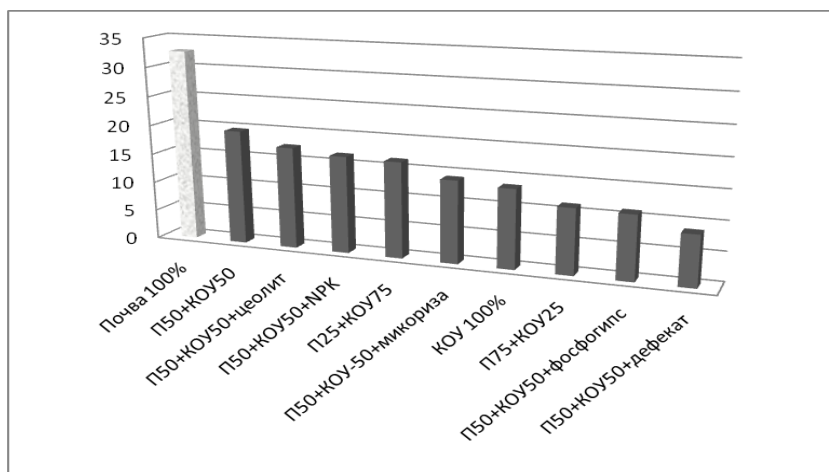


Рис 3. Масса растений сои перед уборкой, г (2023 г.)
Fig.3. Weight of soybean plants before harvesting (2023)

Наименьшей результативностью характеризовались 3 варианта: почва (75%) + КОУ (25%), почва (50%) + КОУ (50%) + фосфогипс и почва (50%) + КОУ (50%) + дефекат, составив 11,2 г., 11,0 г. и 8,7 г. соответственно. НСР₀₅ составила 0,87.

Изучение сформированной массы корней сои перед уборкой показало, что контрольный вариант опыта (почва (100%)) смогли превзойти два варианта опыта: почва (50%) + КОУ (50%) и почва (25%) + КОУ (75%). Это говорит о том, что, возможно, в планируемых полевых опытах данные варианты смогут себя показать положительно и превзойти контроль по урожайности (рис. 4).

Вариант (почва (50%) + КОУ (50%)) превысил контрольный вариант на 0,3 г или на

9,6%, вариант (почва (25%) + КОУ (75%)) – на 0,1 г или на 3,2%. Максимально приближенный результат к контрольному варианту имел вариант (почва (50%) + КОУ (50%) + цеолит). Наименьшей результативностью характеризовались 3 варианта: почва (50%) + КОУ (50%) + НРК, почва (50%) + КОУ (50%) + микориза и почва (50%) + КОУ (50%) + дефекат, составив 1,1 г, 1,1 г и 1,2 г соответственно. Анализ сформированной длины корней сои перед уборкой показывает, что контрольный вариант не смогли превзойти другие варианты опыта. Наиболее близким к контролю по показателю длины корней был вариант (почва (75%) + КОУ (25%)).

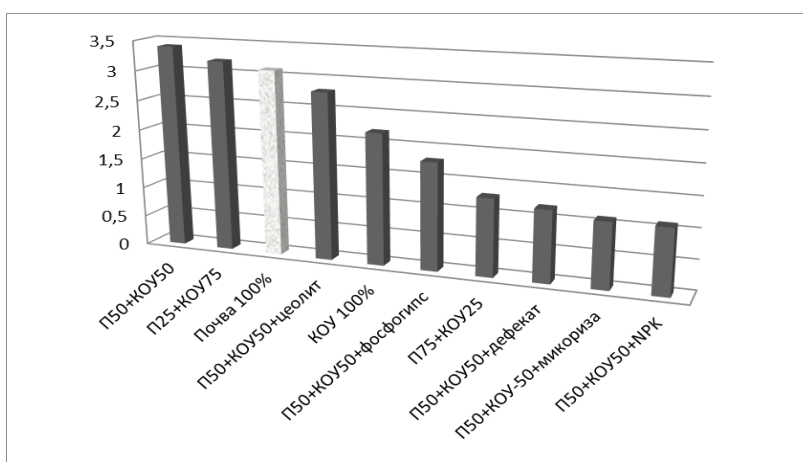


Рис 4. Формирование массы корней сои перед уборкой, г (2023 г.)
Fig. 4. Formation of soybean root weight before harvesting, g (2023)

Проведенный анализ опыта по возделыванию сои с применением различных вариантов комплексного органического удобрения показывает, что применение КОУ

оказало влияние на длину корней культуры. К моменту уборки сои посевной длина корней колебалась в широких пределах – от 2,5 см до 5,1 см (рис. 5).

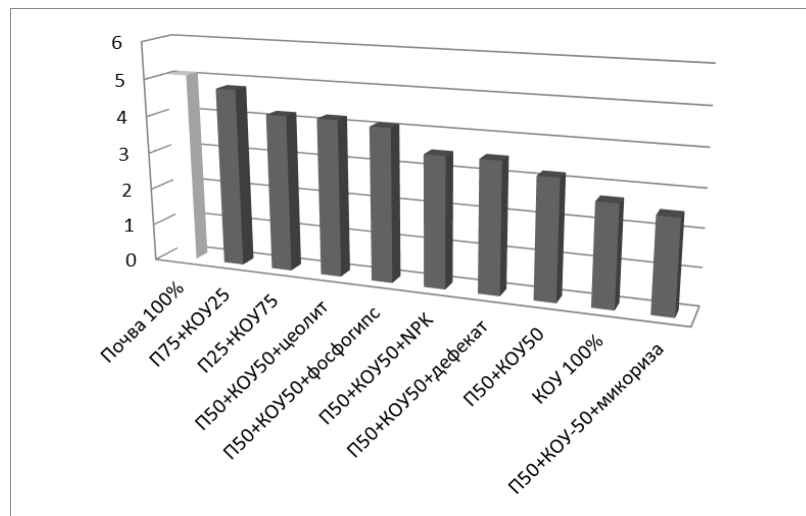


Рисунок 5. Длина корней сои перед уборкой, см (2023 г.)
Fig. 5. Root length of soybean plants before harvesting, cm (2023)

Наименьшей результативностью характеризовались 3 варианта: почва (50%) + КОУ (50%), КОУ (100%) и почва (50%) + КОУ (50%) + микориза, составив 3,2 см, 2,7 см и 2,5 см соответственно. НСР₀₅ составила 0,55.

Применяемые в опыте искусственно созданные почвогрунты с использованием КОУ и дополнительных компонентов проходили одновременно испытание на культурах яровой пшеницы, ячмене, томате и огурце. В этих случаях отмечено положительное влияние почвогрунтов на формирование урожайности данных культур в сравнении с контролем (почва (100%).

Изначально высокое содержание минерального азота в КОУ и в созданных почвогрунтах на его основе оказало угнетающее действие на образование клубеньков и их азотфиксирующую активность у сои. В конце вегетации депрессия от высокого содержания азота несколько уменьшалась, хотя оставалась еще значительной. Данные опыта с соей подтверждают ранее проводимые исследования Н.З. Толкачева (1997) и В.М. Заверюхина (1989) [22, 10]. В опытах О.Г. Котляровой и П.А. Лактионова (2010) было отмечено, что внесение минеральных удобрений (НРК)20 снижало образование клубеньков на корнях растений сои в 1,5 раза, а применение (НРК)40 – более чем в три раза.

В опытах Г.С. Посьпанова и др. (1988) при внесении азотных удобрений снижались показатели симбиотической деятельности посевов сои: масса клубеньков, накопление в них леггемоглобина, симбиотический потенциал, азотвосстанавливающая активность нитрогеназы, количество симбиотически фиксированного азота воздуха, как следствие урожайность была ниже контроля. Это полностью согласуется с результатами наших исследований. Попытка использования в опыте цеолитов, микоризы, нитроаммофоски и дефеката не смогло существенно изменить ситуацию. При этом следует отметить положительное действие цеолитов.

Выводы. Вегетационные опыты показали, что использование КОУ и дополнительных компонентов в создании искусственных почвогрунтов оказало отрицательное влияние на формирование надземной и корневой массы сои в опыте. При формировании густоты стояния сои высокой эффективностью характеризовались 2 варианта: почва (50%) + КОУ (50%) и почва (50%) + КОУ (50%) + цеолит. Применение комплексного минерального удобрения (КОУ) в чистом виде и в соотношении с вспомогательными элементами отрицательно сказалось на ростовых процессах сои, формировании массы растений и длины корней сои. Между высотой растений сои и массой растений выявлена высокая корреляционная зависимость ($r=0,988$). При формировании массы корневой системы контрольный вариант опыта

(почва (100%) смогли превзойти два варианта опыта: почва (50%) + КОУ (50%) и почва (25%) + КОУ (75%). Для окончательного вывода по влиянию КОУ и вспомогательных компонентов требуется проведение дополнительных полевых опытов.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию

высокотехнологичного производства, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 №218 по теме «Высокотехнологичное производство грунтов методами инновационной переработки отходов» (идентификатор государственного контракта 000000S407521QL90002)

Список источников

1. Асылбаев И.Г., Нурлыгаянов Р.Б., Севостьянов М.А., Кузнецов И.Ю., Исламгулов Д.Р., Алимгафаров Р.Р., Ахияров Б.Г., Авсахов Ф.Ф. Разработка искусственных почвогрунтов в смеси с различными местными агроуродами, мелиорантами, отходами сельскохозяйственного и промышленного производства // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 4 (65). С. 12-21.
2. Багаутдинов Ф.Я., Хазиев Ф.Х. Состав и трансформация органического вещества почв. Уфа: Гилем, 2000. 197 с.
3. Барсуков С.С., Барсуков А.С. Соя – важнейший источник белка и масла // Аграрная наука. 2005. № 3. С. 10–11.
4. Бастаева Г.Т., Несват А.П., Лявданская О., Севостьянов М.А. Перспективность использования почвогрунтов на основе компостов в городском озеленении. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 6 (98). С.30-37.
5. Бельшикина М.Е. Эффективность применения биологически активных препаратов на посевах сои в условиях Нечернозёмной зоны Российской Федерации // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. Вып. 1(53). С. 19–24.
6. Gaspar A.P., Laboski C.A.M., Naeve S.L. et al. Phosphorus and Potassium Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels // Crop Science. 2017. Vol. 57. Pp. 2193–2204.
7. Глинушкин А.П., Свиридова Л.Л., Севостьянов М.А., Сычева И.И., Гришина Е.В. Почвогрунт: Обзор методов получения и возможностей применения // Biotika. 2018. № 6 (25). С. 10–19.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
9. Заверюхин В.И., Бардадименко А.С. Условия выращивания и урожай сои // Технические культуры. 1989. № 1. С. 14–16.
10. Ковшик И.Г., Науменко А.В. Соя в Амурской области. Агротехника выращивания в современных условиях: научная монография. Благовещенск: Изд-во «Деловое Приамурье». 2018. 248 с.
11. Котлярова О.Г., Лактионов П.А. Урожайность и симбиотическая активность сои в зависимости от способов посева, норм высева и уровня минерального питания // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 44–45.
12. Mierzwa-Hersztek M., Klimkowicz-Pawlas A., Gondek K. Influence of Poultry Litter and Poultry Litter Biochar on Soil Microbial Respiration and Nitrifying Bacteria Activity // Waste Biomass Valor. 2018. Vol. 9. Pp. 379–389.
13. Низкий С.Е., Немыкина Н.Д. Изучение влияния вермикомпоста на рост и продуктивность сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (100). С. 46–48.
14. Посыпанов Г.С., Федоров В.Ф., Делаев У.А. Симбиотрофная активность сои в зависимости от нормы и способа применения минерального азота // Известия ТСХА. выпуск 3. 1988. С. 27-33.
15. Рыбина С.Ю., Пендюрин Е.А., Смоленская Л.М. Исследование агрофизических показателей искусственной почвы // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: Всерос. науч. конф.: сб. докл. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. Ч. II. С. 263–269.
16. Светашова Л.А., Климкина Е.В. Роль сои и соепродуктов в решении продовольственной проблемы и показатели эффективности производства в ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (37). С. 211–216.
17. Сейтменбетова А.Т., Сулейменов Б.У., Нысанбаева А.Э. Влияние удобрений «Биоэкогум» и «Тумат» на микрофлору светло-каштановой почвы при возделывании сои и сафлора // Биология почв. Почвоведение и агрохимия. №1. 2022. С.40-51.
18. Степанов А.В., Потапова В.А., Морев Д.В., Васнев И.И. Экологическая оценка влияния разного состава почвогрунта и травосмеси на состояние модельных газонов в условиях Москвы // АгроЭкоИнфо. 2022. № 6 (54).
19. Shaky A., Agarwal T. Poultry litter biochar: An approach towards poultry litter management // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. Vol. 6. Pp. 2657–2668.
20. Shea Z., Singer W.M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement // In Book: Legume Crops, 2020. Pp. 1–22 (2020).
21. Толкачев Н.З. Потенциальные возможности симбиотической азотфиксации при выращивании сои на юге Украины // Микробиологический журнал. 1997. Т. 59. № 4. С. 34–41.
22. Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А., Тарануха Г. и др. Зернобобовые культуры. Мн.: ФУА информ, 2000. 264 с.

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL SOIL WITH THE ADDITION OF CONCENTRATED ORGANIC FERTILIZER "UNCLE HUMUS" ON THE FORMATION OF ABOVEGROUND AND ROOT WEIGHT OF SOYBEANS

©2023. Igor Yu. Kuznetsov¹, Ilgiz G. Asylbayev², Mikhail A. Sevostyanov³, Damir R. Islamgulov⁴, Rail R. Alimgafarov⁵

^{1,2,4,5} Bashkir State Agrarian University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

³All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshye Vyazemy, Odintsovo city district, Moscow region, Russia

¹kuznecov_igor74@mail.ru

Abstract. The article presents the results of research carried out in 2023 within the framework of the project for the production of soils by innovative waste recycling methods. The aim of the research is to study the effect of artificial soil with the addition of concentrated organic fertilizer "Uncle humus" (COF) and additional components on the formation of aboveground and root weight of soybeans. The research was carried out in artificial conditions in the Smart greenhouse of the BSAU. The novelty of the research lies in the fact that for the first time in the conditions of the southern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan, a wide range of developed samples of artificial soil with the addition of COF in a mixture with various local agricultural ores, ameliorants and agricultural and industrial waste, including macro- and microelements, was studied. When forming the plant density of soybean, 2 variants were characterized by high efficiency: soil (50%) + COF (50%) and soil (50%) + COF (50%) + zeolite. High correlation was revealed between the height of soybean plants and the weight of plants ($r=0.988$). The use of complex mineral fertilizer (COF) in its pure form and with auxiliary components negatively affected the growth processes of soybeans, the formation of plant weight and the length of soybean roots. When forming the weight of the root system, two experimental variants showed better results than the control variant (soil (100%)): soil (50%) + COF (50%) and soil (25%) + COF (75%). The final conclusion on the influence of COF and auxiliary components can be made after additional field experiments.

Keywords: soybean, concentrated organic fertilizer, Uncle humus, density, height of plants, length and weight of roots, weight of plants.

References

1. Asylbayev I.G., Nurlygayanov R.B., Sevostyanov M.A., Kuznetsov I.Yu., Islamgulov D.R., Alimgafarov R.R., Ahiyarov B.G., Avsakhov F.F. Razrabotka iskusstvennyh pochvogruntov v smesi s razlichnymi mestnymi agrorudami, meliorantami, othodami sel'skohozyajstvennogo i promyshlennogo proizvodstva (Development of artificial soils mixed with various local agro-ores, ameliorants, agricultural and industrial production waste) // Bulletin of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2022. No. 4 (65). pp. 12-21.
2. Bagautdinov F.Ya., Khaziev F.H. Sostav i transformacija organicheskogo veshhestva pochv (Composition and transformation of soil organic matter). Ufa: Gilem, 2000. 197 p.
3. Barsukov S.S., Barsukov A.S. Soja – vazhnejshij istochnik belka i masla (Soybean is the most important source of protein and oil) // Agrarian science. 2005. No. 3. pp. 10-11.
4. Bastaeva G.T., Nesvat A. P., Lyavdanskaya O., Sevostyanov M. A. Perspektivnost' ispol'zovaniya pochvogruntov na osnove kompostov v gorodskom ozelenenii (The efficiency of using compost-based soils in urban landscaping). Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2022. No. 6 (98). pp. 30-37.
5. Belyshkina M.E. Jeftektivnost' primeneniya biologicheski aktivnyh preparatov na posevah soi v usloviyah Nechernozjomnoj zony Rossijskoj Federacii (The effectiveness of the use of biologically active preparations on soybean crops in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation) // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. Issue 1(53). pp. 19-24.
6. Gaspar A.P., Laboski C.A.M., Naeve S.L. et al. Phosphorus and Potassium Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels / Crop Science. 2017. Vol. 57. Pp. 2193-2204.
7. Glinushkin A.P., Sviridova L.L., Sevostyanov M.A., Sycheva I.I., Grishina E.V. Pochvogrunt: Obzor metodov polucheniya i vozmozhnostej primeneniya (Soil: Review of methods of obtaining and application possibilities) // Biotika. 2018. No. 6(25). pp.10-19.
8. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (Methodology of field experiment). M.: Kolos, 1985. 336 p.
9. Zaveryukhin V.I., Bardadimenko A.S. Usloviya vyrashhivaniya i urozhaj soi (Growing conditions and soybean harvest) // Technical cultures. 1989. No. 1. Pp. 14-16.
10. Kovshik I.G., Naumenko A.V. Soja v Amurskoj oblasti. Agrotehnika vyrashhivaniya v sovremennyh usloviyah: nauchnaja monografiya (Soybean in the Amur region. Agrotechnics of cultivation in modern conditions: scientific monograph). Blagoevshchensk: Publishing house "Business Amur region". 2018. 248 p.
11. Kotlyarova O.G., Laktionov P.A. Urozhajnost' i simbioticheskaja aktivnost' soi v zavisimosti ot sposobov poseva, norm vyseva i urovnja mineral'nogo pitaniya (Yield and symbiotic activity of soybeans depending on the methods of sowing, seeding rates and the level of mineral nutrition) // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2010. No. 5. Pp. 44-45.
12. Mierzwa-Hersztek M., Klimkowicz-Pawlas A., Gondek K. Influence of Poultry Litter and Poultry Litter Biochar on Soil Microbial Respiration and Nitrifying Bacterial Activity // Waste Biomass Valor. 2018. Vol. 9. Pp. 379-389.
13. Nizkiy S.E., Nemykina N.D. Izuchenie vlijanija vermikomposta na rost i produktivnost' soi (Studying the influence of vermicompost on the growth and productivity of soybeans) // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2013. No. 2 (100). Pp. 46-48.
14. Posypanov G.S., Fedorov V.F., Delaev U.A. Simbiotrofnaja aktivnost' soi v zavisimosti ot normy i sposoba primeneniya mineral'nogo azota (Symbiotrophic activity of soybeans depending on the norm and method of application of mineral nitrogen) // News of the TLC. Issue 3.1988. Pp.27-33.
15. Rybina S.Yu., Pandyurin E.A., Smolenskaya L.M. Issledovanie agrofizicheskikh pokazatelej iskusstvennoj pochvy (Research of agro-physical indicators of artificial soil) // Safety, protection and protection of the natural environment: fundamental and applied research: All-Russian scientific conference: collection of dokl. Belgorod: Publishing House of V. G. Shukhov BSTU, 2019. Ch. II. Pp. 263-269.

16. Svetashova L.A., Klimkina E.V. Rol' soi i soeproduktov v reshenii prodovol'stvennoj problemy i pokazateli jeffektivnosti proizvodstva v CChR (The role of soybeans and soy products in solving the food problem and indicators of production efficiency in the CChR) // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2013. No. 2(37). pp. 211-216.

17. Seitmenbetova A.T., Suleimenov B.U., Nysanbayeva A.E. Vlijanie udobrenij «Biojekogum» i «Tumat» na mikrofloru svetlo-kashtanovoj pochvy pri vozdeľyvanii soi i saflora (The effect of fertilizers "Bioecogum" and "Tumat" on the microflora of light chestnut soil in the cultivation of soybeans and safflower) // Soil biology. Soil science and agrochemistry. No.1. 2022. pp. 40-51.

18. Stepanov A.V., Potapova V.A., Morev D.V., Vasenev I.I. Jekologicheskaja ocenka vlijaniya raznogo sostava pochvogrunta i travosmesi na sostojanie model'nyh gazonov v uslovijah Moskvy (Ecological assessment of the influence of different soil composition and grass mixture on the condition of model lawns in Moscow). AgroEcoInfo. 2022. № 6 (54).

19. Shakya A., Agarwal T. Poultry litter biochar: An approach towards poultry litter management // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. Vol. 6. Pp. 2657-2668.

20. Shea Z., Singer W.M., Zhang B. Soybean Production, Versatility, and Improvement // In Book: Legume Crops, 2020. Pp. 1-22 (2020).

21. Tolkachev N.Z. Potencial'nye vozmozhnosti simbioticheskoj azotifiksacii pri vyrashhivanii soi na juge Ukrainy (Potential possibilities of symbiotic nitrogen fixation in cultivation soybeans in the south of Ukraine) // Microbiological Journal. 1997. T.59. No. 4. pp. 34-41.

22. Shpaar D., Ellmer F., Postnikov A., Taranukho G., etc. Zernobobovye kul'tury (Leguminous crops). Mn.: FOIE inform, 2000. 264 p.

Сведения об авторах

И. Ю. Кузнецов¹ – д-р с.-х. наук, профессор;

И. Г. Асылбаев² – д-р биол. наук, профессор;

М. А. Севостьянов³ – канд. техн. наук;

Д. Р. Исламгулов⁴ – д-р с.-х. наук, профессор;

Р. Р. Алимгафаров⁵ – канд. с.-х. наук, доцент.

^{1,2,4,5}Башкирский государственный аграрный университет, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, 143050, Россия, Московская область, Одинцовский городской округ, рабочий посёлок Большие Вязёмы, улица Институт, вл5.

¹kuznecov_igor74@mail.ru

Information about the author

I.Yu. Kuznetsov¹ – Dr. Agr. Sci., Professor;

I.G. Asylbayev² – Dr. Biol. Sci., Professor;

M.A. Sevostyanov³ – Cand. Tech. Sci.;

D.R. Islamgulov⁴ – Dr. Agr. Sci., Professor;

R.R. Alimgafarov⁵ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor.

^{1,2,4,5}Bashkir State Agrarian University, 34, 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450001, Russia

³All-Russian Research Institute of Phytopathology, 5, Institut St., Bolshye Vyazemy, Odintsovo city district, Moscow region, 143050, Russia

¹kuznecov_igor74@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 22.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023; принята к публикации 26.11.2023

The article was submitted 22.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 26.11.2023

Научная статья

УДК 633.11"324":631.5

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_59

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ ЗОН ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ЗЕРНОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

©2023. Хамид Алиевич Малкандуев¹, Рустам Ильясович Шамурзаев²,

Аминат Хамидовна Малкандуева^{3✉*}

^{1,2,3} Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН, Нальчик, Россия

³kbniish2007@yandex.ru

Аннотация. В статье освещаются проблемы устойчивости растений озимой мягкой пшеницы к условиям зон возделывания в период вегетации, а также эффект от применения различных доз минеральных удобрений на зерновую продуктивность и технологические показатели зерна в условиях зональности Кабардино-Балкарской Республики. Опыты закладывались в степной (Терский район, с.п. Опытное) и предгорной (Чегемский район, с.п. Нартан) зонах в период с 2016 по 2018 гг. на сортах Юка, Москвич и Южанка. Опытами установлен положительный эффект от воздействия минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{60}K_{30}$, $N_{60+30+30}P_{90}K_{40}$, $N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$) на изучаемые показатели в агроэкологических условиях республики. Положительная реакция растений на рост доз минеральных удобрений способствовала хорошей перезимовке и получению высокой зерновой продуктивности качественного зерна. Внесение минимальных доз удобрений, в сравнении с контролем, увеличило зерновую продуктивность по зонам (степная, предгорная) и сортам на 7,8...9,1 и 9,3...10,6 ц/га. При этом массовая доля сырого протеина и клейковины, в сравнении с вариантом без удобрений, повысилась по зонам и сортам на 0,3...0,8 и на 2,2...2,9 % соответственно. Отмечена положительная динамика качественных показателей зерна и продуктивности по сортам и зонам при максимальных дозах минеральных удобрений ($N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$). Оптимальные результаты по зерновой продуктивности – 59,0 и 63,2 ц/га в условиях вертикальной зональности получены по сорту Юка в варианте ($N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$), где превышение над стандартом составило + 6,3...+ 6,7 ц/га. При внесении доз ($N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$) массовая доля сырого протеина и клейковины по зонам повысилась и составила 14,9 и 29,6%, и, 14,6 и 29,3% соответственно. В опытах степной зоны по технологическим показателям (масса 1000 семян, натура) сорт Южанка сформировал более выполненное зерно. По массовой доле сырой клейковины наибольший прирост отмечен в опытах с сортом Юка во всех зонах.

Ключевые слова: сорт, пшеница, зона возделывания, удобрения, перезимовка, зерновая продуктивность, качество зерна

Введение. Одними из агроэкологических факторов, значительно влияющих на зимо-морозостойкость растений являются температура почвы и воздуха, влажность почвы, снежный наст и его состояние. В зависимости от комплекса этих факторов формируется определенный агрометеорологический фон перезимовки [1]. Х.А. Малкандуев, Р.И. Шамурзаев, А.Х. Малкандуева (2022 г.) и другие ученые считают, что «такие факторы как низкие температуры, вызывающие вымерзание растений, резкие колебания температуры с глубокими оттепелями, приводящие к

образованию притертой ледяной корки, относятся к повреждающим пшеницу» [1, 2]. На зимостойкость растений в зимний период влияют и условия минерального питания осенью. Внесение достаточного количества фосфорных и калийных удобрений способствует росту сахаров, уровню концентрации клеточного сока и устойчивости к отрицательным температурам. Авторы В.И. Бондаренко, Н.М. Карманенко, Х.А. Малкандуев и другие подчеркивают, что вопросы изучения условий перезимовки имеют особую актуальность для науки и производства в связи с глобальным

изменением климата, продолжительным периодом осенней вегетации и внесением оптимальных доз минеральных удобрений [2, 3, 4, 5]. В своих исследованиях Н.М. Карманенко отмечает: «Проблема зимостойкости озимых культур имеет решающее значение из-за недостаточной устойчивости посевов к неблагоприятным условиям зимовки, поэтому совершенствование приемов технологии возделывания и внедрение новых высокоурожайных сортов, сочетающих зимостойкость с высокой продуктивностью, приобретает особую актуальность» [5]. Внесение полной дозы минерального удобрения способствует выживаемости, жизнеспособности растений и росту урожая озимых культур, что доказано опытным путем [6, 7, 8]. Одним из основных агроприемов, направленных на увеличение зимостойкости, урожайности и качества зерна, является применение минеральных удобрений [9, 10]. В своих трудах Х.А. Малкандуев и другие указывают на то, что доля удобрений в формировании урожайности в районах с недостаточным и неустойчивым увлажнением составляет 10...15 %, при орошении – 40% [11, 12, 13, 14].

Повышение минерального питания и почвенно-климатические условия играют значительную роль в устойчивости растений к отрицательным температурам и стрессовым факторам среды. В связи с чем возникла потребность в исследованиях по эффективности влияния минерального питания в различных агроэкологических условиях на устойчивость растений озимой пшеницы в зимний период (отрицательные температуры, холод, ветер и пр.), так как среди исследователей и практиков нет единого мнения по этому вопросу [1, 2]. Поэтому практические рекомендации по использованию минеральных удобрений для различных зон возделывания пшеницы, с целью увеличения зимостойкости и урожайности этой продовольственной культуры, являются актуальными. Применение минеральных удобрений обеспечивает рост зимостойкости и урожайности пшеницы, что и отмечено в наших опытах.

Генетические особенности сортов, технология возделывания, а также условия роста и развития растений определяют устойчивость озимой пшеницы к отрицательным температурам [1]. А.Ю. Кишев и др. исследователи считают, что широкое внедрение в производство новых

высокоурожайных сортов, зерновая продуктивность которых в полной мере проявляется при полном обеспечении элементами минерального питания и при размещении после лучших предшественников, является одним из главных приемов возделывания озимой пшеницы [15]. Для роста валового сбора качественного зерна и возмещения возможного недобора урожая в условиях вертикальной зональности имеет большое практическое значение исследование реакции сортов на различные дозы минеральных удобрений [16, 17, 18].

Методика. Научные эксперименты закладывали в 2016–2018 гг. на базе опытных полей ИСХ КБНЦ РАН в условиях вертикальной зональности (степная и предгорная зоны) Кабардино-Балкарии на сортах озимой мягкой пшеницы Москвич, Южанка и Юка. Определяли эффективность различных доз минеральных удобрений на следующие показатели: зерновую продуктивность, массовую долю сырого протеина и клейковины, массу 1000 семян, натуру, зимостойкость и выживаемость растений по зонам возделывания. Посев по предшественнику (кукуруза на силос), учетная площадь делянки – 21 м² в 3-х кратной повторности, размещение вариантов в опытах систематическое. Варианты опытов: 1) контроль (без удобрений); 2) N₆₀₊₃₀₊₃₀P₆₀K₃₀; 3) N₆₀₊₃₀₊₃₀P₉₀K₄₀; 4) N₉₀₊₃₀₊₃₀P₁₂₀K₆₀. Минеральные удобрения вносили под основную обработку почвы, в подкормку – в фазы кущения и колошения с дозой (N₃₀). Статистический анализ и учеты проводили согласно методике опытного дела [20]. Полевые учеты проводили трижды (полные всходы, через 10 дней после возобновления весенней вегетации, перед уборкой). Для подсчета полевой всхожести, перезимовки, выживаемости растений к уборке проводили отбор сноповых образцов с делянок (0,25 м² x 4) в 3-кратной повторности.

Почвы опытного участка степной зоны (с.п. Опытное Терского района КБР) представлены обыкновенными черноземами. Содержание гумуса колеблется от 3,0 до 3,5 %, подвижного фосфора – 15,6...28,7 мг/кг, обменного калия – 200...300 мг на 1кг почвы, азота – 17...21 мг/кг. Реакция почвы нейтральная (рН– 6,8...7,2), гидротермический коэффициент – 0,9.

Почвы предгорной зоны (с.п. Нартан Чегемского района КБР) представлены выщелоченным черноземом. Содержание

гумуса – 3,9...4,2 %, подвижного фосфора – 27,0...34,0 мг/кг, обменного калия – 230...250 мг/кг, азота – 18...27 мг/кг. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН – 7,2), гидротермический коэффициент –1,4.

Характеристика погодных условий 2015-2016 гг.: температурный режим осени 2015 года был на 5,6°С ниже многолетних данных в предгорной зоне и на 3,2°С – в степной. Наблюдался дефицит осадков в предгорной и степной зонах на 21,0 и 30, 7 мм. За декабрь-май в предгорной зоне выпало осадков 147 % от нормы и 195 % – в степной. Температура воздуха в марте-апреле в степной зоне

превышала средние многолетние значения на 1,0...2,1°С, в предгорной в марте – на 0,7°С. Температура воздуха в июне по всем зонам находилась на уровне многолетних данных (рис.1-4).

Метеорологические условия осени 2016 года характеризовались выпадением недостаточного количества осадков: в степной зоне на 34,4 мм, предгорной – на 38,1 мм ниже нормы, или 61 % от нормы. Сумма осадков в весенний период (2017 г.) в предгорных районах составила – 216,9 мм (110,2 %), в степных районах – 114,2 мм (81,7 %).

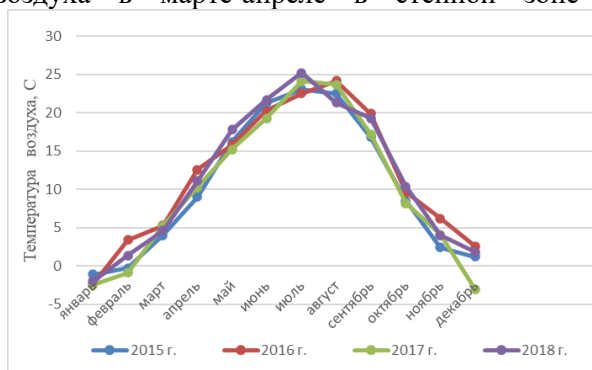


Рис 1. Среднесуточная температура воздуха за вегетационные периоды, °С (по данным метеостанции г. Нальчик, предгорная зона, 2015-2018 гг.)

Fig. 1. Average daily air temperature during growing seasons, °C (according to the data of the Nalchik weather station, foothill zone, 2015-2018)

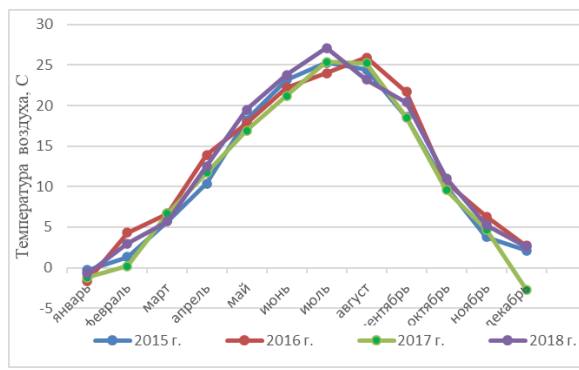


Рис 2. Среднесуточная температура воздуха за вегетационные периоды, °С (по данным метеостанции г. Терек, степная зона, 2015-2018 гг.)

Fig. 2. Average daily air temperature during growing seasons, °C (according to the data of the Terek weather station, steppe zone, 2015-2018)

Температурный режим в весенний период в степной зоне был на уровне многолетних значений, в предгорной – на 5,4°С ниже. Интенсивные дожди в июне в

предгорной зоне (154,2 % от нормы), в степной зоне (94 %), в сочетании с умеренным температурным режимом (19,3...21,2°С), создали хорошие условия для налива зерна.

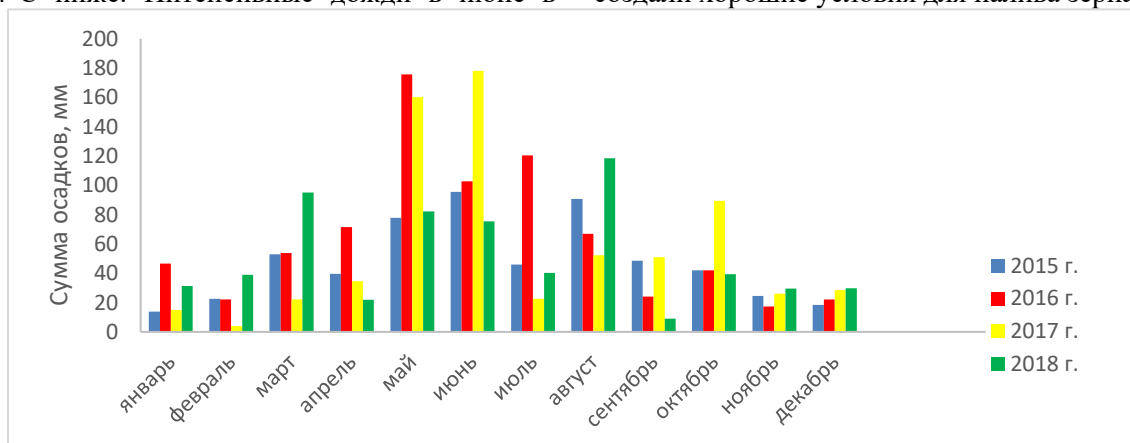


Рис 3. Сумма осадков за вегетационные периоды, мм (по данным метеостанции г. Нальчик, предгорная зона, 2015-2018 гг.)

Fig. 3. Precipitation amount during growing seasons, mm (according to the data of the Nalchik weather station, foothill zone, 2015-2018)

Первые две декады сентября 2017 года были необычно жаркими: отклонение температуры воздуха составило +2,9°...+6,2°С. Всего осадков за осень выпало по зонам: в предгорной – 166 мм (122 % от нормы), в степной – 98,6 (102 % от сезонной нормы). Среднемесячная температура февраля (2018 г.) варьировала по зонам в пределах

1,4...3,0 °С, что выше многолетних значений. В весенний период на территории республики выпадение осадков в предгорной зоне составило – 101,1 %, в степной отмечен недобор (93,3 % от нормы). Июнь в предгорной и степной зонах был теплее на 1,0-1,3°С.

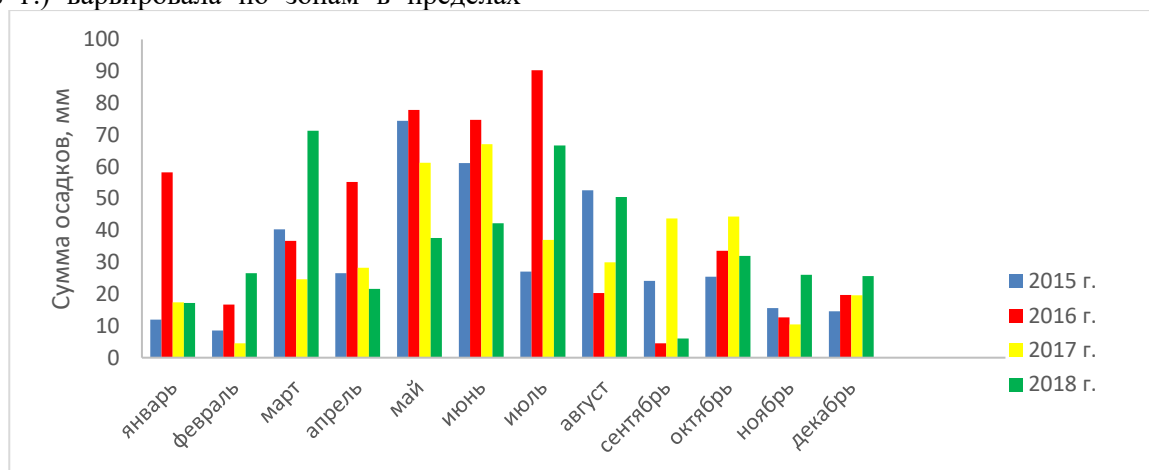


Рис 4. Сумма осадков за вегетационные периоды, мм (по данным метеостанции г. Нальчик, предгорная зона, 2015-2018 гг.)

Fig. 4. Precipitation amount during growing seasons, mm (according to the data of the Nalchik weather station, foothill zone, 2015-2018)

Результаты. Анализ исследований показал, что внесение минеральных удобрений обеспечило высокую перезимовку и выживаемость растений, а, соответственно, и рост зерновой продуктивности качественного зерна по сортам и зонам. Использование минимальной дозы удобрений ($N_{60+30+30}P_{60}K_{30}$) способствовало росту зимостойкости и выживаемости сортов по зонам проведения исследований (степная, предгорная) по сравнению с контролем на 1,1...1,6 и 1,1...2,0 % (табл. 1). С доведением доз удобрений до $N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$ показатели по перезимовке и выживаемости растений возросли по сортам и зонам, что превысило контроль на 2,4...3,2 % в степной зоне и на 2,6...3,6 % – в предгорной, то есть, отмечается положительная реакция растений на удобрения, что сказалось на формировании высокой зерновой продуктивности у всех сортов озимой пшеницы. Оптимальные показатели по перезимовке и выживаемости получены в варианте ($N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$). Дозы минеральных удобрений во всех зонах оказали существенное влияние на изучаемые показатели.

В вопросах реализации потенциальных возможностей новых интенсивных сортов особую роль играет применение научно-обоснованных систем удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях. Использование минеральных удобрений в технологии возделывания показало их высокую эффективность. Так, применение дозы $N_{60+30+30}P_{60}K_{30}$ благоприятствовало росту зерновой продуктивности по степной зоне на 7,8...9,1 ц/га, предгорной – 9,3...10,6 ц/га (рис. 5, 6).

С повышением доз удобрений, в разрезе сортов и вертикальной зональности, зерновая продуктивность увеличивается. Максимальные значения отмечены по сортам Южанка и Юка в степной зоне – 58,2 и 59,0 ц/га и предгорной – 61,5 и 63,2 ц/га, что выше стандарта на 5,5 и 6,3; 5,0 и 6,7 ц/га при внесении $N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$.

Согласно результатам исследований удобрения не только повышают зерновую продуктивность, но и увеличивают выход семян (рис. 7, 8).

Таблица 1

Перезимовка и выживаемость растений озимой пшеницы при различных дозах минеральных удобрений (2016-2018 гг.)

Сорт	Удобрение	Перезимовка, %	Выживаемость, %	Перезимовка, %	Выживаемость, %
		Степная зона		Предгорная зона	
Москвич, st.	Контроль	96,0	90,0	95,2	90,3
	N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₃₀	97,2	92,0	96,7	91,2
	N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₉₀ K ₄₀	98,2	93,2	97,5	92,1
	N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₁₂₀ K ₆₀	98,7	93,6	98,0	93,0
Южанка	Контроль	95,5	90,2	94,5	90,0
	N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₃₀	97,0	91,5	96,1	91,2
	N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₉₀ K ₄₀	97,5	93,0	97,2	91,5
	N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₁₂₀ K ₆₀	98,1	93,3	97,7	92,6
Юка	Контроль	95,2	90,0	94,4	89,5
	N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₃₀	96,3	91,2	95,7	91,6
	N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₉₀ K ₄₀	97,3	92,3	97,0	91,8
	N ₉₀₊₃₀₊₃₀ P ₁₂₀ K ₆₀	97,6	92,7	97,4	92,3
ΣХ		1164,6	1103,0	1157,4	1097,1
$\bar{X} \pm m$		97,1 ± 1,1	91,9 ± 1,2	96,5 ± 1,2	91,4 ± 1,0
m, %		1,1	1,3	1,2	1,1
НСР ₀₅		0,49	0,77	0,55	0,45

В наших опытах отмечен рост выхода семян на 7,6...14,7 % с увеличением доз удобрений по зонам и сортам. Максимальные показатели получены в условиях предгорной зоны. В варианте 4 (N₆₀₊₃₀₊₃₀P₆₀K₃₀) выход семян варьировал от 68,3 до 72,8 %, где превышение над контролем составило 6,9...9,4 %. Максимальный выход семян (74,1...77,1 %) отмечен в варианте N₉₀₊₃₀₊₃₀P₁₂₀K₆₀. Наибольшая прибавка к стандарту по выходу семян была у сорта Юка – 3,0 %.

Корреляционная связь между перезимовкой и зерновой продуктивностью у сортов озимой пшеницы была стабильно сильной как в условиях степной зоны (r=0,76),

так и предгорной (r=0,73). Между перезимовкой и выходом семян также отмечена положительная связь в степной (r=0,68) и предгорной (r=0,74).

Как показали исследования, на качество зерна существенно повлиял уровень минерального питания и климат в условиях вертикальной зональности. С повышением доз удобрений по всем вариантам опытов отмечается рост массы 1000 семян, натуре зерна, массовой доли сырого протеина и клейковины, стекловидности (табл. 2).

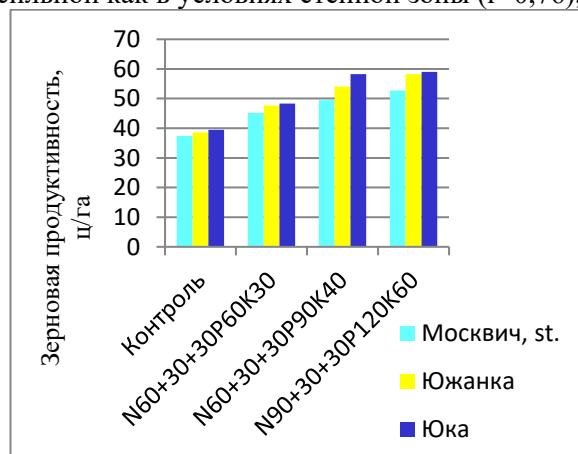


Рис 5. Зерновая продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (степная зона, 2016-2018 гг.).
Fig. 5. Grain productivity of winter wheat varieties depending on the level of mineral nutrition (steppe zone, 2016-2018).

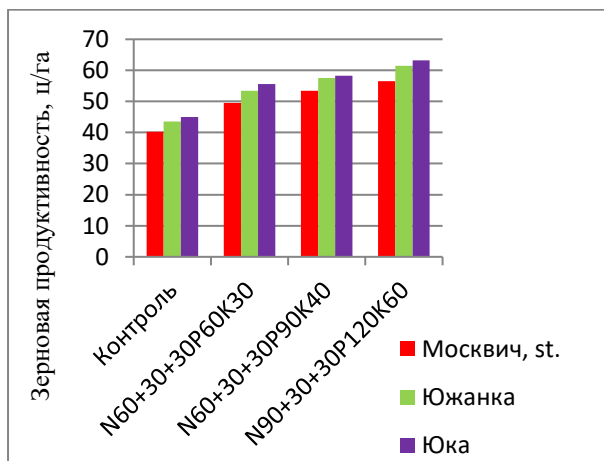


Рис 6. Зерновая продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания (предгорная зона, 2016-2018 гг.).
Fig. 6. Grain productivity of winter wheat varieties depending on the level of mineral nutrition (foothill zone, 2016-2018).

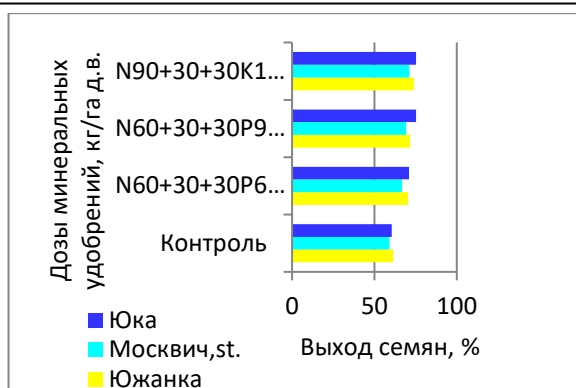


Рис 7. Влияние доз минеральных удобрений на выход семян сортов озимой пшеницы (степная зона, 2016-2018 гг.)

Fig. 7. Influence of doses of mineral fertilizers on the yield of seeds of winter wheat varieties (steppe zone, 2016-2018)

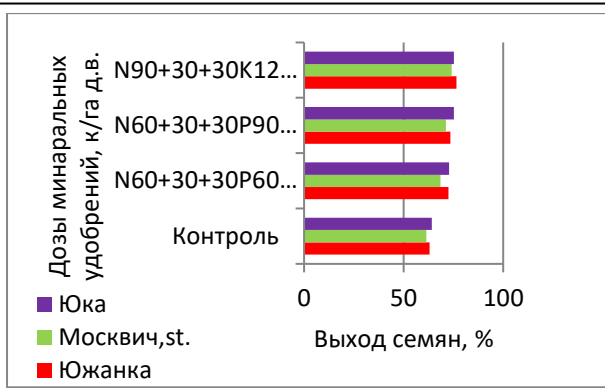


Рис 8. Влияние доз минеральных удобрений на выход семян у сортов озимой пшеницы (предгорная зона, 2016-2018 гг.)

Fig.8. Influence of doses of mineral fertilizers on the yield of seeds of winter wheat varieties (foothill zone, 2016-2018)

Таблица 2

Качество зерна озимой пшеницы при различных дозах минеральных удобрений (2016-2018 гг.)

Сорт	Удобрение	Масса 1000 семян, г	Натура зерна, г/л	Массовая доля сырого протеина, %	Массовая доля сырой клейковины, %	Стекловидность, %
<i>Степная зона</i>						
Москвич, st.	Контроль	38,9	781	13,9	25,5	54
	N ₆₀ +30+30P ₆₀ K ₃₀	40,7	786	14,2	28,1	60
	N ₆₀ +30+30P ₉₀ K ₄₀	42,1	788	14,8	28,5	68
	N ₉₀ +30+30P ₁₂₀ K ₆₀	42,6	793	14,9	29,1	71
Южанка	Контроль	38,7	788	14,2	25,7	57
	N ₆₀ +30+30P ₆₀ K ₃₀	40,9	805	14,6	28,6	62
	N ₆₀ +30+30P ₉₀ K ₄₀	42,4	809	14,9	28,9	70
	N ₉₀ +30+30P ₁₂₀ K ₆₀	42,9	812	15,1	29,3	72
Юка	Контроль	38,6	785	13,9	25,9	65
	N ₆₀ +30+30P ₆₀ K ₃₀	39,9	801	14,5	28,1	59
	N ₆₀ +30+30P ₉₀ K ₄₀	41,6	805	14,6	28,6	72
	N ₉₀ +30+30P ₁₂₀ K ₆₀	42,4	807	14,9	29,6	74
ΣX		491,7	9560	174,5	335,9	784
$\bar{X} \pm m$		41,0±0,28	796,7±2,2	14,6±0,24	28,0±0,26	65,3±2,1
m, %		0,68	0,26	1,7	0,93	3,2
НСР ₀₅		0,34	2,65	0,30	0,31	2,5
<i>Предгорная зона</i>						
Москвич, st.	Контроль	39,1	779	13,9	23,8	52
	N ₆₀ +30+30P ₆₀ K ₃₀	40,4	783	14,2	26,3	57
	N ₆₀ +30+30P ₉₀ K ₄₀	41,8	786	14,8	28,0	65
	N ₉₀ +30+30P ₁₂₀ K ₆₀	42,4	791	14,9	28,3	68
Южанка	Контроль	38,6	791	13,6	24,0	53
	N ₆₀ +30+30P ₆₀ K ₃₀	40,6	806	14,3	26,5	58
	N ₆₀ +30+30P ₉₀ K ₄₀	41,9	809	14,6	28,4	67
	N ₉₀ +30+30P ₁₂₀ K ₆₀	43,3	811	14,7	28,8	70
Юка	Контроль	38,6	785	13,7	24,2	54
	N ₆₀ +30+30P ₆₀ K ₃₀	39,7	800	14,1	26,4	57
	N ₆₀ +30+30P ₉₀ K ₄₀	40,8	805	14,4	27,3	69
	N ₉₀ +30+30P ₁₂₀ K ₆₀	41,7	808	14,6	29,3	72
ΣX		488,9	9554	171,8	321,3	742
$\bar{X} \pm m$		40,7±0,22	796,2±2,11	14,3±0,23	26,8±0,25	61,8±2,03
m, %		0,54	0,27	1,61	0,94	3,28
НСР ₀₅		0,42	2,59	0,29	0,30	2,49

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60+30+30}P_{60}K_{30}$ массовая доля сырого протеина и клейковины, по сравнению с контролем, повышалась по сортам на 0,3...0,6 и 2,2...2,9 % в степной зоне, предгорной на 0,4...0,8 и 2,2...2,5 % соответственно. Массовая доля сырого протеина в условиях степной зоны по сортам Юка и Южанка составила в варианте 4 ($N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$) – 14,9 и 15,1 %, клейковины – 29,3 и 29,6 %; в предгорной – 14,6 и 14,7 % и 28,8 и 29,3 %. Накопление протеина и клейковины растениями озимой пшеницы по зонам объясняется генетическими особенностями сортов и условиями возделывания. Почвенно-климатические условия степной зоны являются более благоприятными, так как теплая и сухая погода весенне-летнего периода способствует большому накоплению протеина и клейковины.

Оптимальные технологические показатели зерна в условиях вертикальной зональности отмечены у сортов Юка и Южанка.

Выводы

1. Таким образом, результаты исследований показали, что оптимальной дозой минеральных удобрений в условиях вертикальной зональности КБР для изучаемых сортов является $N_{90}P_{120}K_{60}$ (под основную обработку почвы) и N_{30} на 1 га (в подкормки в фазу кущения и колошения). Внесение удобрений под опыты в дозе $N_{90+30+30}P_{120}K_{60}$ кг/га д.в. обеспечило высокую зерновую продуктивность и качество зерна пшеницы.

2. По урожайности в условиях степной зоны прибавки к контролю по сортам в зависимости от доз удобрений варьировали от 7,8 до 19,6 ц/га; по выходу семян – в пределах 7,6...14,7 %. По перезимовке увеличение над контролем составило – 1,1...2,7 %, по выживаемости – 1,2...3,6 %. По технологическим показателям: по массе 1000

семян прирост был на уровне 1,3...4,2 г, по натуре – 5...24 г/л, по стекловидности – 5...17 %, по массовой доле сырого протеина – 0,3...1 % и клейковины – 2,2...3,7 %.

3. По урожайности в условиях предгорной зоны прибавки к варианту без удобрений по сортам, в зависимости от доз, варьировали от 9,3 до 18,2 ц/га, прирост по выходу семян составил 7,1...13,4 %. По перезимовке преимущество над контролем (без удобрений) было на уровне 1,3...3,0 %, по выживаемости – 1,2...2,8 %. По качеству зерна: прибавки по массе 1000 семян составили 1,1...4,7 г, натуре – 4...23 г/л, стекловидности – 3...18 %, массовой доле сырого протеина – 0,3...1,1 %, клейковине – 0,3...5,1 %.

4. В степной зоне по массе 1000 семян и натуре, массовой доле сырого протеина, в сравнении со стандартом, выделяется сорт Южанка; по массовой доле сырой клейковины, стекловидности, урожайности и выходу семян – сорт Юка.

5. В предгорной зоне максимальные прибавки к показателям по урожайности и качеству зерна (натура, стекловидность, массовая доля сырой клейковины) отмечены у сорта Юка, прибавки по массе 1000 зерен и массовой доле сырого протеина, выходу семян – в вариантах с сортом Южанка. По перезимовке в условиях предгорной зоны наибольшую прибавку обеспечил сорт Южанка.

6. Анализируя результаты изучения сортов озимой пшеницы, можно отметить хорошую адаптивность сортов Юка и Южанка к агроклиматическим факторам зон, что положительно сказалось на успешной перезимовке, выживаемости, урожае, выходе семян и качестве зерна.

Список источников

1. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от изучаемых факторов // Научно-техническое и социально-экономический потенциал развития АПК РФ. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова, 2022. Том I. С. 170-175.
2. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания в условиях вертикальной зональности КБР // Известия КБНЦ РАН. 2020. № 6 (98). С. 173-180.
3. Бондаренко В.И. Зимостойкость и продуктивность интенсивных сортов озимой пшеницы от сроков посева // Бюллетень ВНИИК. 1985. Вып. 1 (60). С. 57-61.
4. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Ашхотов А.М., Малкандуева А.Х. Реакция сортов озимой пшеницы на дозы удобрений в условиях Кабардино-Балкарии // Земледелие. 2016. №1. С. 23-24.
5. Карманенко Н.М. Зимостойкость, минеральное питание и продуктивность озимой пшеницы. М.: ВНИИА, 2011. 500 с.
6. Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Калоев Б.С., Кубатиева З.А., Калагова Р.В. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Агрехимия. 2019. № 4. С. 31-38.

7. Есаулко А.Н., Письменная Е.В., Ожередова А.Ю., Клец В.А., Кузьмина Ю.Н. Влияние макро- и микроудобрений на фотосинтетическую деятельность и продукционную способность озимой пшеницы на выщелоченном черноземе // Земледелие. 2022. № 7. С. 36-39.
8. Гуреев И.И., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Хлопина С.В., Прущик И.А. Агроэкологическая оценка технологии производства зерна озимой пшеницы в условиях Центрально-Черноземного региона // Земледелие. 2022. № 6. С. 37-40.
9. Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи // Земледелие. 2018. № 7. С. 36-39.
10. Мазалов В.И., Мосина О.М., Хмызова Н.Г., Донской М.М. Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Земледелие. 2019. № 4. С. 19-21.
11. Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Особенности влияния отдельных технологических приемов на водопотребление и урожайность новых сортов озимой пшеницы в Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т.36. № 9. С. 26-31.
12. Шаповалова Н.Н., Менькина Е.А., Ахмедшина Д.А. Диагностические показатели обеспеченности почвы элементами питания для формирования высокой урожайности озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т.36. № 5. С. 5-10.
13. Ториков В.Е., Фокин И.И. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания // Вестник ФГОУ «Брянская ТСХА». 2010. № 4. С. 22-28.
14. Barneix A. Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain // Journal of Plant Physiology. 2007. №164. Pp. 581-590.
15. Кишев А.Ю. Агротехнические приемы повышения продуктивности и качества зерна сортов озимой пшеницы в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики: автореферат дис. кандидата с.-х. наук: 06.01.09 / КБГСХА, Нальчик. 2004. 23 с.
16. Lopez-Bellido L., J.E. Castillo, F.J. Lopez-Bellido. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat // Field Crops Research. 2001. Vol. 72. № 3. Pp. 197-210.
17. Muller S., Vielmeyer H.P., Vanselow G., Janert R. Operative Bevnennung der N-Dungung im Wintergetreidebau // Getreidewirtschaft. 1985. Vol. 19. № 10. Pp. 222-223.
18. Малкандуев Х.А., Ашхотов А.М., Малкандуева А.Х., Тутукова Д.А. Продуктивность и качество зерна новых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях агроэкологических зон Кабардино-Балкарии // Аграрный вестник Урала. 2012. № 8 (100). С.15-17.
19. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х., Гажева Р.А. Предшественники, урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Зерновое хозяйство России. 2015. №4. С. 58-60.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION AND CULTIVATING CONDITIONS ON GRAIN PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT

©2023. Hamid A. Malkanduev¹, Rustam I. Shamurzaev², Aminat H. Malkandueva³✉

^{1,2,3} Institute of Agriculture – Branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

³kbniish2007@yandex.ru

Abstract. The article highlights the problems of resistance of winter soft wheat plants to the conditions of cultivation zones during the growing season, as well as the effect of the use of various doses of mineral fertilizers on grain productivity and technological indicators of grain in the zonal conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. The experiments were carried out in the steppe (Tersky district, Opytnoye settlement) and foothill (Chegem district, Nartan settlement) zones in the period from 2016 to 2018, on varieties Yuka, Moskvich and Yuzhanka. The experiments have established a positive effect of the application of mineral fertilizers (N₆₀₊₃₀₊₃₀P₆₀K₃₀, N₆₀₊₃₀₊₃₀P₉₀K₄₀, N₉₀₊₃₀₊₃₀ P₁₂₀K₆₀) on the studied indicators in the agro-ecological conditions of the republic. The positive reaction of plants to increasing doses of mineral fertilizers contributed to good overwintering and high grain productivity of high-quality grain. The application of minimal doses of fertilizers, in comparison with the control, increased grain productivity by zones (steppe, foothills) and varieties by 7.8...9.1 and 9.3...10.6 c/ha. At the same time, the mass fraction of crude protein and gluten, in comparison with the variant without fertilizers, increased by zones and varieties by 0.3...0.8 and 2.2...2.9%, respectively. Positive dynamics of grain quality indicators and productivity by variety and zone were noted at maximum doses of mineral fertilizers (N₉₀₊₃₀₊₃₀P₁₂₀K₆₀). Optimal results for grain productivity - 59.0 and 63.2 c/ha, in conditions of vertical zoning, were obtained for the Yuka variety in the variant (N₉₀₊₃₀₊₃₀P₁₂₀K₆₀), where the excess over the standard was + 6.3...+ 6.7 c/ha. When applying doses (N₉₀₊₃₀₊₃₀P₁₂₀K₆₀), the mass fraction of crude protein and gluten in zones increased and amounted to 14.9 and 29.6%, and 14.6 and 29.3%, respectively. In experiments in the steppe zone, according to technological indicators (weight of 1000

seeds, natural), the Yuzhanka variety formed more filled grain. In terms of the mass fraction of raw gluten, the greatest increase was noted in experiments with the Yuka variety in all zones.

Key words: variety, wheat, cultivation zone, fertilizers, overwintering, grain productivity, grain quality

References

1. Malkanduev H.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.H. Perezimovka ozimoy pshenicy v zavisimosti ot izuchaemykh faktorov (Overwintering of winter wheat depending on the studied factors), Nauchno-tehnicheskoe i social'no-jekonomicheskij potencial razvitiya APK RF, Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Nal'chik, FGBOU VO Kabardino-Balkarskij GAU im.V.M. Kokova, 2022, T. I, pp. 170-175.
2. Malkanduev H.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.H. Perezimovka ozimoy pshenicy v zavisimosti ot priemov vozdeleyvaniya v usloviyakh vertikal'noj zonal'nosti KBR (Overwintering of winter wheat depending on cultivation methods in the conditions of vertical zonality of the KBR), Izvestiya KBNC RAN, 2020, No. 6 (98), pp. 173-180.
3. Bondarenko V.I. Zimostojkost' i produktivnost' intensivnykh sortov ozimoy pshenicy ot srokov poseva (Winter hardiness and productivity of intensive varieties of winter wheat from sowing dates), Bjuliten VNIK, 1985, Vyp. 1 (60), pp. 57-61.
4. Malkanduev H.A., Shamurzaev R.I., Ashhotov A.M., Malkandueva A.H. Reakcija sortov ozimoy pshenicy na dozy udobrenij v usloviyakh Kabardino-Balkarii (Response of winter wheat varieties to fertilizer doses in Kabardino-Balkaria), Zemledelie, 2016, No. 1, pp. 23-24.
5. Karmanenko N.M. Zimostojkost, mineral'noe pitanie i produktivnost' ozimoy pshenicy (Winter hardiness, mineral nutrition and productivity of winter wheat), Moskva, VNIIA, 2011, 500 p.
6. Dzanagov S.H., Lazarov T.K., Kaloev B.S., Kubatieva Z.A., Kalagova R.V. Vlijanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na pokazateli rosta, urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy (The effect of long-term use of fertilizers on growth rates, yield and grain quality of winter wheat), Agrohimiya, 2019, No. 4, pp. 31-38.
7. Esaulko A.N., Pis'mennaja E.V., Ozheredova A.Ju., Klec V.A., Kuz'minova Ju.N. Vlijanie makro- i mikroudobrenij na fotosinteticheskuyu dejatel'nost' i produkcionnuju sposobnost' ozimoy pshenicy na vyshhelochennom chernozeme (Effect of macro- and microfertilizers on photosynthetic activity and productivity of winter wheat on leached chernozem), Zemledelie, 2022, No. 7, pp. 36-39.
8. Gureev I.I., Gostev A.V., Nitchenko L.B., Hljupina S.V., Prushhik I.A. Agrojekologicheskaja ocenka tehnologii proizvodstva zerna ozimoy pshenicy v usloviyakh Central'no-Chernozemnogo regiona (Agro-ecological assessment of the technology for the production of winter wheat grain in the conditions of the Central Black Earth region), Zemledelie, 2022, No. 6, pp. 37-40.
9. Grabovec A.I., Birjukov K.N. Rol' nekornevnykh podkormok pri vozdeleyvanii ozimoy pshenicy i tritikale v usloviyakh zasuhi (The role of foliar top dressing in the cultivation of winter wheat and triticale in drought conditions), Zemledelie, 2018, No. 7, pp. 36-39.
10. Mazalov V.I., Mosina O.M., Hmyzova N.G., Donskoj M.M. Vlijanie razlichnykh doz azotnykh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy (Influence of various doses of nitrogen fertilizers on the yield and grain quality of winter wheat), Zemledelie, 2019, No. 4, pp. 19-21.
11. Voshedskij N.N., Kulygin V.A. Osobennosti vlijanija otdel'nykh tehnologicheskikh priemov na vodopotreblenie i urozhajnost' novykh sortov ozimoy pshenicy v Rostovskoj oblasti (Features of the influence of certain technological methods on water consumption and productivity of new varieties of winter wheat in the Rostov region), Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2022, T. 36, No. 9, pp. 26-31.
12. Shapovalova N.N., Men'kina E.A., Ahmedshina D.A. Diagnosticheskie pokazateli obespechennosti pochvy jelementami pitaniya dlja formirovaniya vysokoj urozhajnosti ozimoy pshenicy (Diagnostic indicators of soil supply with nutrients for the formation of high yields of winter wheat), Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2022, T.36, No. 5, pp. 5-10.
13. Torikov V.E., Fokin I.I. Perezimovka ozimoy pshenicy v zavisimosti ot priemov vozdeleyvaniya (Overwintering of winter wheat depending on cultivation methods), Vestnik FGOU, Brjanskaja TSHA, 2010, No. 4, pp. 22-28.
14. Bameix A. Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain (Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain), Journal of Plant Physiology, 2007, No. 164, pp. 581-590.
15. Kishev A.Ju. Agrotehnicheskie priemy povysheniya produktivnosti i kachestva zerna sortov ozimoy pshenicy v predgornoj zone Kabardino-Balkarskoj Respubliki (Agrotechnical methods for increasing the productivity and quality of winter wheat varieties in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic), avtoreferat dis. kandidata s.-h. nauk, 06.01.09, KBGSHA, Nal'chik, 2004, 23 p.
16. Lopez-Bellido L., J.E. Castillo, F.J. Lopez-Bellido Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat (Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat), Field Crops Research, 2001, Vol. 72, No. 3, pp. 197-210.
17. Muller S., Vielmeyer H.P., Vanselow G., Janert R. Operative Bevnung der N-Dungun im Wintergetreidebau (Operational assessment of the N-Dungun in winter grain production), Getreidewirtschaft, 1985, Vol. 19, No. 10, pp. 222-223.
18. Malkanduev H.A., Ashhotov A.M., Malkandueva A.H., Tutukova D.A. Produktivnost' i kachestvo zerna novykh sortov ozimoy mjagkoj pshenicy v usloviyakh agroekologicheskikh zon Kabardino-Balkarii (Productivity and quality of grain of new varieties of winter soft wheat in the conditions of agroecological zones of Kabardino-Balkaria), Agrarnyj vestnik Urala, 2012, No. 8 (100), pp. 15-17.
19. Malkanduev H.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.H., Gazheva R.A. Predshestvenniki, urozhaj i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v usloviyakh predgornoj zony Kabardino-Balkarii (Predecessors, yield and grain quality of winter wheat in the foothill zone of Kabardino-Balkaria), Zernovoe hozjajstvo Rossii, 2015, No. 4, pp. 58-60.
20. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (Field experiment methodology), Moskva, Agropromizdat, 1985, 352 s.

Сведения об авторах

Х.А. Малкандуев¹ – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства колосовых культур;

Р.И. Шамурзаев² – к.с.-х.н., заведующий лабораторией селекции и семеноводства колосовых культур;

А.Х. Малкандуева³ – д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства колосовых культур.

^{1,2,3} Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», г. Нальчик, Россия.

¹ ORCID: 0000-0003-4946-38184

² ORCID: 0000-0002-0169-6826

³ ORCID: 0000-0003-4306-3733

Information about the authors

H.A. Malkanduev¹ – Dr. Agr. Sci., Leading Researcher of the laboratory of breeding and seed production of ear crops;

R.I. Shamurzaev² – Cand. Agr. Sci., Head of the Laboratory of breeding and seed production of ear crops;

A.H. Malkandueva³ – Dr. Agr. Sci., Senior Researcher of the laboratory of breeding and seed production of ear crops.

^{1,2,3} Institute of Agriculture – Branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

¹ ORCID: 0000-0003-4946-38184

² ORCID: 0000-0002-0169-6826

³ ORCID: 0000-0003-4306-3733

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 01.08.2023; одобрена после рецензирования 01.09.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 01.08.2023; approved after reviewing 01.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья

УДК 631.174: 632.952: 633.111.1×633.14(571.61)

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_69

ВЛИЯНИЕ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН НА ПОРАЖЕНИЕ КОРНЕВЫМИ ГНИЛЯМИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ

©2023. Алексей Александрович Муратов¹, Виктор Владимирович Епифанцев², Татьяна Павловна Колесникова³

^{1,2,3}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹nic_dalgau@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили с целью установления эффективных протравителей семян, снижающих поражение корневыми гнилями и повышающих урожайность ярового тритикале. Работу выполняли в Амурской области на опытном поле Дальневосточного ГАУ в 2014-2016 гг. на лугово-черноземовидной почве. Содержание гумуса – 3,7-3,9%, подвижных форм фосфора – 106-110 мг/кг, калия – 199-203 мг/кг, кислотность солевой вытяжки – 5,5 ед. рН. Относительно благоприятные погодные условия для тритикале отмечали в 2014 и 2016 гг. Двухфакторный полевой опыт проведен по схеме: фактор А - обработка препаратами: 1. Контроль – вода; 2. Максим – норма 1,5 л/т; 3. Иншур Перформ – 0,4 л/т; 4. Кинто Дуо - 2 л/т; фактор В – сорта тритикале: 1. Укро, St; 2. Ярило; 3. Кармен. Фитоэкспертиза выявила высокую зараженность семян грибами *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, *B. sorokiniana* в контрольном варианте. У ярового тритикале сорта Ярило было поражено 33,3% семян, Укро – 63,1% и Кармен – 72,7%. Препарат Кинто Дуо снижал поражение семян соответственно сортам на 23,9%, 56,9 и 58,8%, а препарат Максим – на 26%, 60,3 и 60,9%. Биологическая эффективность протравителя Иншур Перформ варьировала от 44,4% – у сорта Кармен до 52,3 % – у сорта Укро. Наибольшая биологическая эффективность была в вариантах Кинто Дуо у сорта Укро – 67,5% и Максим у сорта Кармен – 74,1%. Обработка посевного материала сортов Ярило и Укро препаратом Кинто Дуо способствовала получению урожайности 2,47 т/га и 2,91 т/га, а сорта Кармен – Максимом 2,52 т/га. Наиболее существенная прибавка урожайности получена при использовании препарата Кинто Дуо.

Ключевые слова: фитоэкспертиза, корневые гнили, препарат, семена, всхожесть, сорт, тритикале, урожайность

Введение. Тритикале (*×Triticosecale*) – культура с высоким потенциалом продуктивности [1]. Она унаследовала от пшеницы высокое качество зерна, от ржи – большое количество зерен в колосе, устойчивость к болезням и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [2]. Для Амурской области – это новая перспективная фуражная и зерновая культура [3]. Из зерна тритикале готовят качественные пищевые продукты [4]. Оно накапливает больше энергии, чем традиционные корма [5]. Местные аграрии успешно выращивают её уже несколько лет [6].

На яровых зерновых культурах паразитируют корневые гнили злаков (*Fusarium spp.*, *Bipolaris sorokiniana* Shoem.). В годы эпифитотий потери урожая могут

достигать 25–50% [7]. Причинами распространения фитопатогенов могут быть отсутствие севооборотов, растительные остатки после уборки урожая, посев семян в неподготовленную почву, переход на ресурсосберегающие и технологии No-till, отказ от протравливания посевного материала и др. [8].

Существующие современные технологии защиты сельскохозяйственных культур позволяют стабилизировать фитосанитарную обстановку, а возможности повышения эффективности препаратов далеко не исчерпаны [9]. Увеличения производства зерна можно добиться за счет снижения потерь, связанных с грибными патогенами. Фунгициды положительно влияют на элементы структуры и урожайность зерна тритикале [10]. Ранее исследований по

изучению видового состава грибов, паразитирующих на тритикале, в Приамурье не было.

Цель исследований – выявить эффективные протравители семян, снижающие поражение корневыми гнилями и повышающие урожайность ярового тритикале в экстремальных условиях Амурской области.

Методика. Эксперименты в 2014-2016 гг. выполняли на опытном поле Дальневосточного ГАУ, расположенном в Благовещенском районе Амурской области. Почва – лугово-черноземовидная среднетяжелая [11]. Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 3,7-3,9%, подвижных форм фосфора и калия (ГОСТ 26207-91) соответственно 106-110 и 199-203 мг/кг, кислотность солевой вытяжки (ГОСТ 262484-85) – 5,5 ед. рН [12]. Температура воздуха летом 2014-2015 гг. была на 1-2⁰С выше, а в 2016 г. – на 0,2⁰С ниже, чем многолетняя. В 2015 и 2016 гг. осадков за сезон выпало больше, чем в 2014 г., но меньше многолетних значений. Относительно благоприятные метеорологические условия для выращивания тритикале сложились в 2014 и 2016 гг.

В двухфакторном полевом опыте изучали: фактор А – варианты протравителей семян: 1) Контроль – вода, 2) Максим КС (действующее вещество: 25 г/л

флудиоксонил), норма применения препарата – 1,5 л/т, 3) Иншур Перформ, КС (д. в.: пираклостробин + триконазол 40+80 г/л, х. к. – стробилурины + триазолы) норма – 0,4 л/т, 4) Кинто Дуо, КС (д. в.: прохлораз + триконазол 60+20 г/л, х. к. – триазолы + имидазолы) норма 2 л/т; фактор В – сорта: 1) Укро – стандарт (St), рекомендован к применению в ДВФО РФ, 2) Ярило, 3) Кармен. Каждому сорту соответствовало по три варианта протравителей семян и контроль. Общая площадь делянки 30 м², учетная – 24 м². Повторность вариантов 4-кратная, размещение делянок – рендомизированное [13].

Предшественник – соя. Срок посева – третья декада апреля. Посев проводили сеялкой СН-16 в агрегате с трактором Dongfeng. Способ посева – рядовой. Ширина междурядий – 15 см, норма высева – 5 млн. шт. всхожих зерен на 1 га. Обработка почвы и уход за посевами соответствовали зональным рекомендациям [14].

Для фитозащиты семян использовали метод влажных рулонов по ГОСТ 12044-93. Учет корневых гнилей проводили дифференцированно по органам, согласно методике В.А. Чулкиной [15].

Результаты. Фитозащита показала инфицированность семян грибами рода *Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris* (табл. 1).

Таблица 1

Влияние протравителей семян на всхожесть, зараженность проростков тритикале болезнями и биологическую эффективность, 2014-2016 гг.

Препарат	Всхожесть, %	Поражено, %				БЭ, %
		<i>Fusarium spp.</i>	<i>Alternaria spp.</i>	<i>B. sorokiniana</i>	всего	
Сорт Ярило						
Контроль (H ₂ O)	88,6	8,4	14,3	10,6	33,3	-
Иншур Перформ	88,6	12,0	8,5	13,4	33,9	-
Кинто Дуо	88,6	7,2	1,1	1,1	9,4	71,8
Максим	91,3	6,1	1,2	0	7,3	78,1
Сорт Укро						
Контроль (H ₂ O)	84,8	18,9	24,5	19,7	63,1	-
Иншур Перформ	91,3	14,8	15,9	17,0	47,7	24,4
Кинто Дуо	96,0	3,3	1,1	1,8	6,2	90,2
Максим	94,7	2,8	0	0	2,8	95,6
Сорт Кармен						
Контроль (H ₂ O)	74,7	16,4	21,5	34,8	72,7	-
Иншур Перформ	82,7	11,7	8,7	11,9	32,3	55,6
Кинто Дуо	81,3	8,6	0	5,3	13,9	80,9
Максим	82,0	7,2	2,4	2,2	11,8	83,8

У сортов ярового тритикале Кармен и Укро все препараты для протравливания семян повышали их лабораторную всхожесть. У сорта Ярило лабораторная всхожесть в

варианте с препаратом Кинто Дуо и Иншур Перформ была на уровне контроля, а Максим увеличивал её на 2,7%. В среднем по фактору А наибольшая лабораторная всхожесть бала

при обработке препаратом Максим, он превышал контроль на 6,6%, Кинто Дуо – на 0,7% и Иншур Перформ – на 1,6%. В среднем у сорта Ярило в вариантах опыта с препаратами лабораторная всхожесть была на 9,1% больше, чем у сорта Кармен и на 2,4% меньше, чем у сорта Укро.

Препарат Максим у сорта Ярило снизил общую зараженность проростков корневой гнилью в 4,5 раза по сравнению с контролем, его биологическая эффективность составила 78,1%. При этом зараженность семян грибами рода *Fusarium spp.* была ниже на 2,3%, *Alternaria spp.* – меньше на 13,1%, а грибы *B. sorokiniana* обнаружены не были в отличии от контрольного варианта. Наибольшая биологическая эффективность в борьбе с корневыми гнилями была при обработке препаратами Кинто Дуо и Максим – 90,2% и 95,6% соответственно.

Протравитель Максим снижал процент возбудителей корневых гнилей *Alternaria spp.* и *B. Sorokiniana*. Зараженность фузариозной корневой гнилью была на 16,1% меньше, чем в контроле. У сорта Кармен в контрольном варианте наблюдали наибольшее заражение корневой гнилью – 72,7%.

В фазе полных всходов применяемые препараты снижали уровень распространения корневых гнилей у сортов тритикале. В среднем наиболее высокую биологическую эффективность защиты показал препарат Максим – 68%. У препаратов Иншур Перформ и Кинто Дуо она была ниже на 35,7 и 3,2%.

Предпосевная обработка семян сортов ярового тритикале фунгицидами способствовала повышению урожайности зерна (табл. 2).

Таблица 2

Влияние протравителя семян на урожайность ярового тритикале, т/га

Препарат (А)	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Средняя
Ярило (В)				
Контроль (H ₂ O)	2,24	1,71	2,67	2,21
Иншур Перформ	2,46	1,63	2,91	2,33
Кинто Дуо	2,55	1,85	3,02	2,47
Максим	2,10	1,98	3,15	2,41
Укро (В)				
Контроль (H ₂ O)	2,95	1,56	2,69	2,40
Иншур Перформ	3,20	1,78	3,19	2,72
Кинто Дуо	3,45	1,91	3,36	2,91
Максим	2,99	1,84	3,26	2,70
Кармен (В)				
Контроль (H ₂ O)	2,51	1,16	2,64	2,10
Иншур Перформ	2,31	0,85	2,86	2,01
Кинто Дуо	2,64	1,29	3,13	2,35
Максим	3,23	1,32	3,01	2,52
НСР ₀₅ , т/га гл. эф ф А	0,079	0,017	0,009	-
НСР ₀₅ , т/га гл. эф ф В	0,069	0,014	0,008	-
НСР ₀₅ , т/га частн разл.	0,138	0,029	0,017	-

В 2014 г. наибольшей прибавке урожая сортов – 10,8% способствовала обработка препаратом Кинто Дуо. Использование препаратов Иншур Перформ и Максим повышало урожайность зерна на 3,5 и 7,3%. В 2015 г. использование препарата Иншур Перформ привело к снижению урожайности на 4,1%, за исключением сорта Укро. В 2016 г. наибольшая продуктивность растений тритикале была у сортов Кармен и Укро при предпосевной обработке семян препаратом Кинто Дуо, а у сорта Ярило – препаратом Максим, это выше контрольного варианта на 18,5%, 24,9% и 13,1%. Наибольшая существенная разница между протравителями

относительно контрольного варианта 8,9 – 24,9%. Дисперсионный анализ выявил существенные различия между вариантами. $F_{\phi} > F_{05}$, и согласно Тьюки, нулевая гипотеза $H_0 : d = 0$, отвергается.

В среднем за три года в большинстве вариантов опыта протравливание семян перед посевом способствовало повышению урожайности зерна на 4,9 – 13,4%, за исключением варианта с использованием препарата Иншур Перформ на сорте Кармен. В наших условиях перспективными протравителями семян ярового тритикале перед посевом являются препараты Кинто Дуо и Максим.

Выводы. Таким образом, фитоэкспертиза позволила выявить высокую

зараженность семян в контрольном варианте у сорта Ярило – 33,3%, Укро – 63,1% и Кармен – 72,7%. Препарат Кинто Дуо снижал поражение соответственно по сортам на 23,9%, 56,9 и 58,8%, а протравитель Максим – на 26%, 60,3 и 60,9%. Наибольшая биологическая эффективность получена в вариантах с применением протравителей Кинто Дуо у

сорта Укро – 67,5% и Максим у Кармен – 74,1%. Обработка семенного материала ярового тритикале перед посевом способствовала повышению урожайности на 4,9 – 13,4%. При использовании препарата Кинто Дуо получена прибавка больше, чем от препаратов Иншур Перформ и Максим на 9,7 и 1,6% соответственно.

Список источников

1. Александрова, А. Н., Мефодьев Г.А., Шашкаров Л.Г. Нарспи - новый сорт яровой тритикале // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16, № 1(61). С. 5–8 .
2. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Фомин С.И. Изменчивость высоты растений и урожайности зерна коллекционных образцов озимой тритикале // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15, № 2(58). С. 4–48.
3. Muratov A. A., Oborskaya, Yu. V., Hongpeng Li. Introduction of spring triticale in the Amur region // XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”: Global Precision Ag Innovation 2022, Rostov-on-Don, 25–27 мая 2022 года. Cham: Springer, 2023. P. 137–146.
4. Wos H., Brzezinski W. Triticale for Food–The Quality Driver // Triticale / ed. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. P. 189 – 212.
5. Meale S. J., McAllister T. A. Grain for Feed and Energy // Triticale / ed. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. Pp. 167–188.
6. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region // E3S Web of Conferences. Blagoveshchensk, 2020. P. 02007.
7. From field experiments to regional forecasts: Upscaling wheat grain and forage yield response to acidic soils / R. P. Lollato, T. E. Ochsner, D. B. Arnall [et al.] // Agronomy Journal. 2019. Vol. 111, No. 1. P. 287-302. – DOI 10.2134/agronj2018.03.0206.
8. Лебедева Т. И., Зубарев, Ю. Н., Каменских Н. Ю. Влияние способа обработки почвы в чистом пару и протравливания семян на урожайность озимых зерновых культур в среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3(23). С. 72-79.
9. Combined application of bio-pf and synthetic fungicide suppress soil borne disease caused by cylindrocladium sp. In leather leaf / Hanudin, W. Nuryani, E. S. Yusuf, K. Budiarto // Agrivita. 2019. Vol. 41, No. 2. P. 266–276. – DOI 10.17503/agrivita.v41i2.1842.
10. Буштевич В.Н., Позняк Е.И., Дашкевич М.А. и др. Влияние фунгицидов на элементы структуры и урожайность зерна тритикале озимого сорта Динамо // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2018. № 1. С. 76–80.
11. Черноситова Т.Н., Муратов А.А. Агрохимическая оценка состояния почвы опытного поля Дальневосточного государственного аграрного университета //Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всероссийской научно-практической конференции (Благовещенск, 20–21 апреля 2022 г.). [В 4 т.]. Т. 1. Благовещенск. Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 341–348.
12. Kalashnikov N. P., Tikhonchuk P.V., Fokin S.A. The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Khabarovsk: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012043.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: 1985. 350 с.
14. Система земледелия Амурской области // под ред. П.В. Тихончука. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ. 2016. 570 с.
15. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии. М.: Колос. 2009. 670 с.

THE IMPACT OF SEED PREPARATION ON ROOT ROT DISEASES AND YIELD OF SPRING TRITICALE

©2023. Aleksey A. Muratov¹, Viktor V. Epifantsev², Tatyana P. Kolesnikova³

^{1,2,3}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹nic_dalgau@mail.ru

Abstract. The research was carried out to identify effective seed treatment agents that reduce the root rot diseases and increase the yield of spring triticale. The work was carried out in the Amur Region on the experimental field of the Far Eastern State Agricultural University in 2014-2016, on meadow-chernozem-like soil. Humus content was 3.7-3.9%, mobile forms of phosphorus amounted to 106-110 mg/kg, potassium was 199-203 mg/kg, and the acidity of the salt extract was 5.5 pH units. In 2014 and 2016 there were relatively favourable weather conditions for triticale. Two-factor field experiment was carried out according to the scheme: factor A - treatment with preparations: 1. Control - water; 2. Maxim - rate 1.5 l/t; 3. Inshur Perform - 0.4 l/t; 4. Kinto Duo - 2 l/t; Factor B - triticale varieties: 1. Ukro, St; 2. Yarilo; 3. Carmen. The phyto-expertise revealed high seed infestation with

fungi *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *B. sorokiniana* in the control variant. Spring triticale of the Yarilo variety had 33.3% of the affected seeds, the Ukro variety - 63.1% and the Carmen variety - 72.7%. The preparation Kinto Duo reduced seed infestations by 23.9%, 56.9% and 58.8%, and Maxim by 26%, 60.3% and 60.9%, respectively. Biological efficiency of the disinfectant Inshur Perform varied from 44.4% in the Carmen variety to 52.3% in the Ukro variety. The highest biological efficiency was in the variants with Kinto Duo in the Ukro variety - 67.5% and Maxim in the Carmen variety - 74.1%. Seed treatment of the Yarilo and Ukro varieties with Kinto Duo contributed to obtaining yields at the level 2.47 t / ha and 2.91 t / ha, and the Carmen variety with Maxim - 2.52 t / ha. The largest significant yield increases were obtained using Kinto Duo.

Keywords: phyto-expertise, root rot, preparation, seed, germination, variety, triticale, yield

References

1. Aleksandrova A. N., Mefod'ev G. A., Shashkarov L. G. Narspi - novyj sort jarovoj tritikale (Narspi – a new variety of spring triticale). *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021, T 16, No 1 (61), 5–8 p.
2. Ponomarev S. N., Ponomareva M. L., Fomin S. I. Izmenchivost' vysoty rastenij i urozhajnosti zerna kollekcionnyh obrazcov ozimogo tritikale (Variability of plant height and grain yield of collection samples of winter triticale). *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020, T. 15, No 2 (58), 42–48 p.
3. Muratov A. A., Oborskaya, Yu. V., Hongpeng Li. Introduction of spring triticale in the Amur region Proceedings from XV International Scientific Conference INTERAGROMASH 2022: Global Precision Ag Innovation 2022, Rostov-on-Don. Cham: Springer, 2023. P. 137–146.
4. Wos H., Brzezinski W. Triticale for Food–The Quality Driver In.: Triticale / eds. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. P. 189–212.
5. Meale S. J., McAllister T. A. Grain for Feed and Energy. In.: Triticale / eds. F. Eudes. Canada, Lethbridge: Springer, 2015. P. 167–188.
6. Muratov A. Growth and development of triticale culture in the Amur Region // E3S Web of Conferences. Blagoveshchensk, 2020. P. 02007.
7. Lollato R. P., Ochsner T. E., Arnall D. B. [et al.]. From field experiments to regional forecasts: Upscaling wheat grain and forage yield response to acidic soils. *Agronomy Journal*. 2019; 111; 1: 287–302 p. DOI 10.2134/agronj2018.03.0206.
8. Lebedeva T. I., Zubarev Yu. N., Kamenskih N. Yu. Vliyanie sposoba obrabotki pochvy v chistom paru i protravlivaniya semjan na urozhajnost' ozimyh zernovyh kul'tur v srednem Predural'e (The influence of the method of tillage in the complete fallow and seed treatment on the yield of winter cereals in the Middle Preduralie). *Permskij agrarnyj vestnik*. 2018, No 3 (23), 72–79 p.
9. Hanudin W., Nuryani E. S., Yusuf K. Budiarto combined application of biopf and synthetic fungicide suppress soil borne disease caused by *Cylindrocladium* sp. *Agrivita*. 2019, Vol. 41, No 2, 266–276 p. DOI 10.17503/agrivita.v41i2.1842.
10. Bushtevich V. N., Poznyak E. I., Dashkevich M. A. [et al.]. Vliyanie fungicidov na jelementy struktury i urozhajnost' zerna tritikale ozimogo sorta Dinamo (The effect of fungicides on the structural elements and grain yield of winter triticale of the Dynamo variety). *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya*. 2018, No 1, 76–80 p.
11. Chernositova T. N., Muratov A. A. Agrohimicheskaja ocenka sostojaniya pochvy opytного polja Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Agrochemical assessment of the soil conditions of the experimental field of the Far Eastern State Agrarian University). Proceedings from Agropromyshlennyj kompleks: problem i perspektivy razvitiya: Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj GAU, 2022, 341–348 p.
12. Kalashnikov N. P., Tikhonchuk P. V., Fokin S. A. The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region. Proceedings from IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Khabarovsk, Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012043.
13. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (Methodology of field experience), Moskva, 1985, 350 p.
14. Tikhonchuk P. V. (Eds.). Sistema zemledelija Amurskoj oblasti (Agriculture system of the Amur region), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj GAU, 2016, 570 p.
15. Chulkina V. A., Toropova E. Yu., Stecov G. Ya. Integrirovannaja zashhita rastenij: fitosanitarnye sistemy i tehnologii (Integrated plant protection: phytosanitary systems and technologies), Moskva, Kolos, 2009, 670

Сведения об авторах:

А. А. Маратов¹ – канд. с.-х. наук, доцент, начальник научно-исследовательской части;
В. В. Епифанцев² – д-р с.-х. наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской части;
Т. П. Колесникова³ – к.б. наук, доцент кафедры общего земледелия, растениеводства и селекции.
^{1,2,3} Дальневосточный государственный аграрный университет, Политехническая, 86, г. Благовещенск, Россия, 675005
¹nic_dalgau@mail.ru, Orcid ID: 0000-0001-9245-8921

Information about the authors

A.A. Muratov¹ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor, Head of the Research Department;
V.V. Epifantsev² – Dr. Agr. Sci., Professor, Leading Researcher of the Research Department;
T.P. Kolesnikova³ – Cand. Biol. Sci., Associate Professor.
^{1,2,3} Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia
¹nic_dalgau@mail.ru, Orcid ID: 0000-0001-9245-8921

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 12.07.2023; одобрена после рецензирования 13.09.2023; принята к публикации 10.11.2023
The article was submitted 12.07.2023; approved after reviewing 13.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

ЭВРИДИКА – НОВЫЙ СОРТ СЛИВЫ ДЛЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

©2023. Татьяна Николаевна Слепнева¹

¹Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

¹tatyana_slepneva@mail.ru

Аннотация. В современных экономических и экологических условиях Уральского региона слива постоянно требует совершенствования сортимента, обладающего биологической пластичностью, высокой адаптивностью, высококачественным урожаем. Селекция и сортоизучение нового сорта Эвридика велась в двух эколого-географических зонах: в Среднегорье Алтая и северной лесостепи Южного Урала, где он проявил настоящую ценность. Проведено помологическое описание и хозяйственно-биологическая оценка нового сорта сливы китайской Эвридика в сравнении с районированным контрольным сортом Пионерка на Челябинском государственном сортоиспытательном участке. В качестве родительских форм для селекции была использована зимостойкая форма *Prunus cerasifera* var. *pissardii* Bail., отцовской формой выступили местные генотипы *Prunus salicina* ssp. *ussuriensis* алтайской селекции. Дерево среднерослое. Крона метловидной, компактной формы объемом 5,8 м³. Особенностью сорта Эвридика является пурпурная окраска листьев в начале вегетации. Средняя масса плодов составляет 25,7 г, максимальная – 31,0 г, удлинненно-яйцевидной формы. Покровная окраска – бордовая со средним восковым налетом и малиновой мякотью. Плоды содержат: сухого растворимого вещества – 17,5 %, сахаров – 10,8 %, кислот – 1,6 %, витамина С – 7,2 мг %. Дегустационная оценка свежих плодов 4,4 балла. Созревание наступает в первой половине сентября, что позволяет значительно увеличить срок потребления свежих плодов. Средняя урожайность составляет 10,1 т/га. Сорт устойчив к грибным заболеваниям. Сорт сливы Эвридика районирован в 2023 г. по Уральскому региону и имеет патент №12692 от 11.05.2023 г.

Ключевые слова: селекция, *Prunus salicina* Lindl., *Prunus cerasifera* Ehrh., биологические особенности, зимостойкость, помологические признаки, урожайность, Южный Урал

Введение. Климат Уральского региона характеризуется коротким вегетационным периодом, низкими отрицательными температурами зимой. Средний абсолютный минимум температуры воздуха по многолетним наблюдениям составляет -41°C...-49°C. Во время цветения плодовых культур распространены возвратные заморозки. С 1966 по 2020 гг. гидротермический коэффициент периода вегетации изменился в сторону уменьшения в большинстве районов Уральского региона. Наблюдается неравномерное распределение атмосферных осадков летом [1]. Поэтому создание отечественных сортов сливы с высокой адаптивностью к абиотическим стрессам является актуальным и востребованным как со стороны

сельскохозяйственных производителей, так и любительского садоводства.

Ввиду отсутствия аборигенных видов сливы на Урале за основу в селекции был взят один из самых зимостойких видов *Prunus salicina* ssp. *ussuriensis* Kov. et Kost. Данный вид имеет высокую эколого-географическую пластичность [2, 3, 4].

В селекции сливы особую ценность представляет *Prunus cerasifera* Ehrh., которая, по мнению ряда авторов, легко скрещивается с близкими видами, передавая им свои селекционно-значимые признаки, такие как очень раннее и очень позднее созревание плодов, устойчивость к выпреванию, высокие консервные качества, адаптивность к различным абио- и биотическим стрессорам [5, 6, 7, 8]. В скрещиваниях *P. salicina* subsp. *ussuriensis* с разновидностью алычи *P.*

cerasifera var. *pissardii* Bail. актуально получение новых генотипов различного применения. В приоритете создание зимостойких, адаптивных, конкурентоспособных на рынке сортов сливы с антоциановой окраской кожицы плода и мякоти, поздних сроков созревания. Для озеленения регионов с суровыми климатическими условиями имеет ценность создание новых сортов и форм косточковых культур с высокими декоративными свойствами [9].

Цель исследований – хозяйственно-биологическая оценка нового сорта сливы китайской Эвридика для сортирента Уральского региона.

Методика. Исследования выполнены на Свердловской селекционной станции садоводства – структурном подразделении ФБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки РФ по теме «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам» (№ 0532-2021-0008).

Контрольный сорт – Пионерка. Происхождение: свободное опыление отборной формы №2 *P. salicina* ssp. *ussuriensis*, селекции Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Авторы: Н.И. Гвоздюкова, М.Г. Исакова. Год включения в Госреестр – 2000, районирован по Волго-Вятскому и Уральскому регионам [10].

Новый сорт Эвридика заложен на участке первичного сортоизучения в 2011 г., схема посадки 5 × 3 м. Подвой стандартный для Урала – сеянцы вишни песчаной (*Prunus pumila* L.). Агротехника возделывания сливы общепринятая для Южного Урала. Междурядья в саду содержатся под черным паром. Участок на богаре.

Наблюдения и учеты велись в условиях северной лесостепи Южного Урала на Челябинском государственном плодово-ягодном сортоиспытательном участке (Челябинская область, Красноармейский район) в период с 2011 по 2022 гг.

Описание помологических признаков, изучение биологических свойств и хозяйственной характеристики сортов

проведены по общепринятым методикам [11, 12].

Биометрия деревьев проведена с учетом типа кроны сортов [13]. Объем для шаровидной кроны рассчитан по формуле $V=2/3V$ цилиндра, для кроны с цилиндрической формой – по формуле $V=2/3Sh$, где V – объем кроны, м³, S – площадь проекции кроны, м², h – высота кроны, м.

Химический состав свежих плодов сливы анализировался в аналитической лаборатории Уральского НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Содержание в свежих плодах сливы растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ 33977-2016 (термогравиметрический метод), сахаров – по ГОСТ 8756.13-87 (перманганатный метод), титруемую кислотность – по ГОСТ ISO 750-2013 (метод титрования), аскорбиновую кислоту – по ГОСТ 24556-89.

Результаты. Новый сорт сливы Эвридика создан методом отдаленной межвидовой гибридизации *P. cerasifera* var. *pissardii* × *P. salicina* ssp. *ussuriensis*. Авторы: М.Н. Матюнин, Т.Н. Слепнева. В качестве материнского растения послужила интродуцированная форма *P. cerasifera* var. *pissardii* адаптированная в посадках дендрария Научно-исследовательского института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко (г. Барнаул). Отцовской формой выступили местные генотипы *P. salicina* ssp. *ussuriensis* алтайской селекции [3].

С 1991 по 2010 гг. в условиях Среднегорья Алтая кандидатом сельскохозяйственных наук. М.Н. Матюниным была проведена работа по гибридизации, посеву, выделению в отборные формы и изучению гибридных сеянцев в селекционном саду. Отборная форма Г 7-116 выделена в 2003 г. Дальнейшее комплексное изучение сорта Эвридика с 2011 г. проходило в условиях северной лесостепи Южного Урала.

Среднегодовая температура воздуха в период проведения исследований была выше среднемноголетней (+2,1°C). Наиболее теплыми отмечены 2015/16 гг. и 2019/20 гг., когда температура была на 1,6 °C и на 3,0°C выше средней многолетней. Зимние периоды 2015/16 гг., 2017/18 гг. были наиболее холодными. Так, среднемесячная температура января в 2016 г. была ниже среднемноголетних значений (-15,4°C) на 2,3°C, в 2018 г. - на 1,3°C. Зима 2018/19 гг. была умеренно

морозной. Абсолютный минимум в январе 2016 г. $-35,5^{\circ}\text{C}$ ($-38,0^{\circ}\text{C}$ на поверхности снега), в декабре 2017 г. $-38,3^{\circ}\text{C}$ ($-42,2^{\circ}\text{C}$ на поверхности снега) и феврале 2019 г. $-37,6^{\circ}\text{C}$ ($-41,3^{\circ}\text{C}$ на поверхности снега).

По результатам изучения показателей температуры воздуха были рассчитаны суммы положительных, активных $>5^{\circ}\text{C}$ и эффективных $>10^{\circ}\text{C}$ температур

биологического минимума, при котором начинается активное развитие сливы, а также потребность в тепле на разных этапах сезонного развития растений. Температуры прохождения фенологических фаз развития сорта Эвридика в сравнении с контролем, а также наблюдения за фазами развития представлены в таблицах 1 и 2 (2016 -2022 гг.).

Таблица 1

Средняя сумма активных ($>5^{\circ}\text{C}$) и эффективных ($>10^{\circ}\text{C}$) температур при прохождении фенологических фаз развития сливы, 2016-2022 гг.

Сорт	Распускание почек, $^{\circ}\text{C}$			Цветение, $^{\circ}\text{C}$			Созревание плодов, $^{\circ}\text{C}$		Листопад, $^{\circ}\text{C}$	
	>0	>5	>10	>0	>5	>10	>5	>10	>5	>10
Пионерка контроль	169,9	49,2	9,4	291,5	116,8	35,6	1220,4	712,3	1603,7	881,0
Эвридика	200,6	68,6	19,3	320,0	135,2	44,3	1517,5	851,7	1627,4	884,8

Установлено, что у сортов сливы Пионерка и Эвридика почки начинают распускаться при переходе среднесуточной температуры воздуха выше 0°C (табл. 1).

Таблица 2

Фенологические фазы развития изучаемых сортов сливы в условиях северной лесостепи Южного Урала, 2016-2022 гг.

Сорт	Распускание почек	Цветение		Созревание плодов	Листопад		Период вегетации, дней
		начало	конец		начало	конец	
Пионерка контроль	28.04	10.05	17.05	14.08	26.09	7.10	163
Эвридика	01.05	13.05	20.05	10.09	3.10	9.10	162

У контрольного сорта Пионерка распускание почек по результатам многолетних наблюдений начинается в среднем 28 апреля при сумме положительных температур $169,9^{\circ}\text{C}$, сумме активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ – 49,2, сумме эффективных температур – более 10°C – 9,4 $^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Для начала распускания почек сорту Эвридика требуется больше тепла – сумма положительных температур $200,6^{\circ}\text{C}$, сумма активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ – 68,6 $^{\circ}\text{C}$, сумма эффективных температур – более 10°C – 19,3 $^{\circ}\text{C}$. Средний срок распускания почек – 1 мая.

Важно отметить, что сумма активных температур является подготовительным фактором для перехода к цветению. Сигналом

к началу цветения является сумма эффективных температур выше 10°C .

Наиболее ценными для селекции и товарного производства являются сорта с более поздним сроком цветения, позволяющим снизить риск попадания под возвратные заморозки. Так, цветение у сорта Эвридика наступает в среднем 13 мая, на три дня позже контроля. Для начала фазы цветения необходима сумма положительных температур $320,0^{\circ}\text{C}$, сумма активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ – 135,2 $^{\circ}\text{C}$, сумма эффективных температур – более 10°C – 44,3 $^{\circ}\text{C}$. Контрольный сорт Пионерка является ранозацветающим, что делает его уязвимым при возвратных весенних холодах. Цветение контроля наступает в среднем 10 мая при сумме положительных температур $291,5^{\circ}\text{C}$,

сумме активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ – $116,8^{\circ}\text{C}$, сумме эффективных температур – более 10°C – $35,6^{\circ}\text{C}$. Продолжительность цветения обоих сортов в среднем составляет 7 дней.

В районированном сортименте Уральского региона сорта сливы китайской созревают в первой-третьей декадах августа [14, 15]. Сорт сливы Пионерка является среднеранним, созревание плодов отмечено в первой-второй декадах августа, в среднем 14 августа, при сумме активных температур $1220,4^{\circ}\text{C}$, эффективных – $712,3^{\circ}\text{C}$. В сравнении с контролем срок созревания у сорта Эвридика отмечен в первой-второй декадах сентября, в среднем 10 сентября при сумме активных температур $1517,5^{\circ}\text{C}$, эффективных – $851,7^{\circ}\text{C}$. Новый сорт отнесен к группе позднезрелых и представляет интерес для селекции на поздний срок созревания плодов.

Завершение вегетации у сорта Пионерка наблюдается в среднем с 26 сентября по 7 октября, у сорта Эвридика – в среднем с 3 по 9 октября. Таким образом, средняя продолжительность вегетации у сорта Эвридика 162 дня, у контроля 163 дня. Это позволяет сортам своевременно подготовиться к зимнему периоду, что так важно в условиях короткого вегетационного периода в Уральском регионе. В критическую зиму 2016/2017 гг. ($-38,3^{\circ}\text{C}$) сорт сливы Эвридика проявил высокую зимостойкость, общая степень подмерзания составила 0,5 балла, у контроля – 1,5 балла (таблица 4). Характер подмерзания – однолетние приросты прошлого года.

По результатам оценки силы роста деревьев контрольный сорт Пионерка отнесен в группу слаборослых (2,1-3,0 м), Эвридика – в группу среднерослых (3,1-6,0 м) сортов (табл. 3).

Таблица 3

Биометрические показатели деревьев изучаемых сортов сливы, 2019-2022 гг.

Сорт	h дерева, м	d штамба, см	d кроны, м		R кроны, м	S кроны, м ²	V кроны, м ³
			вдоль ряда	поперек ряда			
Пионерка – контроль	2,9	7,3	4,7	3,5	2,0	12,5	11,9
Эвридика	3,3	7,2	2,7	2,5	1,3	5,3	5,8

Примечание: h – высота дерева, d – диаметр штамба, R – радиус кроны, S – площадь кроны, V – объем кроны

Дерево сорта Эвридика среднерослое, с метловидной формой кроны средней густоты, у контрольного сорта Пионерка – дерево слаборослое, с раскидистой кроной (рис. 1, 2).

Обладая метловидной формой кроны, сорт Эвридика выгодно отличается от контроля, имея меньший диаметр кроны вдоль и поперек ряда на 2,0 м и 1,0 м соответственно. А компактность подтверждает объем кроны $5,8\text{ м}^3$, что на $6,1\text{ м}^3$ меньше контрольного сорта. Таким образом, сорт Эвридика можно использовать в уплотненных посадках, размещая от 800 растений на 1 га и больше.

Цветки сорта Эвридика имеют средний размер, рыльце пестика расположено на одном уровне с пыльниками, лепестки белые с розовым оттенком, обратнойцевидные, широкооткрытые, цветоножка короткая, без опушения.

Цветки распускаются позже листьев. У контрольного сорта Пионерка цветки средние,

лепестки белые, рыльце пестика расположено выше и ниже пыльников, цветоножка средняя, без опушения. Цветки распускаются раньше листьев.

Лист у нового сорта Эвридика обратнойцевидный, заостренный, темно-зелёный, матовый, весенняя окраска молодых листьев красно-фиолетовая. Лист направлен вниз. Пластинка листа слегка вогнутая, с узко клиновидным основанием. Край листа дваждыгородчатый. Прилистники рано опадающие. Черешок средней длины и толщины, с яркой антоциановой окраской, глубина бороздки мелкая, без опушения. Желёзки мелкие, приподнятые, овальные, расположены на основании листа и на черешке, число желёзок среднее.



Рис 1. Дерево сорта сливы Пионерка, возраст 8 лет (Челябинский ГСУ, 2021 г.)

Fig.1. Plum tree of the Pionerka variety, age - 8 years (Chelyabinsk state variety testing plot, 2021)



Рис 2. Дерево сорта сливы Эвридика, возраст 8 лет (Челябинский ГСУ, 2021г.)

Fig.2. Plum tree of the Evridika variety, age - 8 years (Chelyabinsk state variety testing plot, 2021)

В сравнении с контрольным сортом Пионерка установлено, что плоды сорта сливы Эвридика имеют привлекательный вид (рис. 3, 4) удлинённо-яйцевидной формы, одномерные, с вытянутой верхушкой. Основная окраска плода жёлтая, покровная – бордовая со средним восковым налётом. Воронка средняя. Брюшной шов выделяющийся, средней глубины. Плодоножка средней длины и толщины с

хорошим прикреплением к ветви и прочным – к косточке, при созревании не осыпается. Мякоть малиновая, нежная, тонкозернисто-волокнистая, сочная, среднеплотная. Сорта с антоциановой окраской мякоти представляют интерес в селекции на повышение в плодах Р-активных веществ и антоцианов как источника Р-активных веществ. Косточка крупная, отделяется средне от мякоти



Рис 3. Плоды на ветке контрольного сорта сливы Пионерка
Fig.3. Fruits on the branch of the control plum variety Pionerka



Рис 4. Плоды на ветке нового сорта сливы Эвридика
Fig.4. Fruits on the branch of the new plum variety Evridika

На современном этапе наибольший интерес для Уральского региона представляют сорта со средней массой плодов более 21-30 г с регулярным плодоношением. Плоды сорта Эвридика в условиях Южного Урала являются крупноплодными, имея среднюю массу плодов 25,7 г, максимальную – 31,0 г. Контрольный

сорт Пионерка имеет мелкие плоды, среднюю массу плода – 13,2 г, максимальную – 18,5 г (табл. 4). Косточка сорта Эвридика отделяется средне от мякоти и составляет 7,0 % в общей массе плода, что на 1,3 % меньше контрольного. Дегустационная оценка Эвридики на уровне контроля – 4,5 балла.

Таблица 4

Хозяйственная и биологическая характеристика сливы Эвридика

Показатель	Сорт	
	Пионерка (контроль)	Эвридика
Общая степень подмерзания в критическую зиму 2016/2017 гг., t = –38,3°C, балл	1,5	0,5
Устойчивость сорта к засухе	слабая	средняя
Поражаемость болезнями, балл: - монилиоз плодов (<i>Monilia fructigena</i> Pers.)	3,0	0,5
Повреждаемость вредителями, балл: - тля (<i>Hyalopterus pruni</i> Geoffr.) - сливовая плодожорка (<i>Grapholitha funebrana</i> Tr.)	1,0 3,0	0,5 1,0
Прочность прикрепления плодов к плодоножке	слабая	средняя
Регулярность плодоношения	ежегодное	ежегодное
Наступление съемной зрелости, дата	6.08	8.09
Средняя урожайность, 2019-2022 гг.	кг/дер.	14,9
	т/га	9,4
Масса плода, г	средняя	13,2
	максимальная	18,5
Привлекательность внешнего вида, балл	4,1	4,5
Величина косточки	средняя масса, г	1,1
	соотношение в общей массе плода	8,3
Отделяемость косточки от мякоти	свободная	средняя отделяемость
Окраска мякоти	желтая	малиновая
Дегустационная оценка, балл	4,5	4,5
Химический состав плодов:		
- содержание сухих растворимых веществ, %	18,6	17,5
- содержание сахаров, %	8,4	10,8
- содержание кислот, %	1,6	1,6
- содержание витамина С, мг/100 г	9,5	7,2
Сахарокислотный индекс	5,2	6,7
Транспортабельность	средняя	хорошая

В последние годы во время созревания урожая наблюдается нехватка атмосферных осадков, что неблагоприятно отражается на урожае сливы. Сорт Эвридика имеет среднюю устойчивость к засухе, контрольный сорт реагирует сильнее, плоды начинают осыпаться при недостатке влаги в почве.

Средняя урожайность нового сорта Эвридика за 4 года (2019-2022 гг.) составила 15,1 кг/дер. или 10,0 т/га, что на 0,2 кг/дер. и на 0,13 т/га больше, чем у контроля. А поздний срок созревания Эвридики (8.09) значительно расширяет сортимент районированных сортов.

У контрольного сорта срок созревания ранний (6.08).

За годы наблюдений Эвридика проявила устойчивость к монилиозу плодов (*Monilia fructigena* Pers.). Максимальный балл поражения составил 0,5 в отличие от контрольного сорта Пионерка, поражаемость которого 3,2 балла. Высокий экономический ущерб урожаю может наносить сливовая плодожорка (*Grapholitha funebrana* Tr.). Однако сорт Эвридика проявил устойчивость, имея максимальный балл повреждения плодов 1,0, в отличие от контроля – 3,0 балла. Оба

сорта проявили устойчивость к повреждению сливовой тлей (*Hyalopterus pruni* Geoffr.).

Сорт Эвридика в среднем за годы исследований превосходил контрольный сорт только по содержанию сахаров на 2,4 %, что обеспечило более высокий сахарокислотный индекс 6,7, что на 1,5 больше сорта Пионерки. Транспортабельность нового сорта хорошая. Вступает в плодоношение на 4-ый год после посадки.

Выводы. Результаты многолетних исследований показали, что новый сорт сливы Эвридика сочетает в себе высокие адаптивные свойства к абио- и биотическим факторам

Уральского региона, стабильную урожайность, крупноплодность, высококачественные плоды. Сорт районирован в 2023 году по Уральскому региону. Патент на селекционное достижение (№12692 от 11.05.2023 года).

Сорт Эвридика можно рекомендовать для привлечения в селекцию как комплексный источник качества плодов (поздний срок созревания, малиновая окраска мякоти, крупноплодность, пригодность плодов для разных видов переработки, для хранения) и адаптивности к суровым климатическим условиям Урала и Сибири.

Список источников

1. Изменение климата на Урале: Книга для научных работников, преподавателей и студентов высших учебных заведений, специалистов АПК / А.А. Васильев, Д.Ю. Нохрин, Н.В. Глаз [и др.]. Челябинск: Челябинский государственный университет, 2023. 86 с. ISBN 978-5-7271-1900-6.
2. Васильев А.А., Гасымов Ф.М. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 25-29. DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29.
3. Матюнин М.Н. Биологические особенности и селекция косточковых культур в Горном Алтае. Новосибирск, 2016. 344 с.
4. Симонов В.С., Бурменко Ю.В. Хозяйственно-биологическая оценка некоторых сортов и форм диплоидных слив в условиях Подмосквья // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2019. Т. 148. С. 228-234. DOI 10.25684/NBG.scbook.148.2019.24.
5. Еремин Г.В. Косточковые плодовые культуры. Генофонд и его использование в селекции. Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР. Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", 2021. 558 с.
6. Солдатов И.В. Новые районированные сорта сливы для внедрения в производство Кыргызстана // Известия национальной академии наук Кыргызской республики. 2018. № 6. С. 102-104.
7. Guevara, A., M. Nicolas-Almansa, J. E. Cos, J. A. Salazar, D. Lopez, J. Egea, A. Carrillo, M. Rubio, F. Garcia, D. Ruiz. 'luc_la myrteaVR' and 'victoria myrteaVR': Two New Japanese Plum Cultivars with Low Chilling Requirements, Early Ripening, and High-quality Fruit for the Fresh Market. // HORTSCIENCE <https://doi.org/10.21273/HORTSCI116017-21>
8. Ruiz D., Cos J., Egea J., Garcia F., Nortes M.D., Carrillo A. and Guevara A. (2019). Progress in the Japanese plum (*Prunus salicina* L.) breeding program developed by CEBAS-CSIC and IMIDA in Murcia, Spain. *Acta Hort.* 1260, 47-48. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1260.9>
9. Slepneva T.N., Makarenko S.A. Economic and biological evaluation hybrids of *Prunus cerasifera* Ehrem. var. *pissardii* Bail. Inconditions of the Southern Urals [Текст] // International Conferences "Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept" 2020. BIO Web of Conferences 24, 00082 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400082>
10. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда / С.А. Макаренко, Е.З. Савин, В.С. Ильин и др. М.: Федеральное государственное унитарное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука", 2022. 506 с.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. С. 374–394.
12. Особенности изучения помологических признаков видов и сортов рода *Prunus* Mill. в связи с созданием генетической и стержневой коллекции: метод. указания / сост. В.Л. Витковский, под ред. В.А. Драгавцева. С.-Пб., 2001. 91 с.
13. Биометрия плодовых культур / В. А. Потапов, А. И. Завражнов, Л. В. Бобрович, В. Н. Петрушин. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2004. 332 с. ISBN 5-94664-036-4.
14. Гасымов Ф.М. Новый сорт сливы Уральская серебристая // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 4(40). С. 18-20.
15. Исакова М.Г. Новый сорт сливы "Уральские зори" // Аграрный вестник Урала. 2018. № 12(179). С. 4-7.

EVRIKKA – A NEW PLUM VARIETY FOR THE URALS

©2023. Tatyana Nikolaevna Slepneva¹

¹Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

¹tatyana_slepneva@mail.ru ORCID 0000-0002-0065-9644

Abstract. In the current economic and environmental conditions of the Ural region, plums constantly require improvement of the assortment, which is characterized by biological plasticity, high adaptability, and high-quality yields. Selection and variety study of the new variety Evridika was carried out in two ecological and geographical zones: in the Altai Middle Mountains and the northern forest-steppe of the Southern Urals, where it was highly valued. The pomological description and economic-biological evaluation of a new variety of Chinese plum Evridika was carried out in comparison with the recognized control variety Pionerka at the Chelyabinsk state variety testing plot. The winter-hardy form of *Prunus cerasifera* var. *pissardii* Bail. was used as a parental form, the pollen parents were the local genotypes of *Prunus salicina* ssp. *ussuriensis* of the Altai selection. The tree is medium-growing. The crown is broom-shaped, compact with the volume 5.8 m³. The significant feature of the Evridika variety is a purple color of the leaves at the beginning of the growing season. The average fruit weight is 25.7 g, maximum - 31.0 g, fruits have elongate-ovoid shape. The surface color is burgundy with a medium wax coating and raspberry flesh. The fruits contain 17.5% of dry soluble matter, 10.8% of sugar, 1.6% of acids, 7.2 mg of vitamin C. The tasting score of fresh fruits is 4.4 points. Fruits ripen in the first half of September, these feature can significantly increase the period of consumption of fresh plums. The average yield is 10.1 t/ha. This variety is resistant to fungal diseases. The plum of the Evridika variety was released in the Ural region in 2023 and has a patent No. 12692 dated May 11, 2023.

Key words: selection, *Prunus salicina* Lindl., *Prunus cerasifera* Ehrh., biological characteristics, winter hardiness, pomological traits, productivity, Southern Urals.

References

1. Изменение климата на Урале (Climate change in the Urals), Книга для научных работников, преподавателей I студентов высших учебных заведений, специалистов АПК, А.А. Васильев, Д.Ю. Нохрин, Н.В. Глаз [и др.]. Челябинск, Челябинский государственный университет, 2023, 86 p. ISBN 978-5-7271-1900-6.
2. Васильев А.А., Гасымов Ф.М. Экологическая пластичность сортов сливы в условиях Челябинской области (Ecological plasticity of plum varieties in the conditions of the Chelyabinsk region), Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019, Т. 180, 2, pp. 25-29. DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-25-29.
3. Матюнин М.Н. Биологические особенности и селекция косточковых культур в Горном Алтае (Biological characteristics and selection of stone fruit crops in the Altai Mountains), Новосибирск, 2016, 344 p.
4. Симонов В.С., Бурменко Ю.В. Экономическая и биологическая оценка некоторых сортов и форм диплоидных слив в условиях Подмоскovie (Economic and biological assessment of some varieties and forms of diploid plums in the Moscow region), Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада, 2019, Т. 148, pp. 228-234. DOI 10.25684/NBG.scbok.148.2019.24.
5. Еремин Г.В. Косточковые плодовые культуры. Генотип и его использование в селекции (Stone fruit crops. Gene pool and its use in breeding), Федеральные исследовательские центры Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, Крымская опытно-селекционная станция – филиал ВИР. Краснодар, ООО "Провешчение-Юг", 2021, 558 p.
6. Солдатов Л.В. Новые районированные сорта сливы для внедрения в производство Кыргызстана (New zoned varieties of plums for introduction into production in Kyrgyzstan), Известия национальной академии наук Кыргызской республики, 2018, No.6, pp. 102-104.
7. Guevara, A., M. Nicolas-Almansa, J. E. Cos, J. A. Salazar, D. Lopez, J. Egea, A. Carrillo, M. Rubio, F. Garcia, D. Ruiz. 'luc_iamyrteaVR' and 'victoriamyrteaVR': Two New Japanese Plum Cultivars with Low Chilling Requirements, Early Ripening, and High-quality Fruit for the Fresh Market, HORTSCIENCE <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16017-21>
8. Ruiz D., Cos J., Egea J., Garcia F., Nortes M.D., Carrillo A. and Guevara A., Progress in the Japanese plum (*Prunus salicina* L.) breeding program developed by CEBAS-CSIC and IMIDA in Murcia, Spain. Acta Horti, 1260, 2019, pp.47-48. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic>.
9. Слепнева Т.Н., Макаренко С.А. Экономическая и биологическая оценка гибридов *Prunus cerasifera* Ehrem. var. *pissardii* Bail. в условиях Южного Урала, Международные конференции "Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept" 2020. BIO Web of Conferences 24, 00082 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400082>
10. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда (Pomology of the Urals: varieties of fruit, small fruit and grapes), С.А. Макаренко, Е.З. Савин, В.С. Илин и др. М., Федеральное государственное единичное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука", 2022, 506 p.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Program and methodology for studying varieties of fruit, berry and nut crops), под ред. Е.Н. Седова. Орел, Изд-во ВНИСПК, 1999, pp. 374–394.
12. Особенности изучения помологических признаков видов и сортов рода *Prunus* Mill. в связи с созданием генетической и стерильной коллекции: метод. указание (The study traits of pomological characteristics of species and varieties of the genus *Prunus* Mill. in connection with the creation of the genetic and core collection), сост. В.Л. Витковской, под ред. В.А. Драгавтсева. С.-Пб., 2001, 91 p.

13. Biometriya plodovykh kul'tur (Biometrics of fruit crops), V. A. Potapov, A. I. Zavrazhnov, L. V. Bobrovich, V. N. Petrushin. Michurinsk, Michurinskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2004, 332 p. ISBN 5-94664-036-4.

14. Gasymov F.M. Novyi sort slivy Ural'skaya serebristaya (A new plum variety Uralskaya serebristaya), Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2016, No.(40), pp. 18-20.

15. Isakova M.G. Novyi sort slivy "Ural'skie zori" (A new plum variety "Uralskiye Zori"), Agrarnyi Vestnik Urala, 2018, No.2(179), pp. 4-7.

Сведения об авторах

Т.Н. Слепнева – младший научный сотрудник.

ФГБНУ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а
tatyana_slepneva@mail.ru ORCID 0000-0002-0065-9644

Information about the author

T.N. Slepneva – Junior Researcher

Federal State Budgetary Scientific Institution «Ural Federal Agrarian Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», 112a, Belinskogo St., Ekaterinburg, 620142, Russia
tatyana_slepneva@mail.ru ORCID 0000-0002-0065-9644

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 05.07.2023; одобрена после рецензирования 27.09.2023; принята к публикации 10.11.2023
The article was submitted 05.07.2023; approved after reviewing 27.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья
УДК 633.14:632.482.19
doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_83

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНФЕКЦИОННЫЙ ФОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ГРИБА *CLAVICEPS PURPUREA* (FR.) TUL.

©2023. Люция Муллахметовна Щеклеина ^{1✉}, Анастасия Владимировна Харина ²,
^{1,2}Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,
Киров, Россия
¹immunitet@fanc-sv.ru

Аннотация. Цель исследований являлся поиск источников устойчивости к спорынье в условиях искусственного инфекционного фона *C. purpurea*. Исследования выполнены в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) в 2020–2022 гг. Результаты анализа секвенирования ПЦР продукта ДНК показали, что образцы склероций *Clav. 2*, *Clav. 3* и *Clav. 4*, собранные в двух экологических точках (г. Киров и г. Слободской) и с двух зерновых культур (озимая рожь и яровая пшеница), относятся к виду *C. purpurea*. Нуклеотидные последовательности наших образцов совпали с последовательностью в изоляте 17-275-F штамма 695/S при уровне гомологии 99,35; 99,03 и 99,68%. В полевых условиях при искусственной инокуляции цветков *C. purpurea* (штамм *Clav. 4*) 21 изучаемый сорт озимой ржи поражался спорыньей на уровне 3,2–34,7%, что характеризует их как восприимчивые. Без инфекции проявление болезни отсутствовало. По характеру взаимоотношений *Secale cereale* L. – *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. Генофонд озимой ржи можно дифференцировать: на сорта, формирующие крупные склероции (Эра, Батист, Дарвет, Саратовская 10), сорта с относительно мелкими склероциями (Графит ФП, Саратовская 7, Фаленская 4, Перепел), сорта с наиболее крупными и многочисленными склероциями (Саратовская 10, Янтарная, Солнышко, Марусенька, Батист, Эврика, Дана), сорта с немногочисленными и относительно мелкими склероциями (Графит ФП, Перепел, Фаленская 4, Лика, Чусовая, Саратовская 7, Викрас). Наименьшим поражением посевов и зерна спорыньей отличались: Графит ФП, Перепел, Садко, Фаленская крупнозерная, Лика и Чусовая, которые могут быть использованы в селекции на повышение устойчивости к болезни. Установлена тесная связь между поражением генотипов спорыньей и засоренностью зерна склероциями ($r = 0,879$) и положительная средней степени связь между биометрическими показателями ($r = 0,307 \dots 0,578$).

Ключевые слова: *Secale cereale* L., спорынья, ПЦР, инокуляция, поражение, засоренность склероциями, источники

Введение. Нарастающее распространение спорыньи в посевах ржи, пшеницы, тритикале и ячменя – серьезная проблема отечественного и зарубежного растениеводства [1–4]. По нашим наблюдениям (1998–2022 гг.), поражение посевов озимой ржи в Кировской области достигает 1,70% [5]. Формирование склероциев снижает озерненность колоса на 17,2–52,9 %, что уменьшает его продуктивность и приводит к значительному недобору урожая [4]. В Германии усиление распространения спорыньи связывают с возрастающей долей в посевах высокоурожайной, но восприимчивой к болезни гибридной ржи. Чувствительность к

спорынье связывают с цитоплазматической мужской стерильностью (CMS), которая наследуется по материнской линии [6]. Тесная связь между наличием фертильной пыльцы и чувствительностью к спорынье создает проблему для селекции [2, 7]. В Беларуси, наряду с гибридной рожью возделывается тетраплоидная, которая из-за низкой озерненности колоса сильнее, чем диплоидная, поражается спорыньей [3].

Эффективность механизированной очистки ржи от склероциев достаточно низкая. В исследованиях она не превышала 23% [8]. При этом отечественные и зарубежные ГОСТы не допускают наличие склероциев в семенах высших репродукций.

Известно, что возбудитель спорыньи – сумчатый гриб *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., относящийся к семейству спорыньевых (*Clavicipitaceae*) и порядку гипокрейнных (*Hypocreales*), имеет два вида спор: аскоспоры, образующиеся в плодовых телах, и конидии, появляющиеся уже при формировании тела склероция. В природных условиях гриб сохраняется в виде склероциев. Многообразие источников инфекции расширяет возможности иммунологических исследований по моделированию искусственного инфекционного фона, необходимого для объективной оценки генофондов зерновых культур и поиска генисточников устойчивости для селекции.

В связи с этим, целью исследований являлся поиск источников устойчивости озимой ржи к спорынье в условиях искусственного инфекционного фона *C. purpurea*, созданного с использованием идентифицированных местных штаммов гриба *C. purpurea*.

Методика. Исследования выполнены в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) в 2020–2022 гг.

Для получения чистой культуры *C. purpurea* провели сбор инфекционного материала (склероции озимой ржи и яровой пшеницы) на селекционных посевах ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров) и Слободского ГСУ (г. Слободской).

Для выделения ДНК патогена склероции ржи из г. Кирова и Слободского обозначили его как Slav. 4 и Slav. 2, образец яровой пшеницы – Slav. 3. При культивировании *C. purpurea* лучше использовать среды, богатые углеводами, например, Абэ или Штолля, но гриб достаточно хорошо растет и на картофельно-глюкозном агаре (КГА). В зависимости от культуры присутствовала значительная изменчивость культурально – морфологических признаков изолятов: цвет и структура воздушного и субстратного мицелия, общий вид колоний, размер и форма спор. Общим для всех изолятов была белая окраска воздушного мицелия, относительно слабое его развитие, наличие округлой вершины, приподнятой над агаром и споруляция на 9–14 день с начала культивирования. По мере хранения у некоторых изолятов появлялась фиолетовая пигментация субстратного мицелия.

ПЦР выполнена на амплификаторе ТП4-ПЦР-01-«Терцик» («НПО ДНК-технология», г. Москва). ПЦР-продукты были разделены в процессе вертикального электрофореза в 6,5–8,0%-ном полиакриламидном геле и окрашены бромистым этидием (1%).

Результаты электрофореза документировали с помощью видеосистемы «Взгляд» и ПО «IC Measure» (ООО «Компания Хеликон», г. Москва). Размер амплифицированных фрагментов определяли с использованием 100bp+2Kb+3Kb ДНК-маркеров веса («СибЭнзайм», г. Новосибирск). Полученные в результате ПЦР продукты были отправлены в ЗАО «Евроген Ру» (г. Москва) для определения нуклеотидной последовательности (секвенирования) местного изолята *C. purpurea*.

В полевых условиях материалом исследований был 21 сорт озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и других научно-исследовательских учреждений Российской Федерации, которые высевали на фитопатологическом участке. Площадь делянки 1 м², повторность трехкратная. При создании инфекционного фона применяли авторскую методику [9]. В начале колошения растений цветки в средней части колоса инокулировали с помощью шприца водно-споровой суспензией изолята *Clav. 4 C. purpurea*. Концентрация спор в инокуляте 10⁵ кон/мл.

При иммунологической оценке сортов использовали два показателя: поражение (процент растений со склероциями в пробе) и засоренность зерна склероциями (процентное содержание массы склероциев в зерновой пробе). Характеристику сортов по устойчивости к спорынье давали на основании шкалы Т. Miedaner с соавторами [10]. Собранные с каждого сорта склероции использовали для анализа биометрических параметров (длина, ширина, масса).

Статистическая обработка результатов проведена методами дисперсионного и корреляционного анализа с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программы Microsoft Office Excel.

Результаты. Для поиска информации по изучению внутривидовой структуры патогена *C. purpurea* с помощью различных типов ДНК маркеров, применяемых для генотипирования изолятов, использовали базы данных NCBI

Nucleotide, GrainGenes и NaPDoS, программы BLAST nucleotide, а также зарубежную литературу [11–15] (табл. 1).

Таблица 1

Используемые для генотипирования изоляты *C. purpurea*

Изолят	Расположение праймеров
VI04972	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
VI04971	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
VI04969	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
VI04968	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial)
695/S	18S rRNA gene (partial), 5.8S rRNA gene, 28S rRNA gene (partial), internal transcribed spacer 1 (ITS1) and internal transcribed spacer 2 (ITS2)
VI04917	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04916	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04915	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04914	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04913	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04912	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04909	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04907	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04906	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
VI04905	18S rRNA gene (partial), ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and 28S rRNA gene (partial), genotype G2
Clav. 2	Образец с растений озимой ржи (г. Слободской)
Clav. 3	Образец с растений яровой пшеницы (г. Киров)
Clav. 4	Образец с растений озимой ржи (г. Киров)

Для выбора наиболее перспективных праймеров проводили анализ множественного выравнивания последовательностей нуклеотидов генов изолятов *C. purpurea* с

помощью Clustal Omega. На основании проведенного анализа были разработаны 2 пары праймеров, специфичных к изолятам *C. purpurea* (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика праймеров для проверки отжига в ДНК вида *C. purpurea*

Название последовательности для праймера	Нуклеотидная последовательность	Температура отжига, °C	Уникальность по шкале 1-10*
Clav. F	GTATACCCATAGCGGCATGTCTGAGTGG	60	8,5
Clav. R	CGGCGGTCTCGTCGACGCTTCTTTGCG	66	8,5

Примечание:

1* – много посторонних последовательностей,

10* – только последовательности заявленного гена в заявленном виде

Состав реакционной смеси на 10 мкл: ДНК – 2 мкл, 10 x PCR буфер – 1 мкл, смесь dNTPs (4mM) – 0,5 мкл, по 1 мкл прямого и

обратного праймера, Taq-полимераза – 3,75 ед., вода mQ – 3,75 мкл с требуемыми условиями ПЦР (табл. 3).

Таблица 3

Условия проведения ПЦР

Температурный режим	Размер ампликона, п. н.
I 95°C – 5 мин; II 35 циклов: 95°C – 30 сек, 72°C – 2мин; III 72°C – 8 мин	317

На электрофореграмме скрининга во всех трех образцах (Clav. 2, Clav. 3, Clav. 4) были обнаружены ДНК, свидетельствующие о прохождении полимеразной цепной реакции (рис. 1).

Результаты анализа секвенирования ПЦР продукта ДНК в BLAST nucleotide показали, что образцы Clav. 2, Clav. 3 и Clav. 4,

собранные в двух экологических точках (г. Киров и г. Слободской) и с двух зерновых культур (озимая рожь и яровая пшеница), относящиеся к виду *C. purpurea*, по сходству нуклеотидных последовательностей близки к штамму *C. purpurea* strain 695/S при уровне гомологии 99,35; 99,03 и 99,68%.

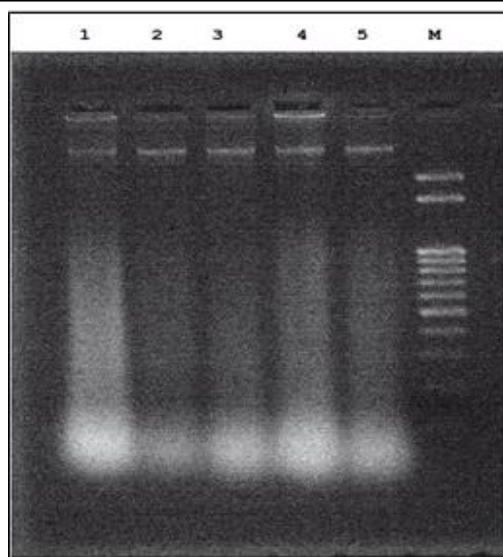


Рис 1. Гель-электрофорез продуктов амплификации с праймерами к образцам Clav. F и Clav. R: 1, 2 – образцы ДНК Clav. 2; 3 – образец ДНК Clav. 3; 4, 5 – образцы ДНК Clav. 4; М – маркер молекулярного веса Сибэнзим 100 б.п. + 2Кб + 3Кб
 Fig. 1. Gel-electrophoresis of amplification products with primers to the Clav. F and Clav. R samples: 1, 2 – DNA samples of Clav. 2; 3 – DNA sample of Clav. 3; 4, 5 – DNA samples of Clav. 4; M – molecular weight marker Sibenzyme 100 b.p. + 2Kb + 3Kb

В полевых условиях при искусственной инокуляции цветков *C. purpurea* штаммом Clav. 4 все изучаемые сорта озимой ржи поражались спорыньей в пределах от 3,20±0,10 до 34,75±0,05%, что характеризует их как восприимчивые (рис. 2). На естественном фоне развития *C. purpurea* на всех сортах поражение растений отсутствовало. Наибольшая частота пораженных растений

выявлена в сортах Саратовская 10 (34,75±0,05) и Янтарная (32,25±1,75). Меньшей восприимчивостью к болезни отличались перспективные популяции ФАНЦ Северо-Востока: Графит ФП (3,20±0,10%), Перепел (3,85±0,15%), Садко (7,10±0,90%), Лика (8,30±0,10%), Фаленская крупнозерная (9,75±0,25%) и сорт Уральского НИИСХ – Чусовая (6,70±0,70%).

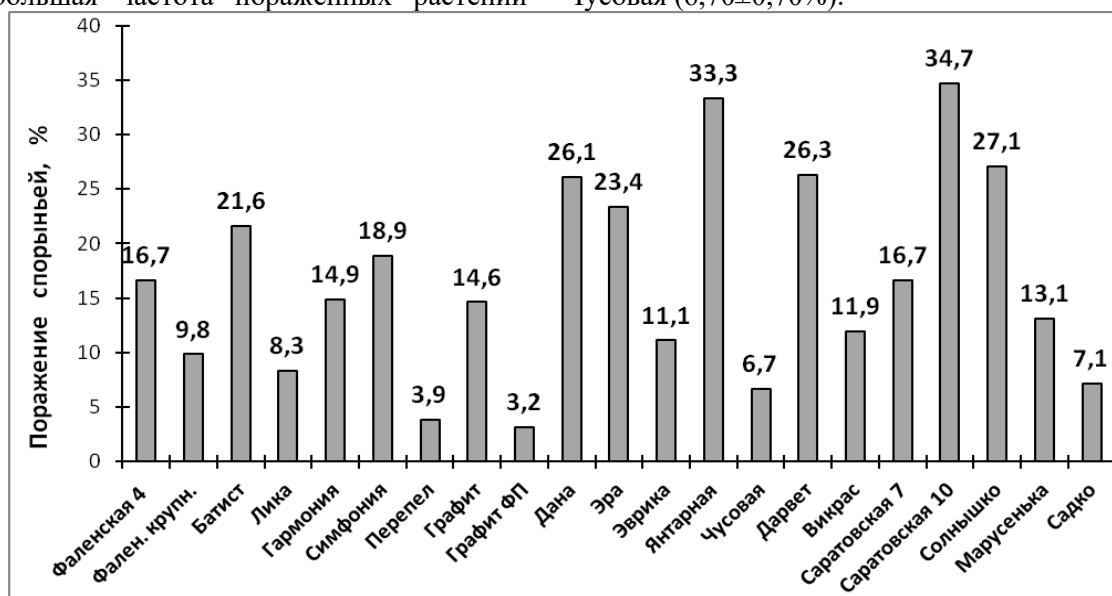


Рис 2. Поражение сортов озимой ржи спорыньей при искусственной инокуляции местных штаммов *C. Purpurea*
 Fig. 2. Ergot infection of winter rye varieties during artificial inoculation of local strains of *C. purpurea*

Засоренность зерна склероциями изменялась от 0,13±0,03 (Графит ФП, Перепел) до 1,87±0,01% (Янтарная). Относительно меньшее содержание склероциев (до 0,50%)

было у сортов Перепел, Графит ФП, Чусовая, Лика, Фаленская 4, Саратовская 7, Викрас, Графит, Марусенька, Гармония (табл. 4).

Таблица 4

Средние биометрические параметры склероциев у сортов озимой ржи

Сорт	Происхождение	Засоренность зерна склероциями, %	Биометрия 1 склероция		
			длина, мм	ширина, мм	масса, г
Фаленская 4	ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока	0,30±0,05	16,67±5,55	2,67±0,33	0,09±0,05
Фаленская крупнозерная		0,58±0,08	21,33±2,91	3,33±0,67	0,15±0,07
Батист		0,75±0,05	25,33±8,82	3,67±0,88	0,25±0,14
Лика		0,29±0,02	19,00±5,86	3,67±0,88	0,18±0,12
Гармония		0,43±0,08	19,33±4,06	3,33±0,67	0,14±0,06
Симфония		0,38±0,02	20,00±4,93	3,33±0,33	0,14±0,08
Перепел		0,13±0,03	14,00±4,93	3,33±0,88	0,10±0,06
Графит		0,47±0,03	21,00±6,81	3,00±0,58	0,15±0,07
Графит ФП		0,13±0,03	14,33±2,60	2,67±0,33	0,06±0,02
Садко		0,54±0,04	17,00±3,21	3,33±0,33	0,11±0,05
Дана	Ленинградский НИИСХ «Белогорка»	0,86±0,06	17,00±5,86	3,33±0,88	0,15±0,09
Эра		0,78±0,05	22,33±9,35	4,00±1,53	0,28±0,23
Эврика		0,52±0,02	18,00±9,07	3,00±1,00	0,16±0,12
Янтарная	Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН	1,87±0,01	17,67±6,17	3,67±0,88	0,18±0,11
Чусовая		0,19±0,01	16,67±5,67	3,33±0,67	0,13±0,07
Дарвет		0,92±0,09	17,93±10,4	4,00±0,58	0,24±0,15
Викрас		0,45±0,01	22,33±6,01	4,00±1,15	0,17±0,07
Саратовская 7	ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока	0,31±0,01	16,33±2,73	3,00±1,00	0,08±0,04
Саратовская 10		1,78±0,02	20,67±4,33	3,67±0,88	0,21±0,10
Солнышко		1,07±0,04	21,33±6,98	4,00±1,00	0,15±0,08
Марусенька		0,47±0,02	19,67±6,17	3,00±0,58	0,11±0,07
НСР ₀₅		0,07	3,84	1,09	0,05
R, %		3,72	4,31	4,93	6,26

Следует отметить, что инфекционный потенциал определяет не только содержание склероциев в зерне, но и их размер, поскольку крупные образцы образуют больше стром с плодовыми телами. В наших исследованиях масса одного склероция изменялась от 0,06 г (Графит ФП) до 0,28 г (Эра). Относительно крупные склероции (более 0,20 г) сформировались на сортах Эра, Батист, Дарвет и Саратовская 10, а относительно мелкие (до 0,10 г) – на сортах Графит ФП, Саратовская 7, Фаленская 4 и Перепел. Другие биометрические параметры склероциев также варьировали в широких пределах: длина – от 14,00 мм (Перепел) до 25,33 мм (Батист), ширина – от 2,67 мм (Фаленская 4, Графит ФП) до 4,00 мм (Эра, Дарвет, Викрас и Солнышко). В целом наиболее мелкие по размеру и массе склероции сформировал сорт Графит ФП.

В результате корреляционного анализа установлена тесная связь между поражением генотипов спорыньей и засоренностью зерна склероциями ($r = 0,879$); положительная средней степени связь между поражением и

длиной одного склероция ($r = 0,377$), шириной ($r = 0,496$) и его массой ($r = 0,578$); засоренностью зерновой массы склероциями и биометрией склероциев ($r = 0,307 \dots 0,534$).

По характеру взаимоотношений *Secale cereale* L. – *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. изученный генофонд озимой ржи можно дифференцировать следующим образом: сорта формирующие крупные склероции (Эра, Батист, Дарвет, Саратовская 10), сорта с относительно мелкими склероциями (Графит ФП, Саратовская 7, Фаленская 4, Перепел), сорта с наиболее крупными и многочисленными склероциями (Саратовская 10, Янтарная, Солнышко, Марусенька, Батист, Эврика, Дана, Батист), сорта с немногочисленными и относительно мелкими склероциями (Графит ФП, Перепел, Фаленская 4, Лика, Чусовая, Саратовская 7, Викрас). Полученная информация может иметь прогностическое фитосанитарное значение при возделывании сортов в провокационных для гриба *S. purpurea* условиях вегетации, а также

использована при механической очистке зерновой массы.

Выводы. Результаты анализа секвенирования ПЦР продукта ДНК показали, что образцы Slav. 2, Slav. 3 и Slav. 4, собранные в двух экологических точках Кировской области и с двух зерновых культур по сходству нуклеотидных последовательностей близки к штамму *C. purpurea* strain 695/S [16] при уровне гомологии 99,35; 99,03 и 99,68%.

При искусственной инокуляции *C. purpurea* выделено шесть сортов озимой ржи

(Графит ФП, Перепел, Садко, Фаленская крупнозерная, Лика, Чусовая), которые характеризуются наименьшим поражением посевов и зерна спорыньей и могут быть использованы в селекции на повышение устойчивости к болезни. Установлена тесная связь между поражением генотипов спорыньей и засоренностью зерна склероциями ($r = 0,879$) и положительная средней степени связь между биометрическими показателями ($r = 0,307 \dots 0,578$).

Список источников

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. Miedaner T., Kodisch A., Raditschnig A., Eifler J. Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding. Agriculture. 2021. Vol. 11. P. 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060526>
3. Урбан Э. П., Гордей С. И., Артюх Д. Ю., Гордей И. С. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereale* L.) в Беларуси. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. 2022. Vol. 60. No. 2. P. 160-170. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170>.
4. Щеклеина Л. М., Шешегова Т. К. Сорты озимой ржи, умеренно устойчивые к спорынье // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Том 183. № 4. С. 229-238. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-229-238>
5. 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>.
6. Kodisch A., Schmiedchen B., Eifler J., Cordillo A., Siekmann D., Fromme F. J., Oberforster M., Miedaner T. Maternal differences for the reaction to ergot in unfertilized hybrid rye (*Secale cereale*). European Journal of Plant Pathology. 2022. 163: 181-191 DOI: 10.1007/s10658-022-02467-0.
7. Wilde P., Miedaner T. Hybrid rye breeding. In: The rye genome. Compendium of Plant Genomes / M.T. Rabanus-Wallace. N. Stein (eds.). Springer, Cham, Switzerland. 2021. P. 13-41.
8. Хоченко А. А., Худосовский Д. И., Солянин В. В., Безмен В. А. Проблемы качества зернофуража. Ветеринария. 2000. № 1. С. 55-56.
9. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье: Методическое пособие. Киров: ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.
10. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance // Book of abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics Minsk. Belarus. 2010. P. 83.
11. Cheng L-J, Robbers J. E., Floss H. G. End-product regulation of ergot alkaloid formation in intact cells and protoplasts of *Claviceps* species, strain SD-58 // Journal of Natural Products. 1980. V. 43. P. 329-339.
12. Ülsing U. J., Tudzynski P. Analysis of genetic diversity in *Claviceps purpurea* by RAPD markers // Mycological Research. 1997. V. 101. P. 1-6. <https://doi.org/10.1017/S0953756296001657>.
13. Gilmore B. S., Alderman S. C., Knaus D. J., Bassil N. V., Martin R. C., Dombrowski J. E., Dung J. K. Simple sequence repeat markers that identify *Claviceps* species and strains // Fungal Biology and Biotechnology. 2016. V. 3. P. 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40694-016-0019-5>.
14. Pažoutová S., Olšovská J., Linka M., Kolínská R., Flieger M. Chemoraces and habitat specialization of *Claviceps purpurea* populations // Applied and Environmental Microbiology. 2000. V. 66 (12). P. 5419-5425. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.12.5419-5425.2000>.
15. Paul W. Tooley, Erin D. Goley, Marie M. Carras, Reid D. Frederick, Erin L. Weber & Gretchen A. Kuldau Characterization of *Claviceps* species pathogenic on sorghum by sequence analysis of the β -tubulin gene intron 3 region and EF-1 α gene intron 4, Mycologia. 2001. 93:3, 541-551, DOI: 10.1080/00275514.2001.12063186.
16. Maier W., Erge D., Groeger D. Mutational biosynthesis in a strain of *Claviceps purpurea* // Planta Med. 1980. 40, 104-108.

ARTIFICIAL INFECTION BACKGROUND WITH THE USE OF LOCAL POPULATION OF THE FUNGUS CLAVICEPS PURPUREA (FR.) TUL.

©2023. Lucia M. Shchekleina^{1✉}, Anastasia V. Kharina²,

^{1,2}Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

¹immunitet@fanc-sv.ru

Abstract. The aim of the research was to find sources of resistance to ergot in conditions of an artificial infection background of *C. purpurea*. The studies were carried out at the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Research Center of the North-East named after A.I. N.V. Rudnitsky" (FSBSI "FARC of the North-East") in 2020–2022. The results of the PCR sequencing analysis of the DNA product showed that the sclerotinia samples of Clav. 2, Clav. 3 and clav. 4 collected in two ecological areas (Kirov and Slobodskoy) and from two grain crops (winter rye and spring wheat) belong to the species *C. purpurea*. The nucleotide sequences of our samples coincided with the sequence in isolate 17-275-F of the strain 695/S at a homology level of 99.35; 99.03 and 99.68%. In the field conditions, during artificial inoculation of flowers with *C. purpurea* (strain Clav. 4), 21 winter rye varieties were affected by ergot at the level of 3.2–34.7%, so they can be characterized as susceptible. There was no manifestation of the disease without infection. By the nature of the relationship between *Secale cereale* L. and *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. winter rye gene pool can be differentiated: varieties that form large sclerotia (Era, Batist, Darvet, Saratovskaya 10), varieties with relatively small sclerotia (Grafit FP, Saratovskaya 7, Falenskaya 4, Perepel), varieties with the largest and most numerous sclerotia (Saratovskaya 10, Yantarnaya, Solnyshko, Marusenka, Batist, Evrika, Dana), varieties with few and relatively small sclerotia (Grafit FP, Perepel, Falenskaya 4, Lika, Chusovaya, Saratovskaya 7, Vikras). The crops and grain of Grafit FP, Perepel, Sadko, Falenskaya large-kerneled, Lika and Chusovaya varieties were less affected by the ergot, so they can be used in breeding to increase resistance to the disease. A close relationship was established between the affection of genotypes by ergot and the infestation of grain with sclerotia ($r = 0.879$) and the results indicated positive medium-scale relationship between biometric indicators ($r = 0.307...0.578$).

Key words: *Secale cereale* L., ergot, PCR, inoculation, affection, sclerotinia infestation, sources

References

1. Kobylanskii V. D., Solodukhina O. V. Razvitiye sporyn'i na nizkopenozanovoi diploidnoi ozimoi rzhi (Ergot development on low-pentosan diploid winter rye), *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2021, No. 4 (76), pp. 73-78. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-73-78>.
2. Miedaner T., Kodisch A., Raditschnig A., Eifler J. Ergot alkaloid contents in hybrid rye are reduced by breeding, *Agriculture*, 2021, V. 11, p. 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060526>
3. Urban E. P., Gordei S. I., Artyukh D. Yu., Gordei I. S. Napravleniya, metody i rezul'taty selektsii rzhi (*Secale cereale* L.) v Belarusi (Directions, methods and results of rye (*Secale cereale* L.) breeding in Belarus). Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Agrarian series, 2022, V. 60, No. 2, pp. 160-170. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170>
4. Shchekleina L. M., Sheshhegova T. K. Sorta ozimoi rzhi, umerenno ustoichivye k sporyn'e (Winter rye varieties moderately resistant to ergot), *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, 2022, T. 183, No. 4, pp. 229-238. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-229-238>
5. Shchekleina L. M. Vliyanie pogodnykh faktorov na otdel'nye periody razvitiya griba *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul I uroven' vredonosnostisporyn'i v Kirovskoi oblasti (Influence of weather conditions on certain periods of development of the fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul and the level of harmfulness of ergot in the Kirov region), *Agrarnayanauka Evro-Severovostoka*, 2019, No. 2, pp. 134-143. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.134-143>
6. Kodisch A., Schmiedchen B., Eifler J., Cordillo A., Siekmann D., Fromme F. J., Oberforster M., Miedaner T. Maternal differences for the reaction to ergot in unfertilized hybrid rye (*Secale cereale*). *European Journal of Plant Pathology*, 2022, 163, 181-191 DOI: 10.1007/s10658-022-02467-0
7. Wilde P., Miedaner T. Hybrid rye breeding. In: *The rye genome. Compendium of Plant Genomes*, M.T. Rabanus-Wallace. N. Stein (eds.). Springer, Cham, Switzerland, 2021, P. 13-41.
8. Khochenko A. A., Khudosovskii D. I., Solyanin V. V., Bezmen V. A. Problemy kachestva zernofurazha (Grain feed quality problems), *Veterinariya*, 2000, No. 1, pp. 55–56.
9. Sheshhegova T. K., Shchekleina L. M., Kedrova L. I., Utkina E. I. Seleksiya ozimoi rzhi na ustoichivost' k sporyn'e (Selection of winter rye for resistance to ergot), *Metodicheskoe posobie*. Kirov: FGBOU VO Vyatskaya GSKhA, 2018, p. 27.
10. Miedaner T., Mirdita V., Geiger H. H. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance, *Book of abstracts: International Symposium on Rye Breeding & Genetics Minsk, Belarus*, 2010, p. 83.
11. Cheng L-J, Robbers J. E., Floss H. G. End-product regulation of ergot alkaloid formation in intact cells and protoplasts of *Claviceps* species, strain SD-58, *Journal of Natural Products*, 1980, V. 43, pp. 329-339.
12. Ülsing U. J., Tudzynski P. Analysis of genetic diversity in *Claviceps purpurea* by RAPD markers, *Mycological Research*, 1997, V. 101, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1017/S0953756296001657>
13. Gilmore B. S., Alderman S. C., Knaus D. J., Bassil N. V., Martin R. C., Dombrowski J. E., Dung J. K. Simple sequence repeat markers that identify *Claviceps* species and strains, *Fungal Biology and Biotechnology*, 2016, V. 3, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40694-016-0019-5>

14. Pažoutová S., Olšovská J., Linka M., Kolínská R., Fliieger M. Chemoraces and habitat pecialization of *Claviceps purpurea* populations, Applied and Environmental Microbiology, 2000, V. 66 (12), pp. 5419-5425. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.12.5419-5425.2000>

15. Paul W. Tooley, Erin D. Goley, Marie M. Carras, Reid D. Frederick, Erin L. Weber & Gretchen A. Kuldau Characterization of *Claviceps species* pathogenic on sorghum by sequence analysis of the β -tubulin gene intron 3 region and EF-1 α gene intron 4, Mycologia, 2001, 93,3, 541-551, DOI: 10.1080/00275514.2001.12063186

16. Maier W., Erge D., Groeger D. Mutational biosynthesis in a strain of *Claviceps purpurea*, Planta Med, 1980, 40, pp. 104-108.

Сведения об авторах

Л. М. Щеклеина¹ – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

А. В. Харина² – канд. с.-х. наук, научный сотрудник.

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Киров, Россия.

¹ immunitet@fanc-sv.ru

² kharchas@yandex.ru

Information about the authors

L. M. Shchekleina¹ – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

A. V. Kharina² – Cand. Agr. Sci., Researcher.

FSBSI "Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky", Kirov, Russia.

¹ immunitet@fanc-sv.ru

² kharchas@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 11.07.2023; одобрена после рецензирования 01.08.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 11.07.2023; approved after reviewing 01.08.2023; accepted for publication 10.11.2023

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Научная статья

УДК: 636.5.033

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_91

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО АДАПТОГЕНА НА ЦЫПЛЯТАХ SPF

Анна Борисовна Балыкина¹, Кирилл Александрович Зайцев², Виктор Павлович Мурьгин³, Илья Николаевич Никонов⁴, Анастасия Андреевна Кабанова⁵

^{1,2,3,4}Пермский ГАТУ имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

⁵Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева

⁵andreeva-a-83@mail.ru

Аннотация. Микотоксины обладают сильным иммуносупрессивным действием, могут снижать активность клеток иммунной системы, негативно влиять на титр антител после вакцинаций. Основным способом профилактики микотоксинов является применение адсорбентов минерального, органического и комплексного состава. Поиск новых решений для профилактики микотоксикозов актуален. Целью исследования являлась оценка действия природного адаптогена из минерала шунгита на цыплятах SPF.

Результаты эксперимента на цыплятах SPF подтверждают высокую эффективность использования порошка шунгита в мелкодисперсной форме. Тем не менее, не выявлено негативного действия от использования шунгита в виде кормовой добавки методом ввода через комбикорм. На основе результатов исследований можно рекомендовать использование кормовых добавок из термически модифицированного минерала шунгита в промышленных птицеводствах на высокопродуктивных кроссах кур яичных и мясных пород.

Ключевые слова: минерал шунгит, кормовой стресс, цыплята SPF, микотоксикозы

Введение. Одна из важнейших тенденций развития современного сельского хозяйства – курс на замещение или полную замену антибиотиков и химических антимикробных средств в рационах питания животных [1]. Продукты промышленного птицеводства относятся к наиболее распространенным в экономически развитых странах. Эти продукты являются основным источником инфицирования людей зооантропонозными инфекциями, такими как сальмонелла, кампилобактер и др. [2]. Эти микроорганизмы вызывают у человека диарею и многочисленные серьезные осложнения. В частности, у цыплят, выращенных в условиях птицефабрики, отсутствует колонизационная резистентность кишечника в отношении патогенов-комменсалов – кампилобактера, *E. coli* [3-7].

Необходимо отметить, что негативное действие патогенной микрофлоры может быть усилено действием микотоксинов – вторичных метаболитов плесневых грибов [8]. Микотоксины обладают сильным

иммуносупрессивным действием, могут снижать активность клеток иммунной системы, негативно влиять на титр антител после вакцинаций. Основным способом профилактики микотоксинов является применение адсорбентов минерального, органического и комплексного состава [9]. Поиск новых решений для профилактики микотоксикозов актуален.

Целью исследования являлась оценка действия природного адаптогена из минерала шунгита на цыплятах SPF.

Методика. Объектом исследования являлись цыплята SPF, полученные из эмбрионов Valo, свободных от патогенных факторов (SPF). Опыт по кормлению птицы проводили согласно рекомендациям ВНИТИП [10-11].

Цыплята всех групп получали базовый рацион в виде комбинированного корма ПК-5 «Сытный бройлер старт» для бройлеров производства ООО «Агро-Эксперт» (Ивановская обл., г. Шуя) и воды, без

ограничений в течение всего периода содержания.

Микроклимат во всех помещениях поддерживался в соответствии с ГОСТ 34088-2017 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными».

Уборка помещений, замена корма и воды выполнялись по мере необходимости, но как минимум ежедневно.

Для выполнения основного этапа эксперимента цыплята, полученные из SPF-

эмбрионов в соответствии с дизайном эксперимента, были разделены на 3 группы.

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Минерал шунгит вводили в 2-х формах: в виде мелкодисперсного порошка путем выпойки и в виде крупки 0,2 - 0,8 мм через комбикорм, путем ступенчатого смешивания. Кормовые добавки из минерала шунгита являются миксом шунгитовой породы, модифицированной с помощью термообработки. Ввод добавок проводили на протяжении всего эксперимента.

Таблица 1

Схема эксперимента на цыплятах SPF

Группа	Число цыплят	Вариант опыта
1 контрольная	27	ОР (основной рацион)
1 опытная	27	ОР + выпойка препарата из шунгита
2 опытная	27	ОР + кормовая добавка (1 кг/т комбикорма)

В ходе эксперимента анализировалась динамика массы цыплят SPF.

Результаты. За период испытаний отрицательного воздействия кормовых

добавок из минерала шунгита на организм кур не выявлено (табл. 2).

Таблица 2

Масса тела цыплят в основном опыте, г

Группа	Возраст, сут.					
	0*	3*	5*	15*	30	44
1 Контроль	41,4	46,37	41,98	63,18	136,76±2,89	305,98±5,82
2 опыт		47,89	43,79	69,95	130,83±4,07	334,53±10,99
3 опыт		44,01	40,38	68,03	130,89±3,01	307,88±10,29

Относительно небольшая масса SPF цыплят объясняется спецификой их получения из эмбрионов. Необходимо отметить, что данный объект был выбран из-за повышенной чувствительности к факторам разного рода, в том числе – к микотоксикозам.

К возрасту 44 сут. (перед убоем) средняя масса тела цыплят контрольной группы (группа 1) составила 305,98±5,82 г. Средняя по группе масса тела интактных цыплят, получавших препарат шунгита через выпойку, (группа 2), составила 334,53±10,99, что достоверно выше, чем у контрольных птиц.

Средняя масса тела цыплят группы 3, получавших кормовую добавку из шунгита в количестве 1 кг/т комбикорма, была в пределах 307,88±10,29 г и статистически не отличалась от показателя контрольной группы.

Выводы. Результаты эксперимента на цыплятах SPF подтверждают высокую

эффективность использования порошка шунгита в мелкодисперсной форме. Тем не менее, не выявлено негативного действия от использования шунгита в виде кормовой добавки методом ввода через комбикорм. На основе результатов исследований можно рекомендовать использование кормовых добавок из термически модифицированного минерала шунгита в промышленных птицеводствах на высокопродуктивных кроссах кур яичных и мясных пород.

Источник финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-20105, <https://rscf.ru/project/22-26-20105/> и за счет субсидии Министерства образования Пермского края.

Список источников

1. Боголюбова Н.В., Некрасов Р.В., Зеленченкова А.А. Антиоксидантный статус и качество мяса у сельскохозяйственной птицы и животных при стрессе и его коррекция с помощью адаптогенов различной природы (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 4. С. 628-663.
2. Proudfoot K., Habing G. Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions // The Veterinary Journal. 2015. V. 206 (1). P. 15-21.
3. Scanes, C.G. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio // Poultry Sci. 2019. №95(9). P. 2208-2215.
4. Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Juniper D.T. (2019a). Revisiting Oxidative Stress and the Use of Organic Selenium in Dairy Cow Nutrition. *Animals (Basel)* 9, 7, pii: E462.
5. Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Kidd M.K. (2019). Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants (Basel)* 8, 7, pii: E235.
6. Surai P.F., Kochish I.I., Shapovalov S.O. (2018). Superoxide dismutase activity in chicken gut. Program and Summaries. WPSA UK Branch Annual Meeting, Dublin, 2018, p. 010.
7. Surai, P.F. Vitagenes in poultry production. Part 1. Technological and environmental stresses / P.F. Surai, V.I. Fisinin // *World's Poultry Science Journal*. – 2016a. – № 72. – P. 721-733.
8. Сурай П.Ф., Кочиш И.И., Фисинин В.И., Грозина А.А., Шацких Е.В. Молекулярные механизмы поддержания здоровья кишечника птицы: Роль микробиоты. Монография. М., Изд-во «Сельскохозяйственные технологии», 2018. 344 с.
9. Bottje, W.G. Oxidative stress and efficiency: The tightrope act of mitochondria in health and disease // *J Anim Sci*. 2019, pii: skz219.
10. Fisinin V.I., et al. Feeding poultry. *Sergiev Posad*, 2000. 375 pp.
11. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.М. Околелова, Т.Н. Ленкова, Е.А. Андрианова [и др.]. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2019. 226 с.

MODEL FOR ASSESSING THE EFFECT OF A MINERAL NATURAL ADAPTOGEN ON SPF CHICKENS

©2023. Anna B. Balykina¹, Kirill A. Zaitsev², Viktor P. Murygin³, Ilia N. Nikonov⁴, Anastasia A. Kabanova⁵

^{1,2,3,4}Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

⁵Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia

¹andreeva-a-83@mail.ru

Abstract. Mycotoxins, having a strong immunosuppressive effect, can reduce the activity of cells of the immune system, and negatively affect the antibody titer after vaccinations. The main way to prevent mycotoxins is the use of adsorbents of mineral, organic and complex composition. The search for new solutions for the prevention of mycotoxicoses is relevant. The purpose of the study was to evaluate the effect of a natural adaptogen from such a mineral as schungite on SPF chickens.

The results of the experiment on SPF chickens confirm high efficiency of using schungite powder in finely dispersed form. However, no negative effects have been identified from the use of schungite as a feed additive by introducing it with mixed feed. Based on the research results, we can recommend the use of feed additives from the thermally modified schungite in industrial poultry farms on highly productive crosses of egg and meat breeds of chickens.

Key words: schungite, feed stress, SPF chickens, mycotoxicoses

References

1. Bogolyubova N.V., Nekrasov R.V., Zelenchenkova A.A. Antioksidantnyi status i kachestvo myasa u sel'skokhozyaistvennoi ptitsy i zivotnykh pri stresse i ego korrektsiya s pomoshch'yu adaptogenov razlichnoi prirody (Obzor) (Antioxidant status and quality of meat in poultry and animals under stress and its correction with the help of adaptogens of various nature (Review)), *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2022, T. 57, No. 4, pp. 628-663.
2. Proudfoot K., Habing G. Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions, *The Veterinary Journal*, 2015, V. 206 (1), pp. 15-21.
3. Scanes, C.G. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio, *Poultry Sci.*, 2019, №95(9), pp. 2208-2215.
4. Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Juniper D.T. (2019a). Revisiting Oxidative Stress and the Use of Organic Selenium in Dairy Cow Nutrition. *Animals (Basel)* 9, 7, pii: E462.
5. Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Kidd M.K. (2019). Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants (Basel)* 8, 7, pii: E235.
6. Surai P.F., Kochish I.I., Shapovalov S.O. (2018). Superoxide dismutase activity in chicken gut. Program and Summaries. WPSA UK Branch Annual Meeting, Dublin, 2018, p. 010.

7. Surai, P.F. Vitagenes in poultry production. Part 1. Technological and environmental stresses, P.F. Surai, V.I. Fisinin, World's Poultry Science Journal, 2016, No. 72, pp.721-733.
8. Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Grozina A.A., Shatskikh E.V. Molekulyarnye mekhanizmy podderzhaniya zdorov'ya kishhechnika ptitsy: Rol' mikrobioty (Molecular mechanisms of maintaining the health of poultry intestines: The role of microbiota), Monografiya, M., Izd-vo «Sel'skokhozyaistvennyetekhnologii», 2018, 344 p.
9. Botje, W.G. Oxidative stress and efficiency: The tightrope act of mitochondria in health and disease, J. Anim. Sci., 2019, pii: skz219.
10. Fisinin V.I., et al. Feeding poultry. SergievPosad, 2000, 375 pp.
11. Rukovodstvo po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoi ptitsy (Guidelines for feeding poultry), I.A. Egorov, V.A. Manukyan, T.M. Okolelova, T.N. Lenkova, E.A. Andrianova [i dr.], SergievPosad, VNITIP, 2019, 226 p.

Сведения об авторах

А.Б. Балькина¹ - кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник;
К.А. Зайцев² - старший преподаватель кафедры менеджмента факультета экономики и информационных технологий;
В.П. Мuryгин³ - кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории освоения агрозоотехнологий;
И.Н. Никонов⁴ - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;
А.А. Кабанова⁵ - ассистент кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии;
^{1,2,3,4}Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия
ФГБОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
andreeva-a-83@mail.ru
¹ORCID:0009-0009-4418-0836
²ORCID:0009-0009-4418-0836
³ORCID: 0009-0004-8475-6178
⁴ORCID: 0000-0001-9495-0178
⁵ORCID: 0000-0002-6712-6375

Information about the authors

A.B. Balykina¹ - Cand. Vet. Sci., Leading Researcher;
K.A. Zaitsev² – Senior Lecturer;
V.P. Murygin³ – Cand. Agr. Sci., Leading Researcher;
I.N. Nikonov⁴ – Cand. Biol. Sci., Leading Resercher;
A.A. Kabanova⁵ – Assistant.
^{1,2,3,4}Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia
⁵Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, Russia
andreeva-a-83@mail.ru
¹ORCID:0009-0009-4418-0836
²ORCID:0009-0009-4418-0836
³ORCID: 0009-0004-8475-6178
⁴ORCID: 0000-0001-9495-0178
⁵ORCID: 0000-0002-6712-6375

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 23.10.2023; одобрена после рецензирования 06.12.2023; принята к публикации 07.12.2023
The article was submitted 23.10.2023; approved after reviewing 10.11.2023; accepted for publication 20.11.2023

Научная статья
УДК 636.082.23
doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_95

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДНЯКА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА ПО ГЕНАМ GH И GHR

©2023. Николай Павлович Герасимов

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия, nick.gerasimov@rambler.ru

Аннотация. Создание высокопродуктивных стад мясного скота, способных к эффективному использованию местных кормовых ресурсов, является актуальной задачей по увеличению рентабельности производства говядины. Целью исследования являлась оценка весового роста и потребления сухого вещества корма молодняком казахской белоголовой породы разных генотипов по генам гормона роста и рецептора гормона роста. Работа проводилась в СПК «Племзавод «Красный Октябрь» Волгоградской области. Бычков (n=28) и телок (n=22) казахской белоголовой породы генотипировали по полиморфизмам GH C2141G и GHR T914A. Испытательный период проводили с 8 до 15-месячного возраста. Ассоциативные исследования полиморфизмов GH C2141G и GHR T914A свидетельствуют о связи показателей роста, развития и эффективности выращивания с генетическими особенностями молодняка казахской белоголовой породы. Замещение аллели С на G при полиморфизме GH C2141G сопряжено со значительным сокращением потребления сухого вещества корма и повышением его использования при выращивании. При полиморфизме GHR T914A наибольшая интенсивность весового роста и эффективность расходования кормов установлена у гетерозиготных особей. Результаты свидетельствуют о возможности использования генотипирования молодняка по генам соматотропной оси для создания высокоэффективных стад казахского белоголового скота.

Ключевые слова: казахская белоголовая порода, бычки, тёлки, весовой рост, потребление сухого вещества, генотип, полиморфизм, GH C2141G, GHR T914A

Введение. Внедрение селекции с помощью маркеров (MAS) в племенную работу способно улучшить генетический потенциал продуктивности мясного скота [1, 2]. Так, по данным Kashi et al. [3], отбор и интенсивное воспроизводство носителей «желательных» генотипов может повысить ежегодный эффект селекции на 15-30% по сравнению с традиционными методами селекции. Генетические маркеры, такие как однонуклеотидные полиморфизмы (SNP), представляют собой наиболее распространенную форму изменчивости ДНК у сельскохозяйственных животных. Они многочисленны и обычно двуаллельны, сравнительно легко обнаруживаются с помощью отработанных методик [4, 5]. Эти свойства объясняют высокий потенциал использования SNP в селекции мясного скота для повышения экономической эффективности отрасли. Кроме

того, молекулярно-генетические маркеры могут проявлять плейотропный эффект, выражающийся в одновременном влиянии на несколько независимых экономических признаков [6].

Физиологическая регуляция количественных признаков мясного скота контролируется множеством генов [7, 8]. Особое значение для улучшения генетического потенциала в мясном скотоводстве играют гены соматотропной оси (гены гормона роста, рецептора гормона роста, инсулиноподобного фактора роста и др.), которые ассоциируются с ростом, развитием и дифференцировкой тканей, интенсивностью обменных процессов, лактацией животных [9-11]. Следует иметь в виду, что перечисленные биологические процессы детерминируются полигенно, то есть большим количеством генов, следовательно селекцию с помощью генетических маркеров

целесообразно проводить с учетом полиморфизма в нескольких генах единого физиологического направления [12].

Учитывая широкий спектр фенотипических данных мясного скота, ассоциируемых с полиморфизмами в генах соматотропной оси, мы предположили, что генетические особенности будут влиять на потребности животных в питательных веществах и энергии корма, а также на приросты массы тела. Об этом опосредованно свидетельствует наличие достаточно высокой степени наследуемости признака RFI ($h^2=0.33$) у крупного рогатого скота [13]. Повышение эффективности использования кормов в мясном скотоводстве является актуальной задачей по увеличению рентабельности производства говядины [14].

Целью исследования являлось изучение влияния полиморфизмов GH C2141G и GHR T914A на рост, развитие и эффективность использования корма молодняком казахской белоголовой породы.

Методика. Молодняк (n=50) казахской белоголовой породы группировали после отъема в соответствии с полом (бычки 28 гол., телки 22 гол.). Средний возраст отъема составлял 205 дней. Испытательный период проводили с 8 до 15-месячного возраста в условиях типовой станции в помещении легкого типа, при свободно выгульном содержании на соломенной подстилке. Кормление животных осуществлялось на кормовом дворе со свободным доступом к воде. Рационы кормления для бычков состояли из сена разнотравного, сенажа, ячменя и жмыха, для телок – сено кострцовое, сено разнотравное, сенаж, ячмень. Корма

задавались вволю и содержали 11,5-12,5% сырого протеина и 8,45-9,54 МДж обменной энергии в 1 кг сухого вещества.

Контроль весового роста молодняка проводили ежемесячно в течение испытательного периода (213 дней). Метаболическую массу тела (МетЖМ) рассчитывали как среднюю между значением начальной и конечной живой массой, возведенной в степень 0,73. Индивидуальный учет поедаемости кормов проводился ежедневно по разнице между заданным количеством и остатками. Химический анализ кормосмеси проводили ежемесячно.

Среднесуточное потребление сухого вещества рассчитывали путем деления фактического потребления сухого вещества за 213 дней оценки на длительность испытательного периода.

Ожидаемое потребление сухого вещества определяли путем решения множественной регрессии, учитывающей фактическое потребление сухого вещества, среднесуточный прирост и метаболическую массу тела по следующей модели:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{ССП}_i + \beta_2 \times \text{МетЖМ}_i + e_i,$$

где Y_i – ожидаемое потребление сухого вещества, кг; β_0 – свободный член регрессии; β_1 – коэффициент частичной регрессии потребления сухого вещества на среднесуточный прирост; β_2 – коэффициент частичной регрессии потребления сухого вещества на метаболическую массу тела; ССП_i – среднесуточный прирост с 8 до 15 мес., кг; МетЖМ_i – метаболическая масса тела в середине периода испытания, кг; e_i – остаток.

Таблица 1

Последовательность праймеров, условия ПЦР, рестриктазы, использованные при генотипировании

SNP	Праймер	Условия ПЦР	Рестриктаза
GH C2141G	F:5'-gctgctcctgagccttcg-3' R:5'-gcggcggcactcatgaccct-3'	«горячий старт» – 5 мин при +95 °С; 35 циклов: денатурация – 45 с при +94°С, отжиг – 45 с при +65°С, синтез – 45 с при +72 °С; достройка – 7 мин при +72 °С	AluI
GHR T814A	F: 5'-atatgtagcagtgacaatat-3' R: 5'-acgtttcactgggtgatga-3'	«горячий старт» – 5 мин при +95 °С; 35 циклов: денатурация – 30 с при +95 °С, отжиг – 60 с при +60 °С, синтез – 30 с при +72 °С; достройка – 10 мин при +72 °С	SspI

Молодняк казахской белоголовой породы генотипировали по полиморфизмам GH C2141G и GHR T914A. Для генотипирования у животных проводили забор цельной крови, из которой

изолировали ДНК. Условия проведения ПЦР описаны в таблице 1.

Анализ данных проводили с использованием программ «Excel»

(«Microsoft», США) и «Statistica 10» («Stat Soft Inc.», США) по алгоритмам описательной статистики. Определение значимости различий между групповыми средними показателями проводили по критерию Фишера (F-критерий), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался за $p \leq 0,05$.

Результаты. Значительного влияния полиморфизма GH C2141G на весовой и линейный рост молодняка казахской

белоголовой породы не выявлено (табл. 2). Отмечалась тенденция превосходства носителей G-аллели по живой массе и среднесуточному приросту. Телки с GH^{CC} генотипом отличались максимальным потреблением сухого вещества за период оценки с преимуществом 0,092-0,123 кг (1,17-1,57%; $p < 0,05$) относительно сверстниц. Данная тенденция подтверждалась на поголовье бычков, однако характеризовалась меньшей выраженностью.

Таблица 2

Племенная ценность молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов по полиморфизму GH C2141G ($\bar{X} \pm S_x$)

Показатель	Генотип по GH C2141G					
	CC	CG	GG	CC	CG	GG
	бычки			телки		
п, гол.	13	11	4	10	9	3
Живая масса в 8 мес, кг	235,1± 5,01	232,7± 6,95	238,5± 5,63	214,5± 3,89	210,6± 4,81	216,7± 2,96
Живая масса в 15 мес, кг	425,8± 7,44	429,2± 9,60	436,7± 8,28	342,8± 5,32	352,7± 5,10	357,0± 9,64
Среднесуточный прирост, г	895,4± 47,30	922,3± 48,51	930,7± 39,62	602,4± 27,28	667,3± 29,20	658,7± 32,84
МетЖМ, кг	69,0± 0,59	69,1± 1,01	70,1± 0,86	60,9± 0,58	61,4± 0,61	62,2± 0,98
ФактСВ, кг	8,892± 0,0207	8,866± 0,0305	8,852± 0,0342	7,973± 0,0182 ^{ab}	7,881± 0,0312 ^a	7,850± 0,0656 ^b
ОстатокСВ, кг	0,022± 0,0151	-0,010± 0,0301	-0,020± 0,0313	0,037± 0,0112 ^a	-0,028± 0,0289 ^a	-0,038± 0,0473

Примечание: a, b: значения в строке с одинаковыми индексами различаются с достоверностью ($p < 0,05$)

G-аллель при полиморфизме GH C2141G ассоциировалась с лучшей эффективностью использования сухого вещества корма у животных казахской белоголовой породы. Наиболее выраженное преимущество носителей минорной аллели фиксировалось

среди групп телок, которое составляло 0,065-0,075 кг ($p < 0,05$). Различия по остаточному потреблению корма между бычками составляли 0,032-0,042 кг ($p > 0,05$) в пользу носителей G-аллели.

Таблица 3

Племенная ценность молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов по полиморфизму GHR T914A ($\bar{X} \pm S_x$)

Показатель	Генотип по GHR T914A					
	TT	TA	AA	TT	TA	AA
	бычки			телки		
п, гол.	12	9	7	6	10	6
Живая масса в 8 мес, кг	236,7± 5,62	230,0± 6,04	237,0± 7,90	210,7± 6,00	212,8± 3,38	216,3± 5,73
Живая масса в 15 мес, кг	421,9± 8,58	432,6± 8,78	435,3± 9,39	337,3± 6,94	352,8± 5,42	353,5± 4,11
Среднесуточный прирост, г	869,2± 38,81	951,0± 52,42	931,1± 68,7	594,7± 49,63	657,4± 20,52	644,0± 31,35
МетЖМ, кг	68,8± 0,91	69,1± 0,77	69,9± 0,71	60,2± 0,61	61,6± 0,63	61,9± 0,59
ФактСВ, кг	8,869± 0,0206	8,869± 0,0351	8,897± 0,0312	7,995± 0,0269 ^a	7,865± 0,0273 ^a	7,932± 0,0307
ОстатокСВ, кг	0,006± 0,0203	-0,015± 0,0333	0,023± 0,0195	0,036± 0,0186 ^a	-0,041± 0,0215 ^{ab}	0,032± 0,0300 ^b

Примечание: a, b: значения в строке с одинаковыми индексами различаются с достоверностью ($p < 0,05$)

Молодняк казахской белоголовой породы с АА-генотипом при полиморфизме GHR T914A характеризовался максимальным весовым и линейным ростом, однако межгрупповые различия не достигали достоверного уровня значимости (табл. 3). Гетерозиготные особи отличались наибольшим среднесуточным приростом за период оценки (213 дней). Минимальное потребление сухого вещества корма установлено у гетерозиготных телок, которые существенно уступали на 0,130 кг (1,63%; $p < 0,05$) сверстницам с ТТ-генотипом.

Молодняк гомозиготных генотипов менее эффективно расходовал сухое вещество корма. Достоверное превосходство гетерозиготного генотипа по полиморфизму GHR T914A установлено в группе телок, которое составляло 0,073-0,077 кг ($p < 0,05$). Подобное распределение генотипов фиксировалось среди бычков, однако

преимущество составляло 0,021-0,038 кг ($p > 0,05$).

Выводы. 1. Ассоциативные исследования полиморфизмов GH C2141G и GHR T914A свидетельствуют о связи показателей роста, развития и эффективности выращивания с генетическими особенностями молодняка казахской белоголовой породы.

2. Замещение аллели С на G при полиморфизме GH C2141G сопряжено со значительным сокращением потребления сухого вещества корма и повышением его использования при выращивании. При полиморфизме GHR T914A наибольшая интенсивность весового роста и эффективность расходования кормов установлена у гетерозиготного молодняка.

Работа выполнена в соответствии с гос. заданием №FNWZ-2021-0001.

Список источников

1. Tait Jr.R.G., Cushman R.A., McNeel A.K., Casas E., Smith T.P.L., Freetly H.C., Bennett G.L. μ -Calpain (CAPN1), calpastatin (CAST), and growth hormone receptor (GHR) genetic effects on Angus beef heifer performance traits and reproduction // *Theriogenology*. 2018. №113. Pp. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.002>.
2. Макаев Ш.А., Dzhulamanov K.M., Gerasimov R.P. Formation of adipose tissue in Kazakh White-Headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 848. Pp.012075. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012075
3. Kashi Y., Hallerman E., Soller M. Marker-assisted selection of candidate bulls for progeny testing programmes // *Anim. Prod.* 1990. Vol. 51(1). Pp. 63–74. <https://doi.org/10.1017/S0003356100005158>
4. Zalewska M., Puppel K., Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle - A review // *Anim Biosci.* 2021. Vol. 34(9). Pp. 1425-1438. doi:10.5713/ab.20.0672
5. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103. № 3. С. 58-80. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-58
6. Karisa B.K., Thomson J., Wang Z., Stothard P., Moore S.S., Plastow G.S. Candidate genes and single nucleotide polymorphisms associated with variation in residual feed intake in beef cattle // *J. Anim. Sci.* 2013. Vol. 91. Pp. 3502–3513. doi:10.2527/jas2012-6170
7. Sherman E.L., Nkrumah J.D., Murdoch B.M., et al. Polymorphisms and haplotypes in the bovine neuropeptide Y, growth hormone receptor, ghrelin, insulin-like growth factor 2, and uncoupling proteins 2 and 3 genes and their associations with measures of growth, performance, feed efficiency, and carcass merit in beef cattle // *J Anim Sci.* 2008. Vol. 86(1). Pp.1-16. doi:10.2527/jas.2006-799
8. Оценка геномной вариабельности продуктивных признаков у животных голштиinizированной черно-пестрой породы на основе GWAS анализа и ROH паттернов / А.А. Сермягин, О.А. Быкова, О.Г. Лоретц, О.В. Костюнина, Н.А. Зиновьева // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55(2). С. 257-274. 10.15389/agrobiology.2020.2.257rus 10.15389/agrobiology.2020.2.257eng. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.2.257rusdoi
9. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Yu., Gusev I.V., Kalashnikova L.A. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality // *Russian Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 46. No. 3. Pp. 289-294. DOI: 10.3103/S1068367420030167
10. Zagidullin L., Gilemhanov I., Khisamov R., Tyulkin S. Evaluation towards stud bulls with different mixed genotypes relating to somatotropin cascade genes by origin // *BIO Web of Conferences*. 2020. Vol. 17. P. 00109. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700109>
11. Оценка продуктивных качеств и элементного статуса бычков калмыцкой породы различных генотипов по гену гормона роста / А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, И.Н. Сычева, И.Е. Быстренина // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105, № 1. С. 62-73. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-62>
12. Дубовскова М.П. Показатели племенной ценности родителей с учетом полиморфизма генов GHR, IGF-I и GDF5 у скота герефордской породы // *Пермский аграрный вестник*. 2022. № 4 (40). С. 82-88. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_40_82
13. Berry D.P., Crowley J.J. Cell biology symposium: genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle // *J. Anim. Sci.* 2013. Vol. 91. Pp.1594–1613. doi:10.2527/jas.2012-5862

14. Усманова Е.Н., Зубоченко Д.В., Остапчук П.С., Кувяда Т.А. Селекция мясного скота на повышение эффективности использования корма // Известия НВ АУК. 2022. №4(68). С. 270-286. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-33.

EVALUATION OF THE PRODUCTIVE TRAITS AND GROWING EFFICIENCY IN YOUNG KAZAKH WHITE-HEADED ANIMALS DEPENDING ON THE GENOTYPE FOR GH AND GHR GENES

©2023. Nikolai P. Gerasimov

Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, nick.gerasimov@rambler.ru

Abstract. Creation of highly productive herds of beef cattle capable to efficient use of local fodder resources is an urgent task to increase the profitability of meat production. The aim of the study was to evaluate the weight growth and dry matter intake in young Kazakh White-Headed cattle of different genotypes for the growth hormone and growth hormone receptor genes. The work was carried out in the Agricultural Production Cooperative "Plemzavod "Krasny Oktyabr" in the Volgograd region. Bull-calves (n=28) and heifers (n=22) of the Kazakh white-headed breed were genotyped for GH C2141G and GHR T914A polymorphisms. The test period was carried out from 8 to 15 months of age. Association studies of GH C2141G and GHR T914A polymorphisms indicate a relationship between growth, development and growing efficiency with the genetic characteristics of young Kazakh White-Headed animals. The substitution of the C for G allele in GH C2141G polymorphism is associated with a significant reduction in dry matter intake and an increase in its use during rearing. The highest intensity of weight growth and efficiency of feed consumption were found in heterozygous individuals for GHR T914A polymorphism. The results indicate the possibility of using genotyping for the somatotrophic axis genes to create highly efficient herds of Kazakh White-Headed cattle.

Key words: Kazakh White-Headed breed, bull-calves, heifers, weight growth, dry matter intake, genotype, polymorphism, GH C2141G, GHR T914A.

References

1. Tait Jr.R.G., Cushman R.A., McNeel A.K., Casas E., Smith T.P.L., Freetly H.C., Bennett G.L. μ -Calpain (CAPN1), calpastatin (CAST), and growth hormone receptor (GHR) genetic effects on Angus beef heifer performance traits and reproduction, *Theriogenology*, 2018, No. 113, P. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.02.002>.
2. MakaevSh.A., Dzhulamanov K.M., Gerasimov R.P. Formation of adipose tissue in Kazakh White-Headed bull-calves from sires with a different genotype for the thyroglobulin gene, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, No. 848, P.012075. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012075
3. Kashi Y., Hallerman E., Soller M. Marker-assisted selection of candidate bulls for progeny testing programmes, *Anim. Prod.*, 1990, No. 51(1), P. 63–74. <https://doi.org/10.1017/S0003356100005158>
4. Zalewska M., Puppel K., Sakowski T. Associations between gene polymorphisms and selected meat traits in cattle - A review, *Anim Biosci.*, 2021, No. 34(9), P. 1425-1438. doi:10.5713/ab.20.0672
5. Tarasova E.I., Notova S.V. Geny-markery produktivnykh kharakteristik molochnogo skota (obzor) (Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review)), *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2020, No. 103(3), pp. 58-80. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-58
6. Karisa B.K., Thomson J., Wang Z., Stothard P., Moore S.S., Plastow G.S. Candidate genes and single nucleotide polymorphisms associated with variation in residual feed intake in beef cattle, *J. Anim. Sci.*, 2013, No. 91, P. 3502–3513. doi:10.2527/jas.2012-6170
7. Sherman E.L., Nkrumah J.D., Murdoch B.M., et al. Polymorphisms and haplotypes in the bovine neuropeptide Y, growth hormone receptor, ghrelin, insulin-like growth factor 2, and uncoupling proteins 2 and 3 genes and their associations with measures of growth, performance, feed efficiency, and carcass merit in beef cattle, *J Anim Sci.*, 2008, No. 86(1), P.1-16. doi:10.2527/jas.2006-799
8. Sermyagin A.A., Bykova O.A., Loretts O.G., Kostyunina O.V., Zinovieva N.A. Otsenka genomnoi variabel'nosti produktivnykh priznakov u zhivotnykh golshtinizirovannoi cherno-pestroi porody na osnove GWAS analiza i ROH patternov (Genomic variability assessment for breeding traits in holsteinized Russian Black-and-White cattle using GWAS analysis and ROH patterns), *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2020, No. 55(2), pp. 257-274. doi: 10.15389/agrobiol.2020.2.257eng
9. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Yu., Gusev I.V., Kalashnikova L.A. Growth hormone gene polymorphism in relation to beef cattle carcass quality, *Russian Agricultural Sciences*, 2020, Vol. 46., No. 3, P. 289-294. DOI: 10.3103/S1068367420030167
10. Zagidullin L., Gilemhanov I., Khisamov R., Tyulkin S. Evaluation towards stud bulls with different mixed genotypes relating to somatotropin cascade genes by origin, *BIO Web of Conferences*, 2020, No. 17, P. 00109. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700109>

11. Frolov A.N., Zavyalov O.A., Kharlamov A.V., Sycheva I.N., Bystrenina I.E. Otsenka produktivnykh kachestv I elementnogo statusa bychkov kalmytskoi porody razlichnykh genotipov po genu gormona rosta (Evaluation of productive traits and elemental status in Kalmyk bull-calves of various genotypes by growth hormone gene), Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo, 2022, No. 105(1), pp. 62-73. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-62>.

12. Dubovskova M.P. Pokazateli plemennoi tsennosti roditelei s uchetom polimorfizma genov GHR, IGF-I i GDF5 u skota gerefordskoi porody (Indicators of parental breeding value with consideration of the polymorphism of GHR, IGF-I and GDF5 genes in Hereford cattle), Permskii agrarnyi vestnik, 2022, No. 4 (40), pp. 82-88. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_40_82

13. Berry D.P., Crowley J.J. Cell biology symposium: genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle, J. Anim. Sci., 2013, No. 91, P.1594–1613. doi:10.2527/jas.2012-5862

14. Usmanova E.N., Zubochenko D.V., Ostapchuk P.S., Kuevda T.A. Seleksiya myasnogo skota na povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya korma (Breeding of beef cattle to increase the efficiency of feed intake), Izvestiya NV AUK, 2022, No. 4(68), pp. 270-286. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-33.

Сведения об авторах

Н.П. Герасимов¹ – д-р биол. наук.

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, Россия, 460000

nick.gerasimov@rambler.ru

Information about the authors

N.P. Gerasimov¹ – Dr. Biol. Sci.

¹ Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia, 460000

nick.gerasimov@rambler.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; одобрена после рецензирования 12.09.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 14.06.2023; approved after reviewing 12.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья

УДК 619:616.1/.4:636.22/.23.034:619:614.31:637.1(470.55/.58)

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_101

СПОСОБЫ ЛЕЧЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ МОЛОЧНЫХ КОРОВ, И ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА МОЛОКА В УСЛОВИЯХ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ ЮЖНОГО УРАЛА

©2023. Александр Михайлович Гертман ^{1✉}, Дина Маратовна Максимович ²,

^{1,2} Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

¹t.knb@sursau.ru

Аннотация. В молочном скотоводстве основными производственными показателями являются производство молока и цена его реализации. Известно, что рентабельность хозяйства зависит от продуктивности коров, которая должна находиться на уровне 6500-7000 кг молока на одну голову за лактацию. Однако на определенных территориях Челябинской области имеет место аномальное содержание макро- и микроэлементов в объектах внешней среды, соответственно в кормовом рационе, что способствует развитию биогеохимических провинций, которые по своему происхождению могут быть естественными и техногенными. Выбросы в атмосферу значительного количества токсических элементов способствуют их рассеиванию на значительные расстояния от источника выброса. В условиях биогеохимической провинции имеет место недостаток жизненно необходимых микроэлементов и избыток солей железа и никеля, что сопровождается широким распространением микроэlementозов (гипокобальтоз, гипокупроз). При отмеченной патологии ветеринарно-санитарная оценка молока подтверждает несоответствие по ряду регламентируемых показателей качества. Предлагаемые способы лечения микроэlementозов позволяют нормализовать клинический статус, восполнить организм дефицитными микроэlementами, нормализовать количественный и качественный состав молока. Схема лечения гипокобальтоза включает введение в рацион 0,3 % раствора соли кобальта сульфата (1 мл/10 кг массы) один раз в сутки и назначение препарата «Юберин» (15 мл) в течение 5 дней с интервалом 15 дней. При гипокупрозе применяли препараты: «Купровет» (0,80 мг/кг один раз в сутки 30 дней с перерывом 15 дней), «Бутофосфан» (15 мл) в течение 5 дней с интервалом 15 дней. Особенностью лечения микроэlementозов коров в биогеохимической провинции является обязательное включение в основной рацион цеолита (0,1 г /кг массы тела) в течение пятнадцати дней с интервалом 15 дней.

Ключевые слова: биогеохимические провинции, тяжелые металлы, микроэlementозы, хелатные соединения

Введение. Работа всего агропромышленного комплекса Российской Федерации направлена на обеспечение населения нашей страны высококачественными продуктами питания и в первую очередь молоком и мясом.

Однако, когда почва, вода, сельскохозяйственные корма содержат минеральные вещества в количествах, превышающих нормативные уровни, это может привести к формированию естественных и техногенных биогеохимических провинций [2, 5]. Эти провинции могут быть охарактеризованы особым составом минералов и химических

элементов в окружающей среде, что может влиять на биологические и экологические процессы в них [8,9,10].

Исследованиями А.А. Кабыша [4] на Южном Урале зарегистрировано 14 биогеохимических провинций, где широко распространена самая разнообразная незаразная патология. Кроме того, в работах А.М. Гертман и др. [6,7] приводятся данные о том, что регион подвергается техногенному воздействию, а соли никеля, свинца и кадмия выступают приоритетными загрязнителями [9].

По данным автора этой статьи [5] на некоторых территориях Южного Урала в

почве и водоисточниках обнаружено избыточное содержание солей железа, в количествах, которые в 11-17 раз превышают максимально допустимый уровень. В этих районах значительные экономические потери несут сельхозпредприятия различных форм собственности, занимающиеся производством молока. Причина данного явления – широкое распространение микроэлементозов среди высокопродуктивных коров, так как при данной патологии имеют место изменения физико-химических показателей молока, снижение его классности и, соответственно, – цены. Ветеринарно-санитарная оценка молока от коров с данной патологией по некоторым регламентированным показателям не отвечает требованиям. В этой связи изыскание способов лечения коров при микроэлементозах в условиях биогеохимических провинций и повышение ветеринарно-санитарных показателей молока является актуальным.

Цель данного исследования – разработка способов терапии микроэлементозов (гипокобальтоза и гипокупроза) у молочных коров в биогеохимической провинции и ветеринарно-санитарная оценка молока до и после лечения.

Методика. Исследования по лечению микроэлементозов проводили на базе СПК "Сарафаново" Челябинской области. При диспансерном осмотре были выявлены животные с клинической картиной гипокобальтоза и гипокупроза. Заключительный диагноз был подтвержден результатами морфо-биохимических исследований крови, и, в частности, определением уровня кобальта и меди в объектах внешней среды и организме животных.

Больных коров разделили на группы: первая группа (n=10), больных гипокобальтозом, вторая (n=10) - больных гипокупрозом. Экспериментальный период составил 60 дней.

При гипокобальтозе схема лечения включала введение в рацион добавки в виде 0,3 % раствора соли кобальта сульфата (1 мл/10 кг массы) один раз в сутки и назначение препарата «Юберин» (15 мл) в течение 5 дней с интервалом 15 дней.

При гипокупрозе применяли препараты: «Купровет» (0,80 мг/кг один раз в сутки 30 дней с перерывом 15 дней), «Бутофосфан» (15 мл) в течение 5 дней с интервалом 15 дней.

Также подопытные животные первой и второй групп один раз в сутки получали к основному рациону цеолит Каринского месторождения (0,1 г /кг массы тела), в течение пятнадцати дней. Через пятнадцать дней повторяли введение цеолита. Содержание химических элементов в крови и молоке устанавливали атомно-абсорбционным методом.

Ветеринарно-санитарную экспертизу свежесвыдоенного молока до и после лечения микроэлементозов определяли в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. Статистическую обработку полученного материала осуществляли вычислением среднестатистической ошибки и критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты. Данные результатов исследования крови подопытных животных на содержание химических элементов представлены в таблице 1.

По сведениям таблицы 1, при микроэлементозах имеет место низкий уровень эссенциальных микроэлементов: кобальта – при гипокобальтозе, меди - при гипокупрозе, при высоком уровне никеля и железа. При гипокобальтозе в крови подопытных коров до лечения количество кобальта было ниже нормы на 75,0 %, меди - на 47,0 %. При этом было отмечено превышение содержания железа на 11,9 %; никеля на 33,3 %.

Таблица 1

Химические элементы в крови подопытных животных (мг/л; M±m; n=10)

Показатель	Норма	Гипокобальтоз		Гипокупроз	
		До лечения (фон)	После лечения	До лечения (фон)	После лечения
Железо	250,0	279,9±0,1	256,6±0,13	283,4±0,09	261,3±0,09
Медь	1,0	0,53±0,07	0,72±0,09**	0,41±0,04	0,87±0,06***
Кобальт	0,04	0,01±,003	0,035±0,04**	0,02±0,06	0,024±0,09*
Никель	0,12	0,16±0,11	0,13±0,05*	0,155±0,07	0,134±0,02*

При гипокупрозе недостаток кобальта составил 50,0, меди – 59,0 % при уровне железа

и никеля на 13,3 и 25,0 % соответственно выше нормы. На фоне проведенной терапии,

благодаря сорбционным свойствам цеолита, на 60-е сутки эксперимента в крови больных гипокобальтозом коров количество токсических элементов понизилось. Наиболее заметно уменьшилось количество никеля – на 18,8 % ($P<0,05$), в меньшей степени железа – на 8,4 %. Уровень меди увеличился на 35,8 % ($P<0,01$) в сравнении с фоновыми значениями, что позволяет предполагать наличие высоких ионообменных свойства минерала, так как в его состав входит около сорока макро- и микроэлементов. Сочетанное применение кобальта сульфата, «Юберина» и цеолита позволило нормализовать обмен кобальта, так как его уровень к концу эксперимента увеличился на 35 % ($P<0,01$) в сравнении с данными до проведения терапии.

При лечении гипокупроза имело место снижение железа и никеля на 7,8; 13,5 % ($P<0,05$) относительно фоновых показателей при одновременном увеличении кобальта на 20,0 % ($P<0,05$). На наш взгляд, данные закономерности были достигнуты за счет введения в рацион коров цеолитсодержащего

минерала. Применение «Купрвета» в сочетании с «Бутофосфаном» и цеолитом позволило повысить уровень меди в крови больных гипокупрозом коров в 2,1 раза ($P<0,001$) относительно исследований до применения препарата.

Таким образом, предлагаемое лечение микроэлементозов с включением в схемы минерального энтеросорбента имеет достаточно высокий результат, но не даёт абсолютное восстановление показателей микроэлементного состава крови, что диктует необходимость продолжения терапии при изучаемой патологии. Нарушения в биохимических процессах у молочных животных, обусловленные биогеохимическими особенностями региона, могут привести к изменению состава молока и, следовательно, к его качеству и пищевой ценности. Показатели качества молока при гипокобальтозе и гипокупрозе представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели молока подопытных животных на фоне проведенной терапии ($M\pm m$; $n=10$)

Показатель	Норма ¹	Гипокобальтоз		Гипокупроз	
		До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Кислотность, °Т	16-18	20,4±0,09	17,4±0,06*	19,1±0,11	17,1±0,05*
Плотность,	27-32	23,3±0,08	26,6±0,09	25,1±0,07	27,3±0,04
Буферная емкость:					
- по кислоте	4,0	3,75±0,04	3,93±0,03	3,88±0,09	4,0±0,08
- по щелочи	1,5-2,5	1,45±0,11	1,75±0,10	1,5±0,03	1,83±0,12
Микробная обсемененность, тыс/см ³	не более 500	500±2,8	500±1,9	500±3,01	500±3,2
Содержание жира, %	3,7	3,51±0,13	3,67±0,07	3,6±0,16	3,7±0,05
Содержание белка, %	3,3	3,1±0,12	3,26±0,08	3,2±0,06	3,33±0,07
СОМО	8,5	7,9±0,19	8,76±0,03	8,1±0,13	8,39±0,10
Сычужно-броидильная проба	1	2	1	2	1

¹Н.В. Барабанчиков [1], ТР ТС 033/2013

При анализе таблицы 2 можно отметить, что фоновые физико-химические и санитарно-гигиенические свойства молока при микроэлементозах имели отклонения от нормативных данных.

Так, при гипокобальтозе кислотность свежесвыдоенного молока была на 13,3; а при гипокупрозе на 6,1 % соответственно выше по отношению к максимальной величине нормы, при одновременном снижении плотности на 27,7 и 21,3 % соответственно. При микроэлементозах молоко имело низкую плотность, буферную емкость по кислоте и щелочи.

Кроме отмеченных изменений, уровень жира в молоке при гипокобальтозе был на 5,2;

при гипокупрозе на 2,8 % ниже показателей нормы. В исследуемых образцах молока было выявлено снижение белка на 6,1 и 3,1 %, что сопровождалось снижением СОМО на 7,1 и 4,8 % соответственно. По сычужно-броидильной пробе молоко было второго класса.

На фоне проводимой терапии при гипокобальтозе кислотность молока снизилась на 14,8 % ($P<0,05$); при гипокупрозе на 11,5 % ($P<0,05$) при одновременном повышении плотности на 14,1 и 8,7 % относительно показателей, полученных до лечения. Снижение кислотности указывает на повышение бактериальных свойств молока.

На фоне лечения в молоке коров при гипокобальтозе и гипокупрозе произошло повышение содержания жира, белка, сухого остатка (СОМО), классности по сычужно-

бродильной пробе, что связано с нормализацией обменных процессов у животных. Данные по элементному составу молока коров представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание химических элементов в молоке подопытных животных (мг/л; M±m; n=10)

Показатель	Норма ¹	Гипокобальтоз		Гипокупроз	
		До лечения (фон)	После лечения	До лечения (фон)	После лечения
Железо	3,0	4,21±0,009	3,5±0,06*	4,01±0,16	3,23±0,07*
Медь	1,0	0,52±0,13	0,87±0,04***	0,57±0,11	0,92±0,04***
Кобальт	0,26	0,12±0,14	0,22±0,07***	0,18±0,06	0,23±0,09**
Никель	0,1	0,12±0,11	0,11±0,03	0,12±0,07	0,11±0,09*

¹Н.В. Барabanщиков [1], СанПиН 2.1.3684-21, ТР ТС 033/2013

Уровень железа при микроэлементозах (гипокобальтоз, гипокупроз) был на 40,3; то есть на 7,3 % выше нормативных данных. Фоновые показатели никеля при изучаемой патологии были выше нормы на 20,0; 10,0 % соответственно.

Кроме этого, содержание меди при гипокобальтозе было на 48,0; при гипокупрозе - на 43,0 % ниже нормы. При гипокобальтозе низким было содержание кобальта на 53,9 % относительно референсных значений, а при гипокупрозе - на 30,8 %.

Таким образом, фоновые показатели уровня железа и никеля в молоке коров при микроэлементозах в условиях биогеохимической провинции достаточно высоки. После лечения у больных гипокобальтозом коров уровень железа и никеля снизился на 16,9 % (P<0,05) и 8,4 % соответственно. Содержание меди увеличилось на 67,3 % (P<0,001); а уровень кобальта на - 83,4 % (P<0,001). Нормализация микроэлементного состава крови на фоне детоксикационной терапии сопровождалась нормализацией химического состава молока. При гипокупрозе имело место снижение железа и никеля на 19,5 и 8,4 % (P<0,05) соответственно относительно данных, полученных до лечения, при этом уровень кобальта увеличился на 27,7 % (P<0,01); а меди на - 61,4 % (P<0,001). Таким образом, есть основание предполагать, что на фоне детоксикации солей никеля и железа за счет применения минерального энтеросорбента при микроэлементозах определенным специфическим действием обладают соли кобальта - при гипокобальтозе и препарат «Купровет» - при гипокупрозе.

Следует отметить, что примененная терапия микроэлементозов способствовала повышению молочной продуктивности. По

результатам контрольного доения, молочная продуктивность коров при гипокобальтозе увеличилась 16,5 %, а при гипокупрозе на - 17,1 %.

Обобщая полученные материалы, необходимо отметить, что в условиях биогеохимических провинций, где объекты окружающей среды содержат низкий уровень эссенциальных микроэлементов, высокий – железа и никеля, имеют место микроэлементозы. Высокое содержание железа и никеля в рационе препятствует усвоению питательных веществ и микроэлементов из корма, при этом нарушается обмен веществ, морфо-биохимические показатели крови имеют отклонения от нормы, физико-химические показатели молока не соответствуют предъявляемым требованиям качества.

Комплексный подход в лечении микроэлементозов с включением в схему минерального сорбента, обладающего высокими сорбционными и ионообменными свойствами, в сочетании с препаратами, стимулирующими течение обменных процессов (Юберин, Бутофорсфан) и препаратами, обладающими определенными специфическим действиями (соли кобальта сульфата и «Купровет»), могут быть использованы в ветеринарной практике при лечении изучаемой патологии.

Выводы. 1. В условиях биогеохимической провинции микроэлементозы (гипокобальтоз, гипокупроз) наносят значительный экономический ущерб. Основной причиной развития данной патологии является низкий уровень кобальта и меди в объектах внешней среды и высокий уровень солей железа и никеля.

2. При лечении микроэлементозов (гипокобальтоз, гипокупроз) в условиях биогеохимической провинции целесообразно

в схему лечения включать природные минеральные энтеросорбенты, обладающие высокими сорбционными и ионообменными свойствами, а также препараты, стимулирующие течение обменных процессов («Юберин», «Бутофосфан»), а также соли дефицитных микроэлементов (кобальта сульфат, «Купровет»).

3. Разработанные способы лечения микроэлементозов позволяют улучшить физико-химические и ветеринарно-гигиенические показатели молока.

Список источников

1. Барабанщиков Н.В. Молочное дело Москва : Агропромиздат, 1990. 350 с.
2. Богомольцев А. В. Лечение крупного рогатого скота на откорме при гипокупрозе с использованием ветеринарного препарата "Купровет" // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2012. № 15-2. С. 397-404.
3. Гертман А.М., Рабинович М. И., Грибовский Г. П. Экологическая ситуация на Южном Урале и мероприятия по снижению и ее влияние на качество продуктов питания // Человек и лекарство : Тезисы докладов V Международного конгресса, Москва, 08–12 апреля 1998 года. Москва: Общероссийский общественный фонд "Здоровье человека", 1998. С. 453.
4. Кабыш А. А. Этиология и принципы лечения эндемических болезней в условиях Южного Урала // Современные проблемы ветеринарной терапии и диагностики болезней животных : материалы юбилейн. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Кабыша А. А. / Урал. гос. акад. ветеринар. медицины. Троицк, 2007. С. 44-45.
5. Коваленок Ю. К. Совершенствование мер борьбы с гипокобальтозом крупного рогатого скота // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2015. Т. 51, № 1-1. С. 56-59.
6. Незаразная патология в условиях биогеохимической провинции. Вопросы терапии / А. М. Гертман, Д. М. Максимович, О. В. Наумова [и др.] // Материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции, Троицк, 13–16 декабря 2022 года / Под ред. Н.С. Низамутдиновой. Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2022. С. 26-34.
7. Гертман А. М., Максимович Д. М. Роль экологических факторов в развитии незаразной патологии в условиях технологической провинции Южного Урала // Ученые записки Казанской Государственной Академии Ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. Казань : Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2008. С. 37-41.
8. Butt E. M., Trace Elements in Human and Animal Nutrition, American Journal of Clinical Pathology, Volume 30, Issue 4, 1 October 1958, P. 360.
9. Wallace Talley J, Trace Elements in Agriculture, Journal of Association of Official Analytical Chemists, Volume 53, Issue 6, 1 November 1970, P. 1307.
10. Doyle J. J., J. E. Spaulding, Toxic and Essential Trace Elements in Meat a Review, Journal of Animal Science, Volume 47, Issue 2, August 1978, P. 398–420..

APPROACHES FOR TREATING MICROELEMENTOSES OF DAIRY COWS AND VETERINARY AND SANITARY EVALUATION OF MILK IN THE CONDITIONS OF A BIOGEOCHEMICAL PROVINCE OF THE SOUTH URAL

©2023. Alexander M. Gertman^{1✉}, Dina M. Maksimovich²,

^{1,2}South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

¹t.knb@sursau.ru

Abstract. In dairy farming the main production indicators are milk production and its sale price. It is known that the profitability of a farm depends on the productivity of cows, which should be at the level of 6500-7000 kg of milk per head during lactation period. However, in certain territories of the Chelyabinsk region there is an abnormal content of macro- and micro-elements in environmental objects, respectively, in the feed ration, which contributes to the development of biogeochemical provinces, which in their origin can be natural and man-made. Emissions of a significant amount of toxic elements into the atmosphere contribute to their dispersion over considerable distances from the emission point. In the conditions of a biogeochemical province there is a lack of vital microelements and an excess of iron and nickel salts, which is accompanied by a wide distribution of microelementoses (hypocobaltosis, hypocuprose). In case of the identified pathology, the veterinary and sanitary evaluation of milk confirms non-compliance with a number of regulated quality indicators. The proposed methods for treating microelementoses make it possible to normalize the clinical status, replenish the body with deficient microelements, and normalize the quantitative and qualitative composition of milk. The treatment regimen for hypocobaltosis includes the introduction into the diet of a 0.3% solution of cobalt sulfate salt (1 ml/10 kg of weight) once a day and the prescription of the

drug "Yuberin" (15 ml) for 5 days with the 15-day interval. For hypocuprosis, the following drugs were used: "Kuprovet" (0.80 mg/kg once a day for 30 days with the 15-day break), "Buto-phosphan" (15 ml) for 5 days with the 15-day interval. A significant feature of the treatment of microelementoses of cows in the biogeochemical province is the mandatory inclusion of zeolite (0.1 g/kg of body weight) in the main diet for 15 days with the 15-day interval.

Key words: biogeochemical provinces, heavy metals, microelementoses, chelate compounds

References

1. Barabanshchikov N.V. Molochnoe delo (Dairy business), N.V. Barabanshchikov, 2-e izd., pererab. i dop. Moskva, Agropromizdat, 1990. 350 p.
2. Bogomol'tsev A. V. Lechenie krupnogo rogatogo skota na otkorme pri gipokuproze s ispol'zovaniem veterinarnogo preparata "Kuprovet" (Treatment of fattening cattle with hypocuprosis using the veterinary drug "Kuprovet"), A. V. Bogomol'tsev, Aktual'nye problem intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva, 2012, No 15-2, pp. 397-404.
3. Gertman, A. M. Ekologicheskaya situatsiya na Yuzhnom Urale I meropriyatiya po snizheniyu ee vliyaniye na kachestvo produktov pitaniya (Ecological situation in the South Ural and measures to reduce and its impact on the quality of food), A. M. Gertman, M. I. Rabinovich, G. P. Gribovskii, Chelovekilekarstvo : Tezisy dokladov V Mezhdunarodnogo kongressa, Moskva, 08–12 aprelya 1998 goda. Moskva: Obshcherossiiskii obshchestvennyi fond "Zdorov'e cheloveka", 1998, 453 p.
4. Kabysheva A. A. Etiologiya i printsipy lecheniya endemicheskikh boleznei v usloviyakh Yuzhnogo Urala, Sovremennyye problem veterinarnoi terapii i diagnostiki boleznei zhivotnykh, materialy yubilein (Etiology and principles of treatment of endemic diseases in the South Ural), Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. veterinar. terapevtovidiagnostov, posvyashch. 90-letiyu Kabysheva A. A., Ural. gos. akad. vete-rinar. meditsiny. Troitsk, 2007, pp. 44-45.
5. Kovalenok Yu. K. Sovershenstvovaniemerbor'by s gipoko-bal'tozomkrupnogorogatogoskota (Improving measures to combat cattle hypocobaltosis), Yu. K. Kovalenok, Uchenyye za-piskiuchrezhdeniyaobrazovaniyaVitebskayaordena Znak pochetagosu-darstvennayaakademiyaveterinaroimeditsiny, 2015, T. 51, No 1-1, pp. 56-59.
6. Nezaraznayapatologiya v usloviyakhbiogeokhimeskoiprovin-tsii. Voprosyterapii (Non-contagious pathology in the conditions of a biogeochemical province. Therapy questions), A. M. Gertman, D. M. Maksimovich, O. V. Naumova [idr.] ,, Aktual'nyevoprosyveterinarykhisel'skokho-zyaistvennykhnauch. teoriyaipraktika , MaterialyNatsional'noi (Vserossiiskoi) nauchnoikonferentsiiInstitutaveterinarnoi me-ditsiny, Troitsk, Pod red. N.S. Nizamutdinovoi, Chelyabinsk, Yuzhno-Ural'skiigosudarstvennyiagrammyiuniversitet, 2022, pp. 26-34.
7. Rol'ekologicheskikhfaktorov v razvitiinezaraznoipatolo-gii v usloviyakhkhtekhnologicheskoiiprovinciiYuzhnogoUrala (The role of environmental factors in the development of non-contagious pathology in the conditions of a technological province of the South Ural), A. M. Gertman, A. M. Gertman, D. M. Maksimovich [i dr.] ,, Uchenyeyapis-ki KazanskoiGosudarstvennoiAkademiiVeterinaroimeditsinyim. N.E. Bauman. Bauman. Kazan', Kazanskayagosudarstvennayaakademiyave-terinaroimeditsinyim. N.E. Bauman, 2008, pp. 37-41.
8. Butt E. M., Trace Elements in Human and Animal Nutrition (Trace Elements in Human and Animal Nutrition), American Journal of Clinical Pathology, Volume 30, Issue 4, 1 October 1958, 360 p.
9. Wallace Talley J, Trace Elements in Agriculture (Trace Elements in Agriculture), Journal of Association of Official Analytical Chemists, Volume 53, Issue 6, 1 November 1970, 1307 p.
10. Doyle J. J., J. E. Spaulding, Toxic and Essential Trace Elements in Meat a Review (Toxic and Essential Trace Elements in Meat a Review), Journal of Animal Science, Volume 47, Issue 2, August 1978, pp. 398–420.

Сведения об авторах

А.М. Гертман^{1✉} – д-р вет. наук, профессор;

Д.М. Максимович² – канд. вет. наук, доцент.

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный аграрный университет", 457100 г. Троицк Челябинская обл., ул. Гагарина, 13

¹t.knb@sursau.ru

²maximovichdina@mail.ru

Information about the authors

A.M. Gertman^{1✉} – Dr. Vet. Sci., Professor;

D.M. Maksimovich² – Cand. Vet. Sci., Associate Professor.

^{1,2}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Ural State Agrarian University», 13, Gagarina St., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russia

¹t.knb@sursau.ru

²maximovichdina@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 20.08.2023; одобрена после рецензирования 21.09.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 20.08.2023; approved after reviewing 21.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья

УДК 619:001.891.53:677.472.8:636.028

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_107

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ДОБАВКИ КОРМОВОЙ «БИОАКСЕЛЬ» НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

©2023. Сергей Витальевич Малков^{1✉}, Ольга Юрьевна Опарина²,
Александр Сергеевич Красноперов³, Антон Евгеньевич Черницкий⁴

^{1,2,3,4}Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

³marafon.86@list.ru

Аннотация. При определении острой и хронической токсичности добавки кормовой, созданной на основе натуральных компонентов сои, не наблюдали симптомокомплекса отравления у лабораторных животных. У крыс отсутствовали изменения в потреблении корма и воды, цвете видимых слизистых оболочек, реакции на звуковые и болевые раздражители. Температура тела, частота пульса и количество дыхательных движений оставались в пределах референтных величин. Гибель животных в период эксперимента отсутствовала. На протяжении трех месяцев наблюдений зафиксировали несущественные вариации гематологических показателей крови как в контрольной, так и в опытных группах грызунов. К 45-му дню у животных 1-й и 2-й опытных групп отмечали некоторое повышение уровня абсолютных значений гемоглобина и гематокрита, которые оставались в пределах стандартного интервала. В конце эксперимента регистрировали незначительное увеличение процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов в крови грызунов 2-й и 3-й опытных групп до значений $39,33 \pm 10,69\%$ и $30,67 \pm 7,63\%$ соответственно, что несколько превышало референтные границы. Кроме того, выявили нарастание уровня эритроцитов в крови животных 2-й ($10,28 \pm 0,18 * 10^{12}/л$) и 3-й опытных групп ($10,11 \pm 0,07 * 10^{12}/л$), разница с интактными особями составила 13,8% и 12,0% соответственно, что свидетельствовало об улучшении оксигенации крови и организма в целом.

Ключевые слова: добавка кормовая, соя, острая токсичность, хроническая токсичность, гематологические исследования, лабораторные крысы

Введение. Актуальной проблемой современного животноводства является недостаточное количество белка в рационах, которое производители кормов пытаются восполнить зерном злаковых культур с достаточно низким содержанием протеина и незаменимых аминокислот. Поэтому, для удовлетворения потребностей животных в высококачественном протеине при составлении рационов часто используют сою и продукты ее переработки. Кроме легко усваиваемого белка в продуктах переработки сои содержатся витамины, микроэлементы (железо, цинк, фосфор, марганец и калий) и ненасыщенные жирные кислоты [1-3].

Продукты переработки сои считаются ценными кормовыми добавками, позволяющими достигать высоких результатов: повышать суточные приросты живой массы птицы и животных; увеличивать надой и качество молока; нормализовать

обмен веществ; снижать затраты на корма и себестоимость получаемой продукции [4-7].

В связи с этим, вновь создаваемые кормовые добавки, содержащие продукты переработки сои, представляют научно-практический интерес. Однако их внедрение в систему кормопроизводства возможно только после всестороннего изучения специфической эффективности и биобезопасности в экспериментальных исследованиях [8-10].

Цель исследования – изучить токсичность добавки кормовой «БиоАксель» на лабораторных животных.

Методика. Исследования проводили в период 2022-2023 гг. на базе отдела экологии и незаразной патологии животных Уральского научно-исследовательского ветеринарного института – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН – в рамках государственного задания в соответствии с Программой ФНИ государственных академий

наук по направлению 4.2.1.5 «Разработка технологий прижизненного управления качеством животноводческого сырья для получения высококачественных и безопасных продуктов питания».

Для проведения испытаний использовали кормовую добавку «БиоАксель», предоставленную АО «Партнер-М».

Добавка кормовая «БиоАксель» содержит продукты переработки сои: белки (до 15% в расчете на сухую массу), минеральные вещества (до 15% в расчете на сухую массу), моносахариды (глюкоза, фруктоза – до 5% в расчете на сухую массу), дисахариды (сахароза – до 25% в расчете на сухую массу), олигосахариды и полисахариды (до 35% в расчете на сухую массу). Общее содержание углеводов – не менее 60% в расчете на сухой вес. По внешнему виду представляет собой вязкий сиропобразный продукт коричневого цвета с содержанием сухих веществ не менее 50% со специфическим запахом яблочно-сливовой пастилы, растворимый в воде.

Для определения острой токсичности использовали добавку кормовую «БиоАксель» в количестве 2000 мг/кг и 5000 мг/кг массы тела. Исследования проводили по ГОСТ 32644-2014 на клинически здоровых самках нелинейных лабораторных крыс (n=6), половозрелых, небеременных и ранее нерожавших. Возраст грызунов на начало эксперимента – 8 недель, живая масса 170-180 г. Суспензию добавки кормовой задавали внутрижелудочно однократно при помощи зонда с ежедневным наблюдением за опытными животными в течение 14 суток. Контрольные взвешивания осуществляли на 7 и 14 дни эксперимента.

Доклинические исследования по определению хронической токсичности выполняли на аналогично подобранных животных (n=40). Ежедневно грызунам опытных групп включали в рацион добавку кормовую в количестве: 1-й – 1/5, 2-й – 1/7,5 и 3-й – 1/10 от максимально переносимой дозы, полученной по результатам определения острой токсичности. Животные контрольной группы получали только основной рацион. Период наблюдений – 90 дней.

Экспериментальных животных содержали в одинаковых условиях с контролируемым микроклиматом согласно нормативным санитарно-гигиеническим

требованиям, со свободным доступом к кормам и воде. В течение 14 дней до начала исследования все грызуны были подвергнуты профилактическому карантинированию с ежедневным двукратным индивидуальным осмотром. Оценивали клиническое состояние, поведенческие и пищевые реакции, заболеваемость и сохранность. Животные, отвечающие критериям дизайна опыта, были распределены по группам, маркированы, взвешены на весах CAS SW-10 (Южная Корея). Кормление лабораторных крыс осуществляли полнорационным гранулированным комбикормом для лабораторных животных (ГОСТ 34566-2019), изготовленным на Богдановичском комбикормовом заводе. Животных поили из стандартных автоклавированных поилок водопроводной водой, соответствующей ГОСТ Р 51232-98.

Перед началом исследований, в середине и в конце эксперимента отбирали пробы крови для изучения динамики морфологических показателей на автоматическом ветеринарном гематологическом анализаторе Abacus Junior Vet фирмы «Diatron» (Австрия) с использованием стандартных реактивов фирмы «Diatron» (Австрия); лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимза. Учет результатов проводили визуально на микроскопе Olympus BX 43 (Olympus, Япония). Статистический анализ данных обработан математически с помощью программы IBM SPSS Statistics.

Исходя из полученных данных гемограммы крови, рассчитывали интегральные лейкоцитарные индексы как более чувствительные маркеры возможной интоксикации и воспалительного процесса в организме: лейкоцитарный индекс (ЛИ); лейкоцитарный индекс интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИр); общий индекс эндогенной интоксикации (ОИИ); гематологический показатель интоксикации (ГПИ); ядерный индекс по Г.Д. Даштаянцу (ЯИ); индекс Кребса (ИК); индекс соотношения лейкоцитов и СОЭ (ИЛСОЭ); лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ЛГИ) [11-12].

Результаты. В период изучения острой токсичности добавки кормовой было установлено отсутствие отрицательного действия на организм лабораторных крыс. Не отмечали изменений в физиологическом

состоянии и поведенческих реакциях. На протяжении всего срока наблюдений грызуны были активны, видимые слизистые оболочки оставались бледно-розовыми, шерстный покров мягкий с характерным блеском, периодичность актов дефекации и консистенция фекалий не нарушались, гибель испытуемых отсутствовала.

Динамика прироста живой массы лабораторных животных в группе с индивидуальной однократной дозой 2000 мг/кг имела тенденцию увеличения на 7-е и 14-е сутки на 3,0% и 7,0% соответственно по отношению к фоновым значениям. Аналогичные изменения зарегистрировали у грызунов в группе, получивших одномоментно по 5000 мг/кг – 3,0% и 5,8% соответственно. После аутопсии экспериментальных животных, независимо от

дозы введения добавки кормовой, не было зарегистрировано патологических изменений в цвете, консистенции и размере внутренних органов.

При проведении исследований по определению хронической токсичности не выявили существенных изменений в физиологическом состоянии и поведенческих реакциях опытных и контрольных животных, независимо от дозы введения грызунам добавки кормовой.

В течение эксперимента отмечали некоторые вариации гематологических показателей крови лабораторных крыс, которые не отличались от значений физиологически здоровых животных и находились в пределах референтных границ (табл. 1).

Таблица 1

Гематологические показатели белых крыс при изучении хронической токсичности добавки кормовой «БиоАксель»

Показатели (норма)	Фон	Контрольная		1 опытная		2 опытная		3 опытная		
		Ч/з 45 дней	Ч/з 90 дней	Ч/з 45 дней	Ч/з 90 дней	Ч/з 45 дней	Ч/з 90 дней	Ч/з 45 дней	Ч/з 90 дней	
Кол-во гемоглобина, г/л (140-180)	154,50 ±6,82	155,67± 9,29	155,33± 7,23	165,33± 9,45	148,33±1 2,90	163,67± 3,06	158,00± 3,61	153,67± 4,04	156,00± 2,83	
Кол-во эритроцитов, 10 ¹² /л (5,3-10,0)	9,47± 0,42	9,01± 0,37	9,03± 0,35	9,45± 0,38	8,87± 0,34	10,04± 0,53	10,28± 0,18	9,67± 0,40	10,11± 0,07	
Гематокрит, % (35-52)	52,72 ± 2,75	51,70± 4,70	51,33± 2,29	53,91± 2,09	50,26± 3,04	52,38± 1,88	52,76± 0,58	50,60± 1,17	51,93± 1,10	
Кол-во лейкоцитов 10 ⁹ /л (2,1-19,5)	12,04 ± 4,39	8,02± 1,32	7,35± 1,68	7,99± 1,27	8,84± 1,34	7,04± 0,94	11,06± 0,61	7,34± 0,63	9,94± 1,67	
Кол-во лимфоцитов 10 ⁹ /л (2,0-14,1)	6,91± 1,97	6,17± 0,88	5,29± 1,26	5,83± 1,46	5,82± 1,61	3,49± 0,41	4,97± 1,62	3,71± 0,46	9,94± 1,67	
СОЭ, (1,0-2,0)	1,06± 1,97	0,67± 0,29	0,83± 0,29	0,77± 0,25	0,83± 0,58	1,00± 0,00	1,00± 0,50	0,83± 0,29	0,90± 0,36	
Лейкоцитарная формула, %	Юные, % (0-1)	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Палочк., % (1-4)	2,00± 0,41	3,00± 1,00	0,67± 0,58	1,67± 0,58	1,33± 0,58	2,00± 0,39	2,33± 3,21	2,33± 0,58	1,33± 0,58
	Сегмент., % (20-35)	27,12 ± 8,41	17,67± 0,58	20,00± 5,29	23,00± 4,58	26,00± 2,65	31,33± 11,01	39,33± 10,69	30,67± 7,63	36,67± 12,9
	Лимфоциты, % (55-75)	64,00 ± 9,69	74,00± 2,65	72,00± 3,00	71,33± 2,89	65,34± 4,16	59,01± 11,01	51,33± 8,08	59,33± 6,43	53,00± 17,69
	Моноциты, % (1-5)	2,50± 1,40	2,67± 1,15	2,00± 1,00	2,33± 1,08	2,33± 1,08	2,00± 0,00	1,67± 0,53	2,00± 0,00	2,00± 0,00
	Базофилы, % (0-1)	0,13± 0,05	0,66± 0,58	0	0	0	0,33± 0,08	0,67± 0,13	0	0,33± 0,08
	Эозинофилы, % (1-5)	4,25± 2,82	2,00± 1,73	5,33± 2,52	1,67± 1,53	5,00± 1,00	5,33± 1,15	4,67± 1,08	5,67± 0,30	5,67± 0,51

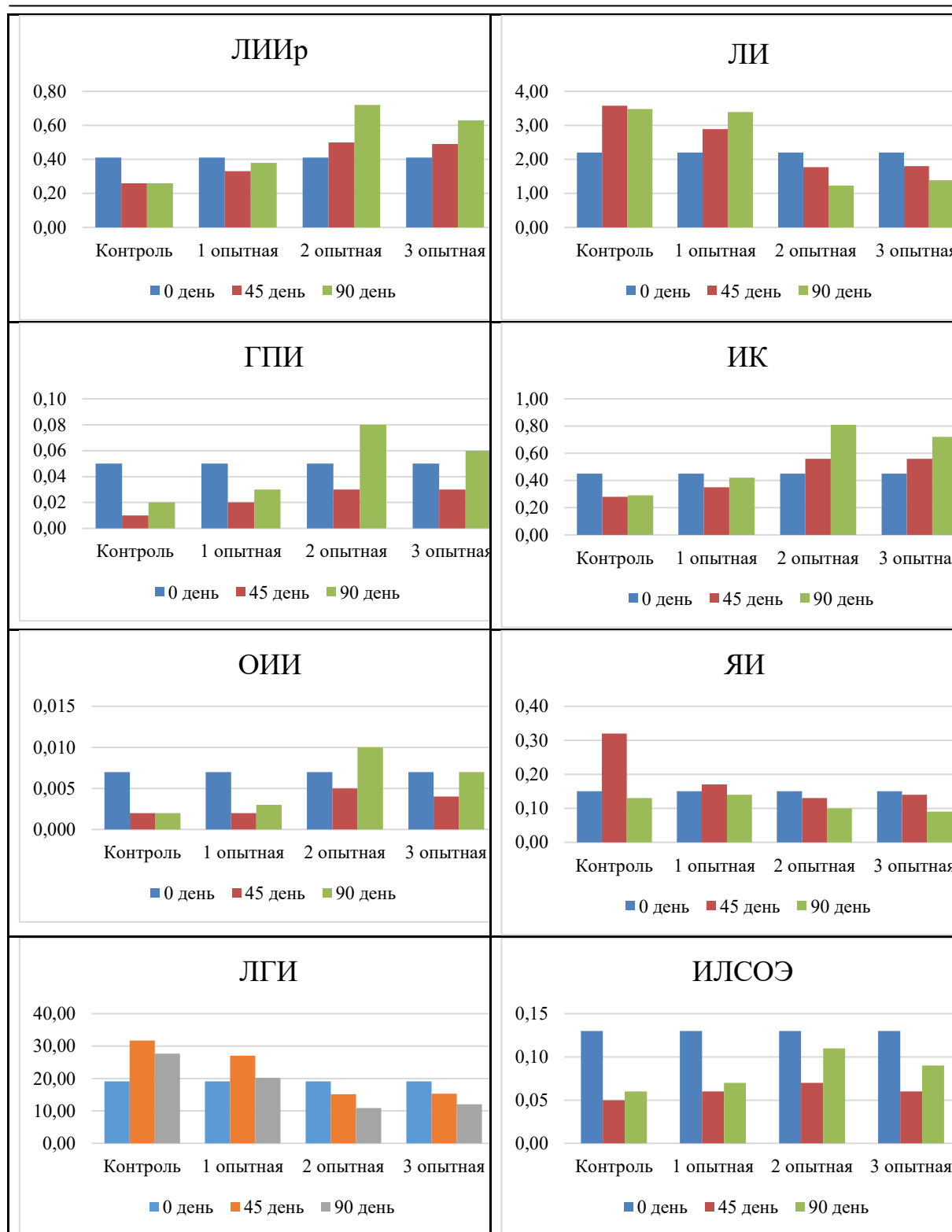


Рис. Интегральные лейкоцитарные индексы воспаления
 Fig. Integral leukocyte indices of inflammation

Количество гемоглобина и гематокрита у животных 1-й и 2-й опытных групп несколько возросло к 45 дню наблюдений, но их значения не превышали статистической ошибки, оставаясь в пределах стандартного

интервала. Кроме того, к концу опытного периода регистрировали незначительное увеличение процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов в крови грызунов 2-й и 3-й опытных групп до значений

39,33±10,69% и 36,67±7,63% соответственно. К 90-му дню эксперимента наблюдали нарастание уровня эритроцитов в крови животных 2-й (10,28±0,18 * 10¹²/л) и 3-й опытных групп (10,11±0,07 * 10¹²/л), разница с интактными особями составила 13,8% и 12,0% соответственно, что может свидетельствовать об улучшении оксигенации крови и организма в целом.

При определении хронической токсичности не выявили существенных этологических и физиологических изменений в организме, независимо от количества и длительности потребления грызунами добавки кормовой.

По результатам анализа вариаций значений пулов лейкоцитов и лимфоцитов в крови экспериментальных и контрольных крыс не зарегистрировали статистически значимых отличий, что свидетельствовало об отсутствии в организме особей опытных групп интоксикации и воспалительных реакций.

Отсутствие токсичности испытуемой добавки кормовой «БиоАксель» подтверждали определением интегральных лейкоцитарных

индексов (рис.). Анализируя полученные значения индексов интоксикации и эндотоксикоза (ЛИИр, ЛИ, ГПИ, ИК, ОИИ, ЯИ), индексов активности воспалительных процессов (ЛПИ, ИЛСОЭ), зарегистрировали их незначительные вариации у крыс опытных групп, которые не могут свидетельствовать о наличии интоксикационных и воспалительных процессов в организме.

Выводы. По результатам изучения физиологического состояния лабораторных животных и их реакции на внешние раздражители, показателей гемограммы, расчета интегральных лейкоцитарных индексов установлено, что добавка кормовая не вызвала негативных изменений общего состояния и поведенческих реакций опытных крыс по сравнению с интактными особями.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что добавка кормовая «БиоАксель» не обладает токсическими свойствами, относится к IV классу опасности «вещества малоопасные» по ГОСТ 12.1.007-76.

Список источников

1. Лёвкина О.В. Оценка конкурентоспособности соевого шрота при использовании его в рационах различных видов сельскохозяйственных животных и птицы // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 28-33.
2. Рыжкова Г.Ф., Ярован Н.И., Милюкова М.В. Влияние соевой муки в рационах коров в период лактации на химический состав молока и молочную продуктивность // Ветеринария и кормление. 2022. № 1. С. 48-51.
3. Влияние соевого белка в рационе свиней на качество свинины и изделий из нее / Р.Б. Темираев, Э.С. Хамицаев, Н.Г. Тер-Терьян, З.М. Мамакаев // Мясная индустрия. 2009. № 11. С. 46-48.
4. Балакина Н.В. Влияние соевого и рапсового шротов на молочную продуктивность коров айрширской породы в условиях ООО «Калужская нива» ЖК «Новое Романово» Медынского района Калужской области // Аллея науки. 2021. Т. 1. № 8 (59). С. 42-49.
5. Григорьева А.И., Суязова И.В. Эффективность использования соевого шрота в составе комбикормов для молодняка свиней // Вестник Студенческого научного общества. 2019. Т. 10. № 1. С. 126-128.
6. Гущева-Митропольская А.Б. Сульфатная форма лизина в комбикормах для кур-несушек, содержащих разные уровни соевого шрота // Птицеводство. 2019. № 2. С. 20-24.
7. Тукфатулин Г.С., Годжиев Р.С. Рост, развитие и мясная продуктивность бычков швицкой породы при откорме на экструдированной сое // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60-1. С. 28-33.
8. Фармако-токсикологические исследования кормовой добавки Лакто-Драйв на лабораторных животных / Н.А. Верещак, Н.М. Стариков, И.Ю. Вершинина, О.Ю. Опарина // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 2. С. 117-119.
9. Миронов А.Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств: часть первая. М.: Гриф и К, 2012. 944 с.
10. Определение острой и хронической токсичности препарата «Колихинол» для ветеринарного применения / И.А. Шкуратова, Н.А. Верещак, А.И. Белоусов, О.В. Соколова, Н.М. Стариков // Материалы IV Съезда ветеринарных фармакологов и токсикологов России «Актуальные вопросы ветеринарной фармакологии, токсикологии и фармации», 2013. С. 646-649.
11. Ломако В.В. Влияние разных режимов охлаждения (краниocereбральной и иммерсионной гипотермии, поверхностных ритмических и экстремальных холодовых воздействий) на лейкоцитарные показатели крови крыс // Проблемы криобиологии и криомедицины. 2018. № 28 (4). С. 293-310.
12. Островский В.К., Машенко А.В., Янголенко Д.В. Показатели крови и лейкоцитарного индекса интоксикации в оценке тяжести и определении прогноза при воспалительных, гнойных и гнойно-деструктивных заболеваниях // Клиническая лабораторная диагностика. 2006. № 6. С. 128-132.

THE STUDY OF TOXICITY OF THE FEED ADDITIVE "BIOAXEL"
ON LABORATORY ANIMALS

©2023. Sergey V. Malkov¹, Olga Yu. Oparina², Alexander S. Krasnoperov³✉,
Anton E. Chernitsky⁴

^{1,2,3,4} Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

³marafon.86@list.ru

Abstract. When determining the acute and chronic toxicity of a feed additive created on the basis of natural soy components, no symptoms of poisoning were observed in laboratory animals. There were no changes in food and water intake, color of visible mucous membranes, reactions to sound and pain stimuli in rats. Body temperature, pulse rate and number of respiratory movements remained within the reference values. No animal died during the experiment. Insignificant variations in hematological blood parameters were recorded both in the control and experimental groups of rodents during three months of observation. By day 45, in animals of the 1st and 2nd experimental groups, a slight increase in the level of absolute values of hemoglobin and hematocrit was noted, which remained within the standard range. At the end of the experiment, a slight increase in the percentage of segmented neutrophils in the blood of rodents of the 2nd and 3rd experimental groups was recorded up to $39.33 \pm 10.69\%$ and $30.67 \pm 7.63\%$, respectively, which slightly exceeded the reference limits. In addition, an increase in the level of erythrocytes in the blood of animals of the 2nd ($10.28 \pm 0.18 \cdot 10^{12}/l$) and 3rd experimental groups ($10.11 \pm 0.07 \cdot 10^{12}/l$) was revealed, the difference with intact animals was 13.8% and 12.0%, respectively, which indicated an improvement in oxygenation of the blood and the body as a whole.

Key words: feed additive, soybean, acute toxicity, chronic toxicity, hematological studies, laboratory rats

References

1. Ljovkina O.V. Ocenka konkurentosposobnosti soevogo shrota pri ispol'zovanii ego v racionah razlichnyh vidov sel'skohozhajstvennyh zhivotnyh i pticy (Assessment of the competitiveness of soybean meal when used in the diets of various types of farm animals and poultry), Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozhajstvennoj akademii, 2019, No. 1, pp. 28-33.
2. Ryzhkova G.F., Jarovan N.I., Miljukova M.V. Vlijanie soevoj muki v racionah korov v period laktacii na himicheskij sostav moloka i molochuju produktivnost' (The effect of soy flour in the diets of lactating cows on the chemical composition of milk and milk productivity), Veterinarija i kormlenie, 2022, No. 1, pp. 48-51.
3. Vlijanie soevogo belka v racione svinej na kachestvo svininy i izdelij iz nee (The effect of soy protein in the diet of pigs on the quality of pork and products from it), R.B. Temiraev, Je.S. Hamicaev, N.G. Ter-Ter'jan, Z.M. Mamukaev, Mjasnaja industrija, 2009, No. 11, pp. 46-48.
4. Balakina N.V. Vlijanie soevogo i rapsovogo shrotov na molochuju produktivnost' korov ajrshirskoj porody v uslovijah OOO «Kaluzhskaja niva» ZhK «Novoe Romanovo» Medynskogo rajona Kaluzhskoj oblasti (The effect of soybean and rapeseed meal on the milk productivity of Ayrshire cows in the conditions of LLC "Kaluzhskaya Niva" Residential Complex "Novoe Romanovo" of the Medynsky district of the Kaluga region), Alleja nauki, 2021, T. 1, No. 8 (59), pp. 42-49.
5. Grigor'eva A.I., Sujazova I.V. Jefferektivnost' ispol'zovanija soevogo shrota v sostave kombikormov dlja molodnjaka svinej (Efficiency of using soybean meal as a part of compound feed for young pigs), Vestnik Studencheskogo nauchnogo obshhestva, 2019, T. 10, No. 1, pp. 126-128.
6. Gushheva-Mitropol'skaja A.B. Sul'fatnaja forma lizina v kombikormah dlja kur-nesushek, sodержashih raznye urovni soevogo shrota (Sulfate form of lysine in compound feed for laying hens containing different levels of soybean meal), Pticevodstvo, 2019, No. 2, pp. 20-24.
7. Tukfatulin G.S., Godzhiev R.S. Rost, razvitiye i mjasnaja produktivnost' bychkov shvickoj porody pri otkorme na jekstrudirovannoj soe (Growth, development and meat productivity of bulls of the Swiss breed when fattening on extruded soy), Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2023, T. 60-1, pp. 28-33.
8. Farmako-toksikologicheskie issledovanija kormovoj dobavki Lakto-Drajv na laboratornyh zhivotnyh (Pharmaco-toxicological studies of the feed additive Lacto-Drive on laboratory animals), N.A. Vereshhak, N.M. Starikov, I.Ju. Ver-shinina, O.Ju. Oparina, Voprosy normativno-pravovogo regulirovanija v vete-rinarij, 2015, No. 2, pp. 117-119.
9. Mironov A.N. Rukovodstvo po provedeniju doklinicheskikh issledovanij lekarstvennyh sredstv: chast' pervaja (Manual on conducting preclinical studies of drugs), M.: Grif i K, 2012, 944 c.
10. Opredelenie ostroj i hronicheskoy toksichnosti preparata «Kolihinol» dlja veterinarnogo primenenija (Determination of acute and chronic toxicity of the drug "Coliquinol" for veterinary use), I.A. Shkuratova, N.A. Vereshhak, A.I. Belousov, O.V. Sokolova, N.M. Starikov, Materialy IV S#ezda veterinarnykh farmakologov i toksikologov Rossii «Aktual'nye voprosy veterinarnoj far-makologii, toksikologii i farmacii», 2013, pp. 646-649.
11. Lomako V.V. Vlijanie raznyh rezhimov ohlazhdenija (kraniocerebral'noj i immersiojnoj gipotermii, poverhnostnyh ritmicheskikh i jekstremal'nyh holodovykh vozdeystvij) na lejkocitarnye pokazateli krovi krysa (Influence of different modes of cooling (cranio-cerebral and immersion hypothermia, superficial rhythmic and extreme cold exposures) on leukocyte blood indexes in rats), Problemy kriobiologii i kriomeditsiny, 2018, No. 28 (4), pp. 293-310.

12. Ostrovskij V.K., Mashhenko A.V., Jangolenko D.V. Pokazateli krovi i lejkocitarnogo indeksa intoksikacii v ocenke tjazhesti i opredelenii prognoza pri vospalitel'nyh, gnojnyh i gnojno-destruktivnyh zabolovanijah (Indicators of blood and leukocyte index of intoxication in assessing the severity and determining the prognosis in inflammatory, purulent and purulent-destructive diseases), Klinicheskaja laboratornaja diagnostika, 2006, No. 6, pp. 128-132.

Сведения об авторах

С.В. Малков¹ – канд. ветеринар. наук, старший научный сотрудник;

О.Ю. Опарина² – канд. ветеринар. наук, старший научный сотрудник;

А.С. Красноперов³ – канд. ветеринар. наук, старший научный сотрудник;

А.Е. Черницкий⁴ – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник.

^{1,2,3,4}Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской Академии Наук, Екатеринбург, Россия

³marafon.86@list.ru

Information about the authors

S.V. Malkov¹ – Cand. Vet. Sci., Senior Researcher;

O.Yu. Oparina² – Cand. Vet. Sci., Senior Researcher;

A.S. Krasnoperov³ – Cand. Vet. Sci., Senior Researcher;

A.E. Chernitsky⁴ – Dr. Biol. Sci., Leading Researcher.

^{1,2,3,4}Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

³marafon.86@list.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 07.07.2023; одобрена после рецензирования 07.08.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 07.07.2023; approved after reviewing 07.08.2023; accepted for publication 10.11.2023

ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИ ЛИМФОИДНОЙ НОЗОЛОГИИ КОЖИ И ТОНКОГО ОТДЕЛА КИШЕЧНИКА

Дмитрий Алексеевич Негодных¹, Оксана Валерьевна Новикова², Наталья Александровна Татарникова³, Михаил Павлович Понятов⁴

^{1,2,3,4}Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия;

²Пермский институт ФСИН России

¹nda0383n@yandex.ru

Аннотация. Золотым стандартом для оценки фенотипа клеток лимфомы у собак и кошек является иммуногистохимия, применяемая к биопсийным тканям. Иммуногистохимия (ИГХ) – это метод патологоанатомического исследования, основанный на иммунных реакциях антиген-антитело, позволяющий выявить и локализовать тот или иной антиген (чаще всего, протеин или гликопротеин) в тканевых срезах. Наибольшее значение ИГХ имеет в диагностике опухолей, так как позволяет уточнить гистогенез (нозологическую форму) новообразования, охарактеризовать прогностические и предсказательные факторы, определить присутствие молекул, являющихся мишенями для ряда лекарственных препаратов, то есть является основой таргетной терапии. Существенную роль ИГХ-метод играет в диагностике специфических опухолевых процессов различного гистогенеза, особенно сложных в плане диагностики с использованием обычной световой микроскопии. Для диагностики лимфопролиферативных заболеваний существует широкий спектр антител, специфичных для определенной группы заболеваний (Т – клеточные и В – клеточные лимфомы), используя которые можно с большой точностью типировать клеточные элементы опухолевой ткани с дальнейшей разработкой тактики безрецидивного лечения. Однако не все имеющиеся в арсенале гуманной медицины ИГХ маркеры лимфопролиферативных заболеваний свалидированы в ветеринарии. На сегодняшний день для определения иммунофенотипирования лимфом у кошек и собак используются следующие маркеры: для Т-лимфоцитов – CD3, В-лимфоцитов – PAX-5, для определения пролиферативной активности используется маркер Ki 67. Научная новизна заключается в том, что проведено комплексное исследование по определению значимости ИГХ метода для диагностики лимфоидных опухолей кожи и тонкого отдела кишечника в плане их дифференциации.

Ключевые слова: лимфопролиферативные заболевания, иммуногистохимия, онкология, лимфома, мелкие домашние животные

Введение. Лимфоидные нозологии или лимфопролиферативные заболевания (ЛПЗ) – это термин, характеризующий группу патологических состояний, происходящих из лимфоидных клеток. В результате малигнизации лимфоцитов происходит блок дифференцировки на определенной стадии их развития [1, 2].

Среди многообразия лимфопролиферативных заболеваний лимфома является самой распространенной патологией этой группы, данный диагноз ветеринарные специалисты собакам ставят чаще, чем кошкам [2].

Частота встречаемости кожных лимфом составляет 6% от всех лимфом у собак и до 2% – у кошек. Алиментарная лимфома является самой распространенной неоплазией среди опухолей тонкого отдела кишечника у мелких домашних животных [3, 4].

Иммуногистохимия (ИГХ) становится все более важным молекулярным методом для улучшения диагностики ЛПЗ, особенно для дифференциации алиментарной лимфомы и воспалительных заболеваний кишечника. При ИГХ применяют специфические моноклональные антитела, которые распознают антигенные детерминанты

(эпитопы), что позволяет микроскопически выявлять биомаркеры дифференцировки и пролиферации [5, 6].

Плохо дифференцированные круглоклеточные опухоли очень трудно идентифицировать с помощью обычного гистологического исследования, и для получения окончательного диагноза часто требуется фенотипическая маркировка с помощью ИГХ исследования [7].

Таким образом, гистогенез лимфопролиферативных заболеваний сложно установить при стандартном гистологическом исследовании ввиду того, что клеточный состав данных патологий мономорфен, необходимо дополнительное ИГХ исследование для иммунофенотипирования неоплазии.

Цель исследования: определить иммуногистохимические маркеры, используемые для иммунофенотипирования ЛПЗ в ветеринарии при лимфоме кожи и тонкого отдела кишечника.

Методика. Исследование проводилось на базе кафедры инфекционных болезней факультета ветеринарной медицины и зоотехнологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ имени академика Д.Н. Прянишникова, г. Пермь, а также в ветеринарной клинике «Друг», г. Пермь. Биоптаты кожи (15 животных) были получены при помощи панч-биопсии, тонкого отдела кишечника – эксцизионной биопсии. Полученный патологический материал фиксировали в 10% растворе формалина и направляли в лабораторию с целью приготовления микропрепаратов для гистологического исследования. Для иммунофенотипирования лимфомы кожи и тонкого отдела кишечника было проведено ИГХ исследование с использованием маркеров CD3, PAX-5 и Ki 76. Полученные гистологические препараты исследовались на световом микроскопе «Axioscop 40» (Германия), «Meiji» (Япония) при увеличениях объектива $\times 5$, $\times 10$, $\times 40$. Все полученные данные, включая микрофотографии, сохранялись на USB-флешнакопителе и анализировались с использованием системы визуального анализа изображения с видеокамерой «Infinity 1» (Infinity Capture и Infinity Analyse) и при помощи камеры «Vision» (Канада).

Результаты. Иммунофенотип лимфоидных клеток в ветеринарии определяют с помощью специфических моноклональных

и/или поликлональных антител. В частности, мембранный CD3 используется в качестве Т-клеточного маркера, тогда как ядерный PAX-5 используется в качестве В – клеточных маркеров. В – или Т – клеточный фенотип, а также степень созревания опухолевых лимфоидных клеток оказались полезными для классификации и прогнозирования лимфом [8].

CD3 (Cluster of Differentiation 3) представляет собой белок, состоящий из множества подъединиц, включая гамма, дельта, эпсилон и зета, которые объединены в комплекс и играют важную роль в функционировании Т-лимфоцитов. Этот комплекс участвует в передаче сигналов в клетке и восприятии антигенов. Когда Т-клетка распознает антиген на поверхности другой клетки или патогена, CD3 помогает запускать цепочку реакций, приводящих к иммунному ответу. Иммуногистохимическое окрашивание на антителах к CD3 позволяет идентифицировать клетки, выражающие этот белок, в тканевых образцах. Это широко используется в патологии для определения Т-клеточного фенотипа лимфопролиферативных заболеваний [9].

PAX-5 входит в семейство генов парного коробчатого домена, который кодирует ядерные транскрипционные факторы, важные для развития, дифференцировки, миграции и пролиферации клеток. Белок PAX-5 экспрессируется в качестве ядерного маркера в клетках В-линии, охватывающей спектр дифференцировки, и экспрессируется в пре- и зрелых В-клетках, но не в плазматических клетках. PAX-5 является наиболее чувствительным и надежным иммуногистохимическим маркером злокачественных новообразований В-клеток, и он не был обнаружен в зрелых нормальных и злокачественных Т-естественных клетках-киллерах [10].

Ki-67 – это ядерный белок, связанный с клеточной пролиферацией в результате его экспрессии во всех фазах клеточного цикла и отсутствия в состоянии покоя клеток. Определение уровня пролиферативной активности с помощью антитела Ki-67 вызывает большой интерес не только в гуманной медицине, но и в ветеринарной, что благоприятно влияет на тактику лечения пациента. Прогностическая и диагностическая ценности Ki-67 были продемонстрированы при различных типах опухолей, а также при соответствующем значении в прогнозировании

ответа на терапию. Наиболее ценными примерами прогностической полезности Ki-67 в ветеринарии являются опухоли тучных клеток собак и меланоцитарные новообразования. Также экспрессия Ki-67 может быть определена в цитологических образцах, полученных методом тонкоигольной аспирационной биопсии, что создает возможность ранней диагностики опухолей [11, 12, 13].

При проведении ИГХ анализа по исследованию лимфомы кожи у собаки наблюдали

отсутствие экспрессии CD3 на клетках опухоли (рис. 1), при этом экспрессия PAX-5 – положительная и высокий уровень пролиферативной активности клеток – около 90% (рис. 2). Таким образом, на основании применения комплекса иммуногистохимических маркеров в данном клиническом случае имеет место В-клеточная лимфома с высоким уровнем пролиферативной активности клеток, что свидетельствует об агрессивности опухоли.

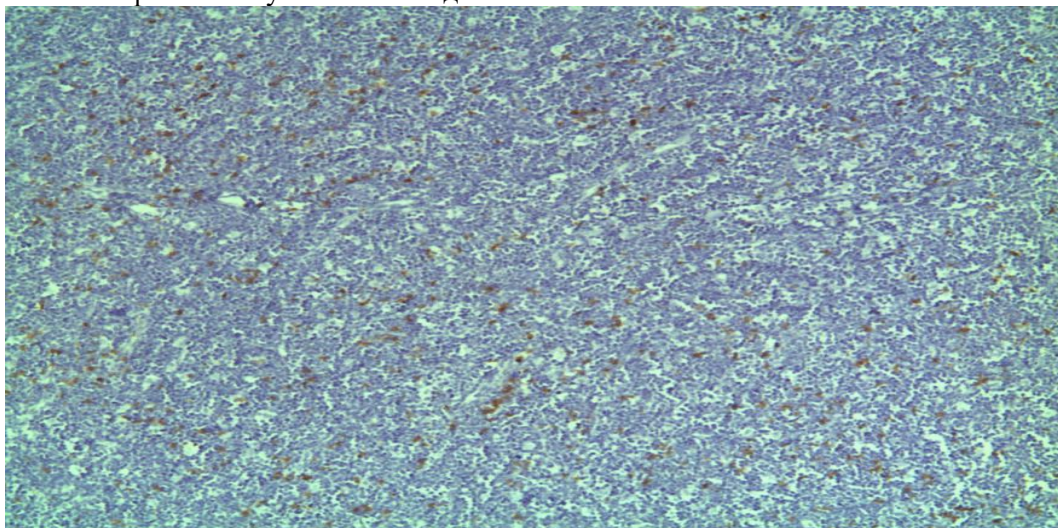


Рис. 1. Микропрепарат иммуногистохимического окрашивания в гистологическом срезе из новообразования кожи собаки. CD3, отрицательный. Увеличение $\times 10$

Fig. 1. Microslide of immunohistochemical staining in a histological section from a dog skin neoplasm. CD3, negative. Magnification $\times 10$

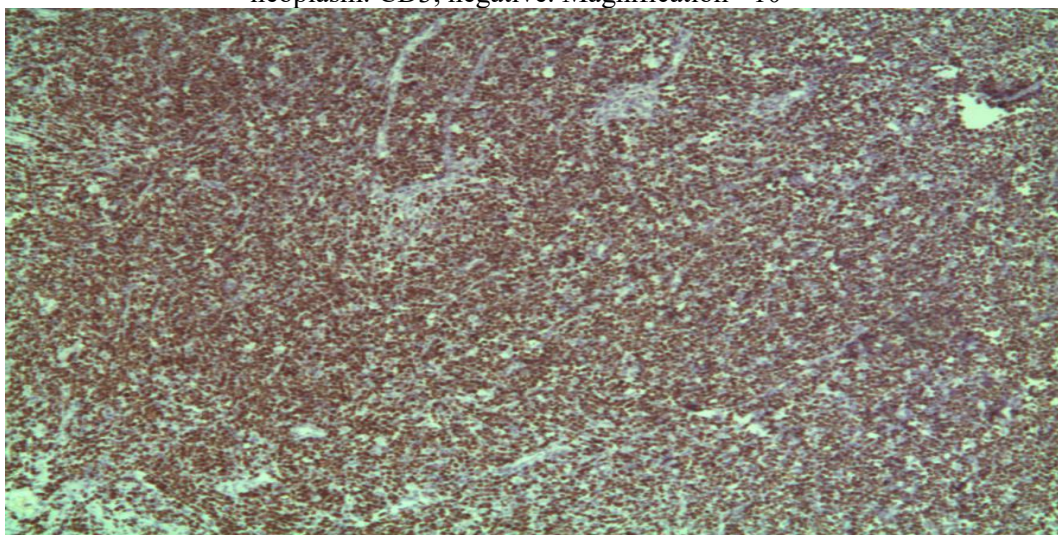


Рис. 2. Микропрепарат иммуногистохимического окрашивания в гистологическом срезе из новообразования кожи собаки. Ki 67, высокий уровень пролиферативной активности клеток – около 90%. Увеличение $\times 10$

Fig. 2. Microslide of immunohistochemical staining in a histological section from a dog skin neoplasm. Ki 67, high level of the cell proliferative activity. Magnification $\times 10$

При алиментарной лимфоме тощей кишки, подтвержденной путем ИГХ исследования, был поставлен диагноз – Т-клеточная лимфома. Отмечалась

положительная экспрессия маркера CD3 на клетках опухоли (рис. 3), и негативная экспрессия маркера PAX-5 (рис. 4).

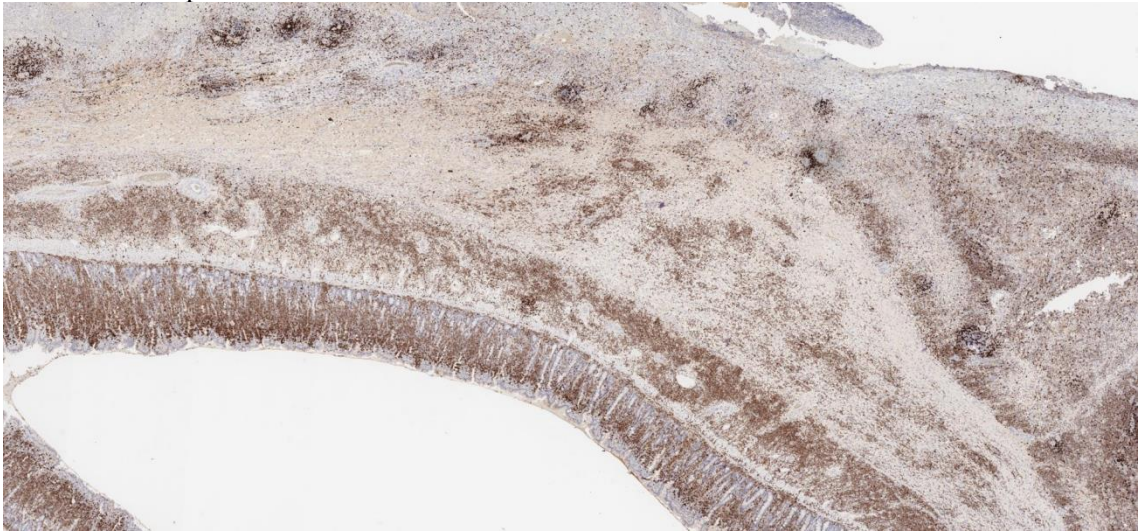


Рис. 3. Микропрепарат иммуногистохимического окрашивания в гистологическом срезе из новообразования тощей кишки. CD3, положительный. Увеличение $\times 10$

Fig. 3. Microslide of immunohistochemical staining in a histological section from the small intestinal neoplasm. CD3, positive. Magnification $\times 10$

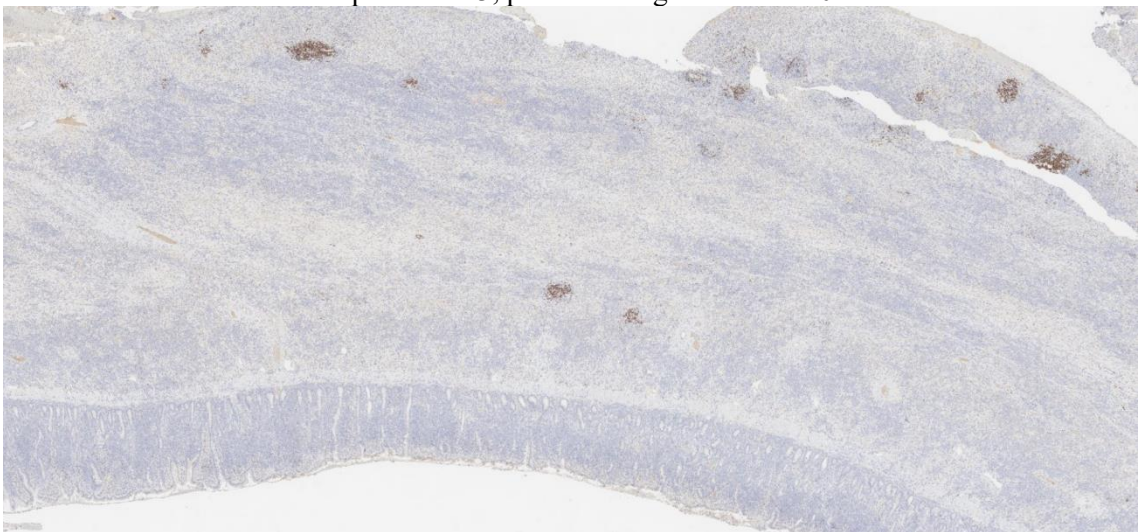


Рис. 4. Микропрепарат иммуногистохимического окрашивания в гистологическом срезе из новообразования тощей кишки. PAX-5, отрицательный. Увеличение $\times 10$

Fig. 4. Microslide of immunohistochemical staining in a histological section from the small intestinal neoplasm. PAX-5, negative. Magnification $\times 10$

ИГХ – это метод диагностики, позволяющий определить гистогенез и дифференцировку неоплазии. В основе метода лежит экспрессия антигена клеткой к определенному антителу, что делает данные клетки отличимыми [14, 15].

Имунофенотипирование ЛПЗ имеет важное значение для постановки окончательного диагноза, когда

морфологическая оценка вызывает сомнения (например, мелкоклеточная лимфома кишечника у кошек; плохо дифференцированная круглоклеточная опухоль).

Имунофенотип лимфоидных клеток в ветеринарии определяют с помощью специфических моноклональных и/или поликлональных антител. В частности,

мембранный CD3 используется в качестве Т-клеточного маркера, тогда как ядерный PAX-5 используется в качестве В-клеточных маркеров. В- или Т-клеточный фенотип, а также степень созревания опухолевых лимфоидных клеток оказались полезными для классификации и прогнозирования лимфом [11].

Выводы. В современной морфологической лабораторной диагностике для постановки окончательного патологоанатомического диагноза необходимы дополнительные методы исследования, одним из них является иммуногистохимия. Проведение данного анализа позволяет провести дифференцировку и определить тканевую принадлежность

опухоли, что необходимо для правильности постановки окончательного диагноза. Постановка диагноза, кроме специфической морфологической картины, требует уточнения иммунофенотипа или биологических свойств опухоли, которые играют важную роль в прогнозе заболевания и определении тактики дальнейшего ведения пациента, т.е. лечения с назначением таргетных и иммуноонкологических препаратов.

В ветеринарной медицине для иммунофенотипирования лимфом используют ИГХ маркеры: CD3 – для обнаружения Т-лимфоидных клеток, PAX-5 – подтверждения В-лимфоцитов, Ki-67 – для определения пролиферативной активности.

Список источников

1. Алланазарова Б. Р., Каримов Х. Я., Бобоев К. Т., Алимов Т. Р., Липартия М. Г. Лимфопролиферативные заболевания в-линейного происхождения: проблемы классификации и диагностики // Клиническая и экспериментальная онкология. 2020. № 3. С. 67-77.
2. Сидорова К. А., Татарникова Н. А., Кочетова О. В., Шульга Е. С., Краснолобова Е. П. Лимфопролиферативные заболевания мелких домашних животных // Ветеринарная патология. 2018. № 3 (65). С. 5-10.
3. Меликова Ю. Н. Мультимодальная терапия при лечении лимфом лицевой части черепа у мелких домашних животных. 2022.
4. Понятов М. П., Татарникова Н. А., Волков С. В., Сидорова К. А. Анализ распространенности неопластических заболеваний тонкого отдела кишечника у собак и кошек в условиях мегаполиса // Пермский аграрный вестник. 2023. № 1 (41). С. 147-153.
5. Magaki S. et al. Introduction to immunohistochemistry // Biobanking: methods and protocols. 2019. P. 289-298.
6. Paulin M. V. et al. Alimentary lymphoma of cats of low malignancy: a new essence and a potential animal model of human disease // BMC Veterinary Research. 2018. Vol. 14. P. 1-19.
7. Salvi M. et al. Histopathological classification of round-cell tumors of the skin of dogs using deep learning: a multicenter study // Frontiers in Veterinary Science. 2021. Vol. 8. P. 640944.
8. Sampaio F. et al. Identification of lymphoid markers (CD3 and PES 5) for immunophenotyping in dogs and cats: comparison of stained cytological preparations and compatible cell blocks // Veterinary sciences. 2023. Vol. 10. No. 2. P. 157.
9. Tian H. et al. Cluster of differentiation antigens: an essential role in the identification of T-lymphocytes of bony fish // Marine Life Science & Technology. 2022. Vol. 4. No. 3. P. 303-316.
10. Khan M. R. et al. PAX-5 expression in Hodgkin's B-cell lymphoma and non-Hodgkin's lymphoma // Asia-Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP. 2018. Vol. 19. No. 12. P. 3463.
11. Калишнян, М. С. Биологические маркеры в современной ветеринарной практике // Ветеринарная патология. 2022. № 4 (82). С. 40-48.
12. Nolan E. L., Kupel M. Expression of CD3 and CD20 in T-cell lymphoma associated with canine enteropathy // Veterinary pathology. 2018. Vol. 55. No. 2. P. 241-244.
13. Rigillo A. et al. Ki-67 assessment – consistency between immunohistochemistry and flow cytometry in canine lymphoma // Veterinary medicine and comparative oncology. 2021. Vol. 19. No. 3. P. 551-566.
14. Sviderskaya-Chaadai Z. et al. Learning to detect lymphocytes in immunohistochemistry with deep learning // Analysis of medical images. 2019. Vol. 58. P. 101547.
15. Bhatti V., Kolton N., Kvatra K. S. The usefulness of immunohistochemistry in the diagnosis of lymphomas // Int J Acad Med Pharm. 2023. Vol. 5. No. 4. P. 2053-2056.

IMMUNOHISTOCHEMICAL EXAMINATION OF LYMPHOID NOSOLOGY OF THE SKIN AND SMALL INTESTINE

Dmitry Alekseevich Negodnyh¹, Oksana Valeryevna Novikova², Natalia Alexandrovna Tatarnikova³, Mikhail Pavlovich Ponyatov⁴

^{1,2,3,4}Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

²Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Perm, Russia

¹nda0383n@yandex.ru

Abstract. The gold standard for assessing the phenotype of lymphoma cells in dogs and cats is immunohistochemistry applied to biopsy tissues. Immunohistochemistry (IHC) is a method of pathoanatomic examination based on antigen–antibody immune reactions, which allows to identify and localize one or another antigen (most often, protein or glycoprotein) in tissue sections. IHC is of the greatest importance in the diagnosis of tumors, as it allows to clarify the histogenesis (nosological form) of the neoplasm, to characterize prognostic and predictive factors, to determine the presence of molecules that are targets for a number of drugs, so it is the basis for targeted therapy. The IHC method plays an essential role in the diagnosis of specific tumor processes of various histogenesis, especially complex in terms of diagnosis using conventional light microscopy. For the diagnosis of lymphoproliferative diseases, there is a wide range of antibodies specific to a certain group of diseases (T-cell and B–cell lymphomas), with their use it is possible to type cellular elements of tumor tissue more accurately and to develop tactics of relapse–free treatment. However, not all markers of lymphoproliferative diseases available in the arsenal of humane IHC medicine have been validated in veterinary medicine. Nowadays the following markers are used to determine the immunophenotyping of lymphomas in cats and dogs: CD3 for T-lymphocytes, PAX-5 for B-lymphocytes, Ki 67 marker is used to determine proliferative activity. The scientific novelty lies in the fact that a comprehensive study was conducted to determine the significance of the IHC method for the diagnosis of lymphoid tumors of the skin and small intestine in terms of their differentiation.

Key words: lymphoproliferative diseases, immunohistochemistry, oncology, lymphoma, small pets

References

1. Alanazarova B. R., Karimov H. Ya., Boboev K. T., Alimov T. R., Lipartia M. D. Limfoproliferativnyezabolevaniya v-linejnogo proiskhozhdeniya: problemy klassifikacii i diagnostiki (Lymphoproliferative diseases of b-linear origin: problems of classification and diagnosis). *Klinicheskaja i jeksperimental'naja onkologija*, 2020, No.3, Pp. 67-77.
2. Sidorova K. A., Tatarnikova N. A., Kochetova O. V., Shulga E.S., Krasnolobova E. P. Limfoproliferativnye zabolevaniya melkih domashnih zhivotnyh (Lymphoproliferative diseases of small pets). *Veterinarnaja patologija*, 2018, №.3(65), Pp. 5-10.
3. Melikova Yu. N. Mul'timodal'naya terapiya pri lechenii limfom licevoj chaste cherepa u melkih domashnih zhivotnyh (Multimodal therapy in the treatment of lymphomas of the facial part of the skull in small pets), 2022.
4. Ponyatov M. P., Tatarnikova N. A., Volkov S. V., Sidorova K. A. Analiz rasprostranennosti neoplasticheskikh zabolevanij tonkogo otdela kishechnika u sobak i koshek v usloviyah megapolisa (Analysis of the prevalence of neoplastic diseases of the small intestine in dogs and cats in a megalopolis), *Permskij agrarnyj vestnik*, 2023, №.1(41), Pp. 147-153.
5. Magaki S. et al. Introduction to immunohistochemistry // *Biobanking: methods and protocols*. – 2019. – pp. 289-298.
6. Paulin M. V. et al. Alimentary lymphoma of cats of low malignancy: a new essence and a potential animal model of human disease // *BMC Veterinary Research*, 2018, Vol. 14, pp. 1-19.
7. Salvi M. et al. Histopathological classification of round-cell tumors of the skin of dogs using deep learning: a multicenter study // *Frontiers in Veterinary Science*, 2021, Vol. 8, P. 640944.
8. Sampaio F. et al. Identification of lymphoid markers (CD3 and PES 5) for immunophenotyping in dogs and cats: comparison of stained cytological preparations and compatible cell blocks // *Veterinary sciences*, 2023, Vol. 10, No. 2, P. 157.
9. Tian H. et al. Cluster of differentiation antigens: an essential role in the identification of T-lymphocytes of bony fish // *Marine Life Science & Technology*, 2022, Vol. 4, No. 3, PP. 303-316.
10. Khan M. R. et al. PAX-5 expression in Hodgkin's B-cell lymphoma and non-Hodgkin's lymphoma // *Asia–Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 2018, Vol. 19, No. 12, p. 3463.
11. Kalishyan, M. S. Biologicheskie markery v sovremennoj veterinarnoj praktike (Biological markers in modern veterinary practice). *Veterinary pathology*, 2022, №4 (82), Pp. 40-48.
12. Nolan E. L., Kupel M. Expression of CD3 and CD20 in T-cell lymphoma associated with canine enteropathy // *Veterinary pathology*. – 2018, Vol. 55, No. 2, PP. 241-244.
13. Rigillo A. et al. Ki-67 assessment – consistency between immunohistochemistry and flow cytometry in canine lymphoma // *Veterinary medicine and comparative oncology*, 2021, Vol. 19, No. 3, PP. 551-566.
14. Sviderskaya-Chaadai Z. et al. Learning to detect lymphocytes in immunohistochemistry with deep learning // *Analysis of medical images*, 2019, Vol. 58, P. 101547.
15. Bhatti V., Kolton N., Kvatra K. S. The usefulness of immunohistochemistry in the diagnosis of lymphomas // *Int J Acad Med Pharm*, 2023, Vol. 5, No. 4, PP. 2053-2056.

Сведения об авторах

Д. А. Негодных¹ – ветеринарный врач кафедры инфекционных болезней;

О. В. Новикова² – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры зоотехнии, профессор кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства;

Н. А. Татарникова³ – доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой инфекционных болезней;

М. П. Понятов⁴ – аспирант кафедры инфекционных болезней.

^{1,2,3,4}Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия;

²Пермский институт ФСИН России, Пермь, Россия.

¹nda0383n@yandex.ru

Information about the authors

D. A. Negodnyh¹ - Veterinarian of the Department of Infectious Diseases;

O. V. Novikova² – Dr. Vet. Sci., Professor of the Department of Animal Science, Professor of the Department of Internal Non-Infectious Diseases, Surgery and Obstetrics;

N. A. Tatarnikova³ - Dr. Vet. Sci., Professor, Head of the Department of Infectious Diseases;

M. P. Ponyatov⁴ - Post-Graduate student of the Department of Infectious Diseases.

^{1,2,3,4}Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia;

²Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Perm, Russia

¹nda0383n@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 20.10.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 25.11.2023

The article was submitted 20.10.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 25.11.2023

Научная статья

УДК 619:579.8:639.111

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_121

АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ БАКТЕРИЙ СЕМЕЙСТВА ENTEROVASTRIACEAE И STAPHYLOCOCCACEAE, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ФЕКАЛЬНЫХ ПРОБ ЗООПАРКОВЫХ И ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

©2023. Валентина Ивановна Плешакова^{1✉}, Татьяна Иосифовна Лоренгель²,
Иван Николаевич Кошкин³, Елена Николаевна Ручко⁴

^{1,2,3,4} Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Россия

¹vi.pleshakova@omgau.org

Аннотация. В энтеромикробиоценозе диких и зоопарковых животных Омского Прииртышья и Приуральской тундры выделено 13 видов бактерий. Доминирующим видом микроорганизмов, выделенных из фекальных проб во всех трофических группах диких и зоопарковых животных, является *Escherichia coli*. Субдоминантными по количеству выделенных культур являлись бактерии видов *Staphylococcus saprophiticus* и *Staphylococcus equorum*. Из проб фекалий диких и зоопарковых животных в единичных случаях выделены следующие виды бактерий: *Citrobacter freundii*, *Bacillus pumilus*, *Aspergillus niger*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas punctata*, *Streptococcus agalactiae*, *Klebsiella aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*. На долю бактерий *E. coli* приходилось 44,0% от всех выделенных культур, *Staph. equorum* – 24,3%, *Staph. saprophiticus* – 30,2% и около 1,5% составляли другие виды бактерий. Культуры *E. coli* проявляли высокую резистентность к трем видам антибиотических препаратов (амоксициллин, ампициллин и азитромицин), в то время как культуры *Staphylococcus equorum* и *Staphylococcus saprophiticus* – к пяти препаратам. Фенотипический уровень антибиотикорезистентности выделенных культур микроорганизмов не зависит от вида животных, из которого они были выделены, а также мест их обитания. Интересным является факт наличия антибиотикорезистентности у культур микроорганизмов, выделенных от трех видов животных (лось, косуля и дикий северный олень), обитающих в дикой природе, и которые не подвергаются воздействию антимикробных препаратов. Из фекальных проб животных были выделены микроорганизмы двух видов *E. coli* и *Staph. equorum*, обладающие антибиотикорезистентностью к нескольким антибактериальным препаратам, и, в частности, к амоксициллину, ампициллину, эритромицину. Полученные данные могут быть обусловлены феноменом естественно возникающей устойчивости микроорганизмов к антибиотикам, и связаны с различными биотическими и абиотическими факторами. Дикие животные представляют возможный путь распространения детерминант резистентности к антибиотическим препаратам в окружающей среде.

Ключевые слова: животные, зоопарковые, дикие, фекалии, бактерии, антибиотикорезистентность, фекалии

Введение. В настоящее время естественный интерес людей к обитателям дикой природы в определенной степени удовлетворяется зоологическими парками, а также зоопитомниками. В Российской Федерации насчитывается около 50 таких заведений. Между тем, по данным ряда исследователей, пребывание животных в условиях, отдаленных от среды их естественного проживания (зоопарки, питомники и др.), накладывает некоторый

отпечаток на особенности их физиологического, биохимического и морфологического статуса [1, 2, 4, 6, 11, 12, 18]. Указанная тенденция отражается и на адаптивных изменениях, происходящих в различных микробиоценозах диких животных, содержащихся в неволе [3, 5, 7, 9, 10, 13]. Всё вышеуказанное может проявляться на формировании фенотипических и генотипических характеристик сочленов микробиоценоза различных биотопов

животных. Кроме того, находясь в тесном контакте, человек и зоопарковые животные имеют потенциальный риск переинфицирования, то есть передачу возбудителя инфекции как от животных к человеку, так и наоборот [8, 14, 15, 16, 17]. При этом большинство представителей энтеробактерий и кокковой микрофлоры, являющихся основной составляющей микробного профиля пищеварительной системы зоопарковых животных, не имеют какой-либо явно выраженной видовой специфичности и избирательности в отношении хозяина [19, 20]. Кроме того, проведённый анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что данных о распространении, биологических особенностях, в том числе и антибиотикорезистентности бактериальной микрофлоры у диких животных, содержащихся в неволе и в естественных условиях, недостаточно. Именно в силу вышеизложенного имеется настоятельная необходимость в проведении исследований, которые позволяют дополнить и расширить сведения о распространении основных сочленов микробиоценоза и их антибиотикорезистентности у диких животных, содержащихся в неволе и естественных условиях обитания.

Особый интерес представляют исследования, свидетельствующие о наличии устойчивых к антибиотикам микроорганизмов в тех природных биотопах, которые, в силу разных обстоятельств, не подвергались никакому антропогенному вмешательству. Это относится к микробным сообществам в целинных биотопах, длительно существующих в изоляции от антропогенного влияния.

Целью настоящего исследования явилось изучение распространения и антибиотикорезистентности у бактерий семейства *Enterobacteriaceae* и *Staphylococcaceae*, выделенных из фекальных проб диких животных, содержащихся в неволе и в естественных условиях обитания.

Методика. Исследованию были подвергнуты бактерии, выделенные из фекалий зоопарковых и диких животных Западно-Сибирского региона (Государственный Большереченский зоопарк имени В. Д. Соломатина и охотничьи угодья Омской области) и Приуральской тундры в

зимне-весенний период (2023 г.). Выделение и первичную идентификацию культур микроорганизмов проводили в соответствии с нормативными документами по применению унифицированных микробиологических (бактериальных) методов исследования в клинко-диагностической лаборатории, по лабораторной диагностике стафилококкоза животных и методическими указаниями по бактериальной диагностике колибактериоза (эшерихиоза) животных [21, 22, 23]. Кроме того, идентификацию всех выделенных культур до вида проводили методом времяпролётной масс-спектрометрии с матрично-ассоциированной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF MS) с использованием системы VITEK MS и программного обеспечения «Biotyper RTC» (Германия). Рекомендуемое значение Score $\geq 2,0$ использовали для надёжной видовой идентификации.

Резистентность/чувствительность выделенных культур микроорганизмов определяли диско-диффузионным методом, критерии интерпретации результатов чувствительности отдельных культур микроорганизмов учитывали согласно рекомендациям EUCAST (версия 8.0, январь 2020). Учитывали пограничные значения диаметров зон подавления роста, калиброванные по отношению к гармонизированным европейским пограничным значениям (<http://www.eucast.org>). Статистическая обработка данных выполнена с использованием программного пакета Statistica V.12 (Stat Soft). Оценку статистической значимости показателей и различий между исследуемыми группами проводили по критерию Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты. Проведённые исследования показали, что доминирующим видом микроорганизмов, выделенных из фекальных проб во всех трофических группах диких и зоопарковых животных, является *Escherichia coli*. Субдоминантными по количеству выделенных культур являлись бактерии видов *Staphylococcus saprophiticus* и *Staphylococcus equorum*. В то же время, представители вида *Staphylococcus vitulinis* были изолированы в двух случаях (табл. 1).

Таблица 1

Микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* и *Staphylococcaceae*, выделенные от фекальных проб зоопарковых и диких животных

Вид животного	Место обитания	Микроорганизмы сем. Enterobacteriaceae	Микроорганизмы сем. Staphylococcaceae
1. Шиншилла (лат. Chinchilla)	зоопарк	Escherichia coli	Staphylococcus equorum
2. Кенгуру Беннетта (лат. Dendrolagus bennettianus)	зоопарк	Escherichia coli	Staphylococcus equorum
3. Черепаха сухопутная (лат. Testudinidae)	зоопарк	Citrobacter freundii	Staphylococcus saprophiticus
4. Сурикаты (лат. Suricata)	зоопарк	Escherichia coli	Staphylococcus saprophiticus
5. Дикобраз (лат. Nystrix)	зоопарк	Escherichia coli	Staphylococcus saprophiticus
6. Лось (лат. Alces)	охотничьи угодья	Escherichia coli Klebsiella aerogenes	-
7. Зубр (лат. Bison bonasus)	зоопарк	Escherichia coli	-
8. Лошадь Пржевальского (лат. Equus przewalskii caballus)	зоопарк	-	Staphylococcus vitulinis
9. Волк обыкновенный (лат. Canis lupus)	зоопарк	Escherichia coli	-
10. Косуля (лат. Capreolus)	охотничьи угодья	Escherichia coli	Staphylococcus equorum
11. Дикая северный олень (лат. Rangifer tarandus)	охотничьи угодья	Escherichia coli	-

В целом, энтеромикробиоценоз диких и зоопарковых животных, живущих в Омском Прииртышье и Приуральской тундре, представлен 13 видами бактерий. Кроме вышеперечисленных видов микроорганизмов, из проб фекалий диких и зоопарковых животных в единичных случаях выделены следующие виды бактерий: *Citrobacter freundii*, *Bacillus pumilus*, *Aspergillus niger*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas fluorescens*,

Aeromonas punctata, *Streptococcus agalactiae*, *Klebsiella aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*. Проведенный анализ микробного разнообразия фекальных изотопов показал, что на долю бактерий *E. coli* приходилось 44,0% от всех выделенных культур, *Staph. equorum* – 24,3%, *Staph. saprophiticus* – 30,2% и около 1,5% составляли другие виды бактерий (рис. 1).

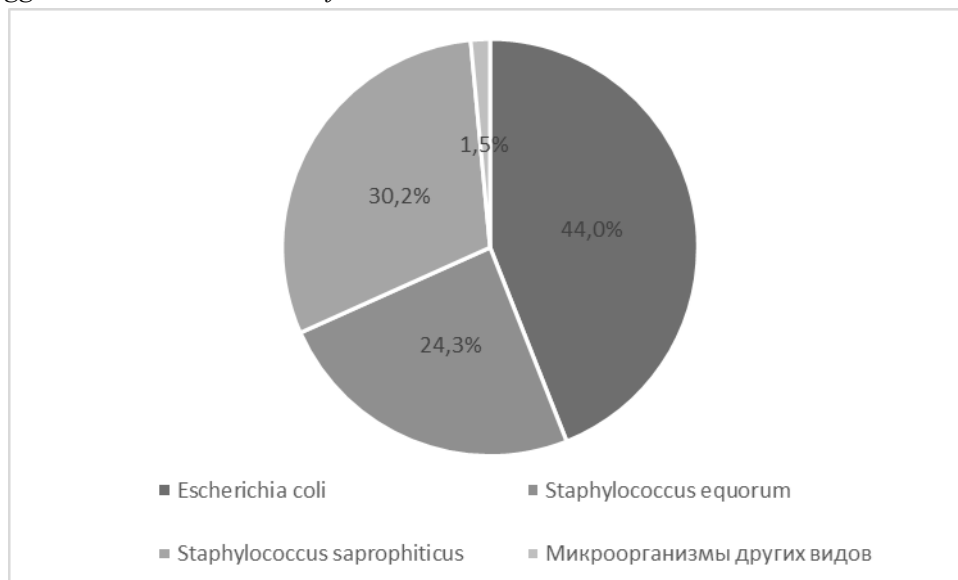


Рис 1. Спектр бактерий, выделенных из фекальных проб диких животных, содержащихся в неволе и в естественных условиях

Fig. 1. Spectrum of bacteria isolated from faecal samples of captive and wild animals

Установлено, что профиль антибиотикорезистентности выделенных микроорганизмов имеет достаточно широкие вариации. Так, наибольший процент антибиотикорезистентности к различным классам антимикробных препаратов проявляли культуры *E. coli*. Указанный микроорганизм проявлял высокую резистентность (>50%) к трем видам антибиотических препаратов (амоксциллин, ампициллин и азитромицин). Кроме того, у

выделенных культур *E. coli* обнаруживали наиболее высокую резистентность (71,6%) к амоксициллину (табл. 2). Несколько меньшую антибиотикорезистентность к пяти тестируемым антимикробным веществам проявляли культуры *Staphylococcus equorum* (>50%). Схожий уровень резистентности к тестируемым антимикробным препаратам показали микроорганизмы, относящиеся к виду *Staphylococcus saprophiticus*.

Таблица 2

Антибиотикорезистентность бактерий, выделенных из фекальных проб зоопарковых и диких животных (средний показатель по выделенным культурам)

Антимикробные препараты	Escherichia coli			Staphylococcus equorum			Staphylococcus saprophiticus		
	S (%)	J (%)	R (%)	S (%)	J (%)	R (%)	S (%)	J (%)	R (%)
Амоксициллин	14,2	14,2	71,6	31,2	18,7	50,0	20,0	25,0	55,0
Амикацин	90,0	6,6	3,3	100,0	–	–	100,0	–	–
Ципрофлоксацин	93,3	6,6	–	93,8	–	–	100,0	–	–
Норфлоксацин	96,6	–	3,3	100,0	–	–	100,0	–	–
Цефотаксим	100,0	–	–	100,0	–	–	95,0	–	5,0
Цефтазидим	96,6	–	3,4	100,0	–	–	100,0	–	–
Меропенем	100,0	–	–	100,0	–	–	90,0	10,0	–
Ампициллин	36,6	100,0	53,3	62,5	–	37,5	60,0	–	40,0
Имипенем	100,0	3,3	–	100,0	–	–	100,0	–	–
Линкамицин	83,3	3,3	13,3	87,5	6,2	12,5	85,0	–	15,0
Доксициклин	100,0	–	–	100,0	–	–	100,0	–	–
Тетрациклин	90,0	–	10,0	87,5	6,25	6,2	90,0	–	10,0
Эритромицин	63,3	16,6	20,0	68,7	12,5	18,7	90,0	–	10,0
Кларитромицин	43,3	16,6	36,6	75,0	–	25,5	60,0	10,0	30,0
Азитромицин	33,3	6,6	60,0	43,7	6,2	50,5	50,0	15,0	35,0
Моксифлоксацин	100,0	–	–	100,0	–	–	100,0	–	–

Условные обозначения: S- чувствительные; J- умеренно чувствительные; R- резистентные культуры.

Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что бактериальные культуры *E. coli* были в 100% случаев чувствительны к цефотаксиму, меропенему, имипенему, доксициклину, моксифлаксацину и в 96% – к норфлоксацину и цефтазидиму. Микроорганизмы, выделенные из фекальных культур зоопарковых и диких животных, относящиеся к виду *Staphylococcus equorum*, показали более высокую чувствительность к тестируемым антибиотическим препаратам по сравнению с *E. coli*. Так, в 100% случаев они были чувствительны к амикацину, норфлоксацину, цефотоксиму, цефтазидиму, меропенему, имипенему, доксициклину, моксифлоксацину. Схожую чувствительность к антибиотическим препаратам наблюдали у бактерий вида *Staphylococcus saprophiticus*.

Таким образом, проведенные исследования показали, что фенотипический уровень антибиотикорезистентности выделенных культур микроорганизмов не зависит от вида животных, из которого они

были выделены, а также от мест их обитания. Вместе с тем, интересным, на наш взгляд, является факт наличия антибиотикорезистентности у культур микроорганизмов, выделенных от животных, обитающих в дикой природе, и которые не подвергаются воздействию антимикробных препаратов. Так, у 3-х видов животных (лось, косуля и дикий северный олень) из фекальных проб были выделены микроорганизмы двух видов *E. coli* и *Staph. equorum*, обладающие антибиотикорезистентностью к нескольким антибактериальным препаратам, и, в частности, к амоксициллину, ампициллину, эритромицину. Полученные данные могут быть обусловлены феноменом естественно возникающей устойчивости микроорганизмов к антибиотикам и связаны с различными биотическими и абиотическими факторами [18, 19, 20].

Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что дикие животные представляют возможный путь

распространения детерминант резистентности к антибиотическим препаратам в окружающей среде.

В связи с этим имеется настоятельная необходимость в дальнейших генотипических исследованиях полученных данных, которые будут направлены на генотипирование резистентных культур и выяснение

молекулярно-генетических механизмов антибиотикоустойчивости бактерий, выделенных от диких животных.

Источник финансирования: работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (соглашение № 23-26-00118 от 13.01.2023).

Список источников

1. Демидович Е.Г., Полоз С.В. Значение микроценоза диких копытных как факторов устойчивости их популяций // Зоологические чтения: Сборник статей Международной научно-практической конференции посвященной памяти профессора Ельского К.М., Гродно 15-17 марта 2017 года. С. 75-77.
2. Калашников В.А., Демерган А.В. Антибиотикорезистентность бактерий, выделенных у обезьян при кишечных инфекциях // Ветеринарная клиника. 2018. № 7. С. 12-15.
3. Литвинов В.Ф. Паразитозы диких животных. Минск: БГТУ. 2007. 586 с.
4. Лях Ю.Г., Морозов А.В. Значение микробных комплексов бактериальных инфекций в патологии охотничьих животных // Актуальные проблемы экологии: Материалы VII международной научно-практической конференции, Гродно 26-28 октября 2011, С. 89-97.
5. Лях Ю.Г. Бактерионосительство среди популяции дикого кабана в охотничьих хозяйствах Республики Беларусь (Bacteriocarrier among the population of wild boar in hunting farms of the Republic of Belarus) // Ученые записки УО ВГАВМ. 2013. Т. 49. № 2. С. 92-96.
6. Современные тенденции антибиотикорезистентности микробиоты домашних и диких животных / О.А. Манжурина, А.М. Скогарева и др. Вестник ВГАУ. 2017. № 1. С. 41-48.
7. Микробиологический мониторинг дикой фауны национального парка «Гункинский» / В. Е. Молонтосов, О. Б. Бадмаева, Н. В. Демина, В. Ц. Цыдыпов. Вестник КрасГАУ. 2015. № 7. С. 23-27.
8. Павлов А. Г. Амилолитическая активность изолятов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из микробиоты диких животных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 130-135. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-5-16.
9. Речкин А.И., Соловьева И.В. Распространение энтеробактерий у человека и мелких млекопитающих // ЖМЭИ. 1985. № 7. С. 27-29.
10. Коррекция микрoэкологических нарушений желудочно-кишечного тракта диких копытных / Е. Г. Скуратович, С. В. Полоз, А. С. Андрусевич и др. // БИО. 2018. № 12. С. 14-17.
11. Сивкова Т. Н., Непримерова Т.А., Никончук Д. Я. Изучение кишечных паразитов леопардов, содержащихся в условиях неволи // Актуальные вопросы зоологии, экологии и охраны природы. Москва: ООО НПО «Сельскохозяйственные технологии», 2021. № 3. С. 148-151.
12. Шуляк А.Ф. Смешанная инфекция у диких парнокопытных в охотхозяйстве // Ветеринария. 2020. № 10. С. 20-25.
13. Awandkar S. P., Ghoke S. S., Naikwade B. S. Evolution of bacteria shed in faces of healthy zoo animals a pilot study // Jntas Polivet. 2018. Vol. 19. P. 387-389.
14. Bahrndorff S., Alemu T., Alemneh T., Lund Nielsen J. The Microbiome of Animals: Implications for Conservation Biology // International journal of genomics. Vol. 2016. P.1-7. DOI: 10.1155/2016/5304028.
15. Metagenomic analysis reveals the microbiome end resistome in migratory birds / J. Cao, Y. Hu, F. Liu et al. Microbiome. 2020. Vol. 8. P.1-18. DOI:10.1186/s40168-019-0781-8.
16. Antibiot resistant bacterial isolates from Captive Green Turtles and in vitro sensitivity to bacteriophages / P. Carini, E. Ariel et al. Jnt. Jornal Microb. 2017. Vol. 2017. P.1-8. DOI:10.1155/2017/5798161.
17. Antimicrobial resistance in Antarctica; is it still a pristine environment? / K. Hwengwere, H. Nair Paramel et al. Microbiome. 2022. Vol.10. P. 156-161. DOI:10.1186/s40168-022-01250-x.
18. Ishag H., Abdelwahab G. Al Hammadi Z. Abdi A. Current Situation of Escherichia coli Antibiotic Resistance in Food-producing Animals, Wild Animals, Companion Animals, and Birds: One Health Perspectives // IntechOpen. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.108896.
19. Oliveira B. C. M., Murray M., Tseng F., Widmer G. The fecal microbiota of wild and captive raptors // Animal microbiome. 2020. Vol. 2. P. 1-9. DOI: 10.1186/s42523-020-00035-7.
20. Characterization of the gut microbiome and resistome of Galapagos marine iguanas (*Amblyrhynchus cristatus*) from uninhabited islands / K. Vasco, N. Guevara et al. Animal Microbiome. 2022. Vol. 4. P. 142-148. DOI:10.1186/s42523-022-00218-4.

ANTIBIOTIC RESISTANCE OF BACTERIA OF THE ENTEROBACTERIACEAE AND STAPHYLOCOCCACEAE FAMILIES ISOLATED FROM FAECAL SAMPLES OF ZOO AND WILD ANIMALS

©2023. Valentina I. Pleshakova^{1✉}, Tatyana I. Lorengel², Ivan N. Koshkin³, Elena N. Ruchko⁴
^{1,2,3,4} Omsk State University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

Abstract. Enteromicrobiocenosis of wild and zoo animals of the Omsk Irtysh and Ural tundra is represented by 13 species of bacteria. *Escherichia coli* is the dominant species of microorganisms isolated from faecal samples in all trophic groups of wild and zoo animals. Bacteria of the species *Staphylococcus saprophiticus* and *Staphylococcus equorum* were subdominant in terms of the number of isolated cultures. The following bacterial species have been isolated from faecal samples of wild and zoo animals: *Citrobacter freundii*, *Bacillus pumilus*, *Aspergillus niger*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas punctata*, *Streptococcus agalactiae*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*. *E. coli* accounted for 44.0% of all isolated cultures, *Staph. equorum* - 24.3%, *Staph. saprophiticus* - 30.2% and about 1.5% were other types of bacteria. *E. coli* cultures showed high resistance to three types of antibiotic drugs (amoxicillin, ampicillin and azithromycin), while cultures of *Staphylococcus equorum* and *Staphylococcus saprophiticus* to five drugs. The phenotypic level of antibiotic resistance of isolated cultures of microorganisms does not depend on the animal species from which they were isolated, as well as their habitats. An interesting fact is the presence of antibiotic resistance in cultures of microorganisms isolated from animals living in the wild and not exposed to antimicrobial agents in 3 animal species (elk, roe deer and wild reindeer). From their faecal samples two types of microorganisms *E. coli* and *Staph. equorum* were isolated with antibiotic resistance to several antibacterial drugs, and, in particular, to amoxicillin, ampicillin, erythromycin. The data obtained may be due to the phenomenon of naturally occurring resistance of microorganisms to antibiotics and are associated with various biotic and abiotic factors. *Wild animals represent a possible pathway for the spread of antibiotic resistance determinants in the environment.*

Key words: animals, zoo animals, wild animals, feces, bacteria, antibiotic resistance

References

1. Demidovich E.G., Poloz S.V. Znachenie mikrotsenoza dikikh kopytnykh kak faktorov ustoichivosti ikh populyatsii (Significance of microcenosis of wild ungulates as factors of stability of their populations), Zoologicheskie chteniya Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii posvyashchennoi pamyati professor El'skogo K.M., Grodno 15-17 marta 2017 goda, Pp. 75-77.
2. Kalashnikov V.A., Demergyan A.V. Antibiotikorezistentnost' bakterii, vydelennykh u obez'yan pri kishhechnykh infektsiyakh (Antibiotic resistance of bacteria isolated from monkeys with intestinal infections), Veterinarnaya klinika, 2018. No.7, Pp. 12-15.
3. Litvinov V.F. Parazitotsenozy dikikh zhyvotnykh (Parasitocenoses of wild animals), Minsk, BGTU, 2007, 586 p.
4. Lyakh Yu.G., Morozov A.V. Znachenie mikrobnyykh kompleksov bakterial'nykh infektsii v patologii okhotnich'ikh zhyvotnykh (Significance of microbial complexes of bacterial infections in the pathology of game animals), Aktual'nyeproblemyekologiiMaterialy VII mezhdunarodnoinauchno-prakticheskoi konferentsii, Grodno 26-28 oktyabrya 2011, Pp. 89-97.
5. Lyakh Yu.G. Bakterionositel'stvo sredi populyatsii dikogo kabana v okhotnich'ikh khozyaistvakh Respubliki Belarus' (Bacterial carriage in the population of wild boar in hunting farms of the Republic of Belarus), Uchenye zapiski UO VGAVM, 2013, Vol. 49, No. 2, Pp. 92-96.
6. Sovremennye tendentsii antibiotikorezistentnosti mikrobioty domashnykh i dikikh zhyvotnykh (Modern trends in antibiotic resistance of the microbiota of domestic and wild animals), O.A. Manzhurina, A.M. Skogarevai dr. Vestnik VGAVM, 2017, No. 1, Pp. 41-48.
7. Mikrobiologicheskii monitoring dikoi fauny natsional'nogo parka «Tunkinskii» (Microbiological monitoring of the wild fauna of the Tunkinsky National Park), V. E. Molontoev, O. B. Badmaeva, N. V. Demina, V. Ts. Tsydyrov, VestnikKrasGAU, 2015, No. 7, Pp. 23-27.
8. Pavlov A. G. Amiloliticheskaya aktivnost 'izolyatov bakterii Bacillus subtilis, vydelennykh iz mikrobioty dikikh zhyvotnykh (Amylolytic activity of isolates of bacteria Bacillus subtilis isolated from the microbiota of wild animals), Sibirskii vestniksel'skokhozyaistvennoin角度. 2022, Vol. 52, No. 5, Pp. 130-135. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-5-16.
9. Rechkin A.I., Solov'eva I.V. Rasprostranenie enterobakterii u cheloveka i melkikh mlekopitayushchikh (Distribution of Enterobacteriaceae among humans and small mammals), ZhME, 1985, No. 7, Pp. 27-29.
10. Korrektsiya mikroekologicheskikh narushenii zheludochno-kishechnogo trakta dikikh kopytnykh (Correction of microecological disorders of the gastrointestinal tract of wild ungulates), E. G. Skuratovich, S. V. Poloz, A. S. Andrushevich dr. BIO, 2018, No. 12, Pp. 14-17.
11. Sivkova T. N., Neprimerova T.A., Nikonchuk D. Ya. Izuchenie kishhechnykh parazitov leopardov, sodержashchikhsvya v usloviyakh nevoli (Study of intestinal parasites of captive leopards), Aktual'nye voprosy zoologii, ekologii i okhrany prirody, Moskva, OOO NPO «Sel'skokhozyaistvennye tekhnologii», 2021, No. 3, Pp. 148-151.
12. Shulyak A.F. Smeshannaya infektsiya u dikikh parnokopytnykh v okhotkhozyaistve (Mixed infection in wild artiodactyls in the hunting area), Veterinariya, 2020, No. 10, Pp. 20-25.
13. Awandkar S. P. Ghoke S. S. Naikwade B. S. Evaluation of bacteria shed in faces of healthy zoo animals a pilot study // JntasPolivet. 2018. Vol. 19 P. 387-389.

14. Bahrndorff S., Alemu T., Alemneh T., Lund Nielsen J. The Microbiome of Animals: Implications for Conservation Biology // International journal of genomics. Vol. 2016. P.1-7. DOI: 10.1155/2016/5304028.
15. Metagenomic analysis reveals the microbiome end resistome in migratory birds / J. Cao, Y. Hu, F. Liu et al. Microbiome. 2020. Vol. 8. P.1-18. DOI:10.1186/s40168-019-0781-8.
16. Antibiotic resistant bacterial isolates from Captive Green Turtles and in vitro sensitivity to bacteriophages / P. Carini, E. Ariel et al. Jnt. JornalMicrob. 2017. Vol. 2017. P.1-8. DOI:10.1155/2017/5798161.
17. Antimicrobial resistance in Antarctica: is it still a pristine environment? / K. Hwengwere, H. Nair Paramel et al. Microbiome. 2022. Vol.10. P. 156-161. DOI:10.1186/s40168-022-01250-x.
18. Ishag H., Abdelwahab G. Al Hammadi Z. Abdi A. Current Situation of Escherichia coli Antibiotic Resistance in Food-producing Animals, Wild Animals, Companion Animals, and Birds: One Health Perspectives // IntechOpen. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.108896.
19. Oliveira B. C. M., Murray M., Tseng F., Widmer G. The fecal microbiota of wild and captive raptors // Animal microbiome. 2020. Vol. 2. P. 1-9. DOI: 10.1186/s42523-020-00035-7.
20. Characterization of the gut microbiome and resistome of Galapagos marine iguanas (Amblyrhynchus cristatus) from uninhabited islands / K. Vasco, N. Guevara et al. AnimalMicrobiome. 2022. Vol. 4. P. 142-148. DOI:10.1186/s42523-022-00218-4.

Сведения об авторах

В.И. Плешакова^{1✉} – д-р ветеринар. наук, профессор;

Т.И. Лоренгель – канд. ветеринар. наук, доцент;

И.Н. Кошкин – канд. ветеринар. наук, ассистент;

Е.Н. Ручко – аспирант.

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск, ул. Октябрьская 92.

¹vi.pleshakova@omgau.org

²ti.lorenzel@omgau.org

³in.koshkin@omgau.org

⁴en.ruchko36.06.01@omgau.org

Information about the author

V.I. Pleshakova^{1✉} – Dr. Vet. Sci., Professor;

T.I. Lorengel – Cand. Vet. Sci., Associate Professor;

I.N. Koshkin – Cand. Vet. Sci., Assistant;

E.N. Ruchko – Postgraduate Student.

^{1,2,3,4} Omsk State University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

¹vi.pleshakova@omgau.org

²ti.lorenzel@omgau.org

³in.koshkin@omgau.org

⁴en.ruchko36.06.01@omgau.org

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 02.06.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 02.06.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 10.11.2023

ПРОЯВЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ И ПРОДУКТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ КОРОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН ПРОБИОТИКОВ

©2023. Юлия Михайловна Смирнова^{1✉}, Андрей Викторович Платонов², Светлана Владимировна Сурначева³, Елгуджа Елвардиевич Хоштария⁴

^{1,2,3}Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия

²Вологодский институт права и экономики ФСИН России, Вологда, Россия

⁴«Зазеркалье», Грязовецкий район, Вологодская область, Россия

¹julya_smirnova_35@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9155-5110>

Аннотация. Для повышения эффективности производства и конкурентоспособности животноводческой продукции важное значение имеет полноценное кормление. Неотъемлемой задачей при этом является создание условий в рубце жвачных животных, при которых кормовые смеси максимально перевариваются и усваиваются организмом, а также служат профилактическими средствами против болезней. Целью исследований являлось изучение пищевых и продуктивных признаков коров при включении в рацион пробиотиков «Румит» и «Румит-V». Эксперимент проводился на базе ООО «Зазеркалье» Грязовецкого района Вологодской области. Было сформировано 3 группы коров голштинизированной черно-пестрой породы, по 30 голов в каждой (2 опытные и контрольная). Животные контрольной группы получали основной рацион, а коровам опытных групп в пищу добавляли изучаемые препараты из расчета 50 г/голову в сутки (90 дней). В результате исследований было установлено, что коровы, получавшие дополнительно пробиотики «Румит» и «Румит-V» затрачивали больше времени на пищевые реакции, чем животные контрольной группы на 7,0 и 72,1 мин. (0,8 – 8,5%), то есть более длительно поедали корм на 13,0% ($P \geq 0,01$) и 26,3% ($P \geq 0,001$) соответственно. У животных опытных групп увеличилось время на пережевывание корма на 9,0 и 13,8% соответственно. Среднесуточный надой по результатам эксперимента был выше на 7,3 и 8,6% ($P \geq 0,05$) у коров, получавших к основному рациону кормовые добавки. Валовый надой базисной жирности за весь период эксперимента в первой и второй опытных группах был выше, чем у коров, получавших только основной рацион, на 172 кг (5,7%) и 211 кг (7,0%) соответственно. В результате использование пробиотиков положительно повлияло на пищевую активность и уровень молочной продуктивности коров.

Ключевые слова: коровы, пробиотики, хронометраж, поведенческие реакции, индексы, молочная продуктивность

Введение. В настоящее время генетический потенциал продуктивности молочного скота довольно высок, а одним из факторов, обеспечивающих реализацию продуктивного потенциала на высоком уровне, нормализацию воспроизводительной способности и оптимизацию сроков хозяйственного использования животных при рациональном расходовании кормов, является полноценное кормление [1]. Недостаток и низкие характеристики кормов усложняют организацию научно обоснованного кормления коров. В условиях Вологодской области отмечается преобладание кормов собственного производства II и III класса, сенажа и силоса I класса в кормах содержится

не более 15%, силоса I класса – 49,2%, сена I класса практически не заготавливается [2].

Важное значение при кормлении коров имеет нормальная микрофлора желудочно-кишечного тракта. Но в современных условиях промышленная технология животноводства часто сопровождается скученностью поголовья, стрессами, неполноценным и несбалансированным рационом, что, в свою очередь приводит к нарушению микрофлоры кишечника. В итоге у коров происходит нарушение обмена веществ, что влечет за собой возникновение дисбактериозов, снижение естественной резистентности и молочной продуктивности [3].

При организации кормления нельзя забывать также и об особенностях кормовой реакции крупного рогатого скота и его пищеварительной системы: после приема корма у животного наступает период жвачки [4]. Длительность жвачки влияет на переваримость и усвояемость потребленного животным корма [5].

Перспективным направлением улучшения полноценности рационов, увеличения поедаемости кормов, улучшения переваримости и доступности питательных веществ, профилактики нарушений обмена веществ является использование пробиотиков, которые содержат живые микроорганизмы и их метаболиты [5, 6, 7]. Пробиотические препараты содержат штаммы живых бактерий, выделенных из желудочно-кишечного тракта животных, стимулирующие не только развитие и жизнедеятельность полезной симбиотной микрофлоры, но и ингибирование нежелательной [8].

В настоящее время имеется большой опыт по применению в рационах животных препаратов пробиотического и комплексного ферментативно-пробиотического действия. По данным ученых, использование пробиотических препаратов в кормлении коров способствует нормализации симбиотической микрофлоры, усилению процессов метаболизма в рубце, что оказывает положительное воздействие на переваримость питательных веществ корма, молочную продуктивность, здоровье и воспроизводительные качества [9, 10].

Большинство современных пробиотиков весьма эффективны, но в то же время мониторинг рынка кормовых добавок показал, что некоторые из них практически не используются из-за их высокой стоимости. Поэтому разрабатываются новые, более эффективные и дешёвые препараты. Примером такого препарата служит пробиотик «Румит», который разработан компанией ООО «Биотроф» (Россия) и представляет собой ассоциацию выделенных из рубца северного оленя (*Rangifer tarandus*), бактерий (родов *Bacillus*, *Bacteroides*, *Porphyromonas*, *Pseudomonas* и др.). Пробиотик «Румит» выполняет функцию не только пробиотика, но и кормового фермента. Как известно, кормовые ферменты выполняют роль биологического катализатора и ускоряют все биохимические реакции, протекающие в организме животного.

Из ассоциации бактерий пробиотика «Румит» компанией «Биотроф» был выделен наиболее перспективный штамм *Bacillus velezensis*, отличающийся тем, что способствует разложению целлюлозы; обладает антагонистическими свойствами по отношению к ряду патогенных микроорганизмов, способностью к биодеструкции микотоксинов. На основании полученных положительных характеристик был создан новый пробиотик «Румит-V».

Поэтому целью исследований являлось изучение пищевых и продуктивных признаков коров при включении в рацион пробиотиков «Румит» и «Румит-V». В перечень намеченных задач входила оценка особенностей пищевых реакций и уровня молочной продуктивности животных при использовании в кормлении лактирующих коров пробиотиков.

Методика. Для реализации поставленной цели исследования проводились в условиях ООО «Зазеркалье» Грязовецкого района Вологодской области в 2023 году. В опыте принимали участие 3 группы коров голштинизированной черно-пестрой породы, по 30 голов в каждой (2 опытные и контрольная). Содержались эти группы коров в одном помещении на привязи, в соответствии с нормами зоогигиенического контроля; кормились однотипными полнорационными кормосмесями. Руководствуясь тем, что испытания пробиотиков должны проводиться в одинаковых условиях кормления и содержания животных, исследования планировались на достаточно большом поголовье коров. За основу формирования опытных групп коров был выбран метод миниатюрного стада с учетом кровности, живой массы, дойных дней на начало опыта, номера и надоя за последнюю законченную лактацию [11].

Все животные в зависимости от живой массы, физиологического состояния, продуктивности и возраста, получали основной рацион с учетом химического состава кормов собственного производства. Коровы контрольной группы получали только хозяйственный рацион, а коровам опытных групп в дневное кормление дополнительно скармливали кормовые добавки: I опытная группа получала – «Румит», II опытная – «Румит-V», по 50 г на голову в сутки. Продолжительность скармливания добавок составляла 90 дней.

Хронометраж поведенческих реакций животных осуществлялся с использованием метода наблюдения и индивидуальной хронометрии [12]. Пищевое поведение изучали в течение двух смежных суток. При этом учитывали продолжительность потребления корма, пережевывание пищи, движение (стояние), отдых (лежание и сон), прием воды. Для оценки пищевого поведения животных рассчитаны индексы функциональной активности: пищевой (ИПА), двигательной (ИДА) и общей (ИОА). Молочная продуктивность учитывалась один раз в месяц (суточный надой). Данные обработаны с применением описательной статистики при использовании компьютерной программы Microsoft Excel. Сравнение данных проводилось с применением t-критерия

Стьюдента при трех уровнях вероятности (*P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001).

Результаты. В исследованиях по окончанию скармливания ферментативно-пробиотических препаратов был проведен хронометраж поведенческих реакций коров (табл. 1) и рассчитаны индексы активности животных (табл. 2).

Известно, что у коров с увеличением молочной продуктивности закономерно сокращается время отдыха и значительно увеличивается продолжительность и скорость поедания потребляемых кормов. При скармливании кормовых добавок «Румит» и «Румит-V» у коров затрачивалось больше времени в целом на пищевые реакции, по сравнению с животными контрольной группы на 7,0 и 72,1 мин. (0,8 – 8,5%) соответственно.

Таблица 1

Хронометраж поведенческих реакций коров, (X±m_x)

Показатель	Группы коров					
	Контрольная		I опытная		II опытная	
	мин.	%	мин.	%	мин.	%
Пищевые, всего	846,7±22,2	58,8	853,7±40,1	59,3	918,8±32,9	60,4
в т. ч. потребление корма	302,7±9,5	21,0	342±5,3**	23,8	382,3±9,9***	26,6
пережевывание пищи стоя	134,0±23,9	9,3	146±64,1	10,1	152,5±25,5	7,1
пережевывания пищи лежа	410,0±33,2	28,5	365,7±51	25,4	384±63,52	26,7
Двигательные	212,0±41,8	14,7	212,3±65,9	14,7	259,7±64,7	18,0
Тормозные	381,3±35,4	26,5	374±75,0	26,0	312,3±36,8	21,7
Количество жевательных движений	25203		24486		24789	
Прием воды, раз	33,3±10,7		23,0±10,0		24,3±4,8	

P ≥ 0,01; *P ≥ 0,001.

Коровы опытных групп также более длительно поедали корм, по сравнению с животными, получавшими только основной рацион, на 13,0% (P≥0,01) и 26,3% (P≥0,001)

соответственно. У коров получавших пробиотики «Румит» и «Румит-V», увеличилось время на пережевывание корма на 9,0 и 13,8%.

Таблица 2

Индексы активности коров, (X±m_x)

Показатель	Группы коров		
	Контрольная	I опытная	II опытная
ИПА	0,588±0,01	0,593±0,01	0,603±0,02
ИДА	0,147±0,03	0,147±0,05	0,180±0,04
ИОА	0,735±0,02	0,740±0,05	0,783±0,03

Индекс пищевой активности у опытных животных, по сравнению с контролем, был выше на 0,005 и 0,015 соответственно. Вторая опытная группа коров была более активна, и по сравнению с контрольной и первой группами, разница в индексе двигательной активности составляла 22,5% в обеих группах. Наряду с этим, во второй опытной группе

отмечался наибольший индекс общей активности, и он составлял 0,783.

В ходе проводимых исследований было определено положительное влияние препаратов ферментативно-пробиотического действия «Румит» и «Румит-V» в рационах лактирующих коров на их продуктивные качества (табл. 3).

Таблица 3

Показатели молочной продуктивности коров, (X±m_x)

Показатели	Группы коров		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Среднесуточный удой молока, кг	31,3±0,7	31,6±1,0	33,0±0,4*
МДЖ, %	3,55±0,05	3,72±0,07*	3,61±0,06
МДБ, %	3,41±0,03	3,40±0,02	3,34±0,02
Валовой надой за период опыта, кг	2881±127	2906±122	3032±131
Среднесуточный удой молока баз. жирности, кг	31,5±1,1	33,8±2,5	34,2±0,5*
% к контролю	100,00	107,3	108,6
Валовой надой молока баз. жирности, кг	3008±102	3180±123	3219±115
Выход молочного жира, кг	32,9±1,5	35,2±2,9	35,6±0,5
Валовой выход молочного белка, кг	32,7±1,1	32,9±1,3	33,4±0,1

*P≥0,95.

По результатам исследований в опытных группах коров, получавших дополнительно пробиотики «Румит» и «Румит-V», суточный удой базисной жирности составил 33,8 и 34,2 кг (P≥0,05) соответственно, валовой надой базисной жирности – 3180 и 3219 кг молока, что выше чем у коров, получавших только основной рацион, на 172 кг (5,7%) и 211 кг (7,0%) соответственно.

Выводы. 1. Проведенные исследования по изучению пищевой активности и молочной продуктивности коров позволили сделать вывод, что использование в кормлении

пробиотиков «Румит» и «Румит-V» способствовало увеличению времени, затрачиваемого на пищевые реакции на 0,8 и 8,5% и, как следствие, повышению индекса пищевой активности у опытных животных.

2. Использование микробиологических препаратов способствовало повышению молочной продуктивности. У коров опытных групп, по сравнению с контролем, наблюдалось увеличение среднесуточного надоя базисной жирности на 7,3 и 8,6% (P≥0,05) и валового надоя базисной жирности на 5,7 и 7,0% соответственно.

Список источников

1. Набоков С.В. Анализ кормления стельных сухостойных и дойных коров в хозяйстве чернозёмной зоны страны // Наука и современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2021. С. 21-24.
2. Фоменко П.А., Богатырева Е.В. Химический состав и питательность кормов Вологодской области за 2022 год. Вологда: ФГБУН ВолНИЦ РАН, 2022. 54 с.
3. Овчарова А.Н., Петраков Е.С. Новые пробиотические препараты на основе *Lactobacillus reuteri* и перспективы использования их в животноводстве // Проблемы биологии продуктивных животных. 2018. № 2. С. 5-18. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbio.2018.2.5-18.
4. Воронова И.В., Игнатьева Н.Л., Немцева Е.Ю. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №1 (53). С. 164-169. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-164-169.
5. Баранова Н.С., Хоштария Г.Е. Пищевое поведение высокопродуктивных коров при использовании активатора рубцового пищеварения // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. Т. 3(59). С. 34-39. doi:10.35694/YARCX.2022.59.3.005.
6. Ma T., Suzuki Y., Guan L.L. Dissect the mode of action of probiotics in affecting host-microbial interactions and immunity in food producing animals // Veterinary Immunology and Immunopathology. 2018. Vol. 205. P. 35-48. doi: 10.1016/j.vetimm.2018.10.004.
7. Niranjana D., Sridhar N.B., Chandra U.S., Manjunatha S.S., Borthakur A., Vinuta M.H., Mohan B.R. Recent perspectives of growth promoters in livestock: an overview // Journal of Livestock Science. 2023. Vol. 14. P. 53-64. doi: 10.33259/JLivestSci. 2023. 53–64.
8. Малинин И. Пробиотики для жвачных: выбор и использование // Животноводство России. 2015. № S3. С. 50-52.
9. Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И., Дубровина Е.Г. [и др.] Влияние пробиотика Целлобактерин на продуктивность и здоровье новотельных коров // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 1. С. 18-20.
10. Chida S., Sakamoto M., Takino T., Kawamoto S., Hagiwara K. Changes in immune system and intestinal bacteria of cows during the transition period. // Veterinary and animal science. 2021. Vol. 14. 100222. doi: 10.1016/j.vas.2021.100222.
11. Дмитроченко А.П., Ольш Ю.К. К методике проведения длительных опытов по кормлению молочных коров // Кормление сельскохозяйственных животных. 1965. № 6. С. 417.
12. Венедиктова Т.Н. Методические рекомендации по применению хронометрии для изучения поведения крупного рогатого скота. М.: Дубровицы, 1982. 32 с.

MANIFESTATION OF NUTRITIONAL AND PRODUCTIVE FEATURES OF COWS WITH THE INCLUSION OF PROBIOTICS IN THE DIET

©2023. Yulia M. Smirnova^{1✉}, Andrey V. Platonov², Svetlana V. Surnacheva³,

Elgudzha E. Khoshtaria⁴

^{1,2,3}Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

²Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service of Russia, Vologda, Russia

⁴ «Zazerkalye», Gryazovetsky district, Vologda region, Russia

¹julya_smirnova_35@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9155-5110>

Abstract. To increase the efficiency of production and competitiveness of livestock products, high-grade feeding is of great importance. An integral task is to create conditions in the rumen of ruminants, under which feed mixtures are maximally digested and assimilated by an animal organism, and serve as preventive agents against diseases. The aim of the research is to study the nutritional and productive features of cows when the probiotics “Rumit” and “Rumit-V” are included in the diet. We conducted the experiment on the basis of the LLC “Zazerkalye” in the Gryazovetsky district of the Vologda Oblast. 3 groups of the Holsteinized Russian Black Pied cattle with 30 cows in each group (2 experimental and 1 control groups) were formed. The animals of the control group received the basic diet, and cows in the experimental groups received additionally the studied preparations at the rate of 50 g/head per day (90 days). As a result of the study it was stated that cows, which additionally received probiotics “Rumit” and “Rumit-V”, spent more time on food reactions by 7.0 and 72.1 min (0.8–8.5%), including much time for eating feed by 13.0% ($P \geq 0.01$) and 26.3% ($P \geq 0.001$), respectively. The time spent on feed chewing increased by 9.0 and 13.8% in animals of the experimental groups, respectively. Average daily milk yield was higher by 7.3 and 8.6% ($P \geq 0.05$) in cows which received feed additives to the basic diet. Gross milk yield of basic fat content for the whole period of the experiment in the first and second experimental groups was higher than in cows receiving only the basic diet by 172 kg (5.7%) and 211 kg (7.0%), respectively. As a result, the use of probiotics had a positive effect on nutritional activity and level of milk producing ability of cows.

Key word: cows, probiotics, timing, behavioral responses, indices, milk producing ability

References

1. Nabokov S.V. Analiz kormlenija stel'nyh suhostojnyh idojnyh korov v hozjajstvechernozjzomnojzony strany (Analysis of feeding of pregnant dry and dairy cows in the economy of the Chernozem zone of the country), Nauka i sovremennoe obrazovanie: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii, 2021, pp. 21-24.
2. Fomenko P.A., Bogatyreva E.V. Himicheskij sostav i pitatel'nost' kormov Vologodskoj oblasti za 2022 god (Chemical composition and nutritional value of the Vologda Oblast feeds in 2022), Vologda, FGBUN VolNC RAN, 2022, 54 p.
3. Ovcharova A.N., Petrakov E.S. Novye probioticheskie preparaty na osnove Lactobacillus reuteri I perspektivy ispol'zovanija ih v zhivotnovodstve (New probiotic drugs based on Lactobacillus reuteri and prospects for their use in animal husbandry), Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh, 2018, No. 2, pp. 5–18, doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.2.5-18.
4. Voronova I.V., Ignat'eva N.L., Nemceva E.Ju. Sovremennye aspekty kormlenija molochnyh korov (Modern aspects of feeding dairy cows), Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii, 2021, No. 1(53), pp. 164-169, doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-164-169.
5. Baranova N.S., Hoshtarija G.E. Pishhevoe povedenie vysokoproduktivnyh korov pri ispol'zovanii aktivatora rubcovogo pishhevarenija (Nutritional behavior of highly productive cows when using a scar digestion activator), Vestnik APK Verhnevolzh'ja, 2022, T 3(59), pp. 34-39, doi:10.35694/YARCX.2022.59.3.005.
6. Ma T., Suzuki Y., Guan L.L. Dissect the mode of action of probiotics in affecting host-microbial interactions and immunity in food producing animals, Veterinary Immunology and Immunopathology, 2018, Vol. 205, pp. 35-48, doi: 10.1016/j.vetimm.2018.10.004.
7. Niranjana D., Sridhar N.B., Chandra U.S., Manjunatha S.S., Borthakur A., Vinuta M.H., Mohan B.R. Recent perspectives of growth promoters in livestock: an overview, Journal of Livestock Science, 2023, Vol. 14, pp. 53-64, doi: 10.33259/JLivestSci.
8. Malinin I. Probiotiki dljazhvachnyh: vybor i ispol'zovanie (Probiotics for ruminants: selection and use), Zhivotnovodstvo Rossii, 2015, No. S3, pp. 50-52.
9. Laptev G.Ju., Novikova N.I., Dubrovina E.G. [i dr.] Vlijanie probiotika Cellobakterin na produktivnost' i zdorov'e novotel'nyh korov (The effect of the probiotic Cellobacterin on the productivity and health of fresh cows), Molochnoeimjasnoeskotovodstvo, 2016, No. 1, pp. 18-20.
10. Chida S., Sakamoto M., Takino T., Kawamoto S., Hagiwara K. Changes in immune system and intestinal bacteria of cows during the transition period. Veterinary and animal science, 2021, Vol. 14, 100222, doi: 10.1016/j.vas.2021.100222.
11. Dmitrochenko A.P., Oil'Ju.K. K metodike provedenija dlitel'nyh opytov po kormleniju molochnyh korov (On the methodology of conducting long-term experiments on feeding dairy cows), Kormlenie sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh, 1965, No. 6, pp. 417.
12. Venediktova T.N. Metodicheskie rekomendacii po primeneniju hronometrii dlja izuchenija povedenija krupnogo rogatogo skota (Methodological recommendations on the use of chronometry for studying the behavior of cattle), M, Dubrovicy, 1982, 32 p.

Сведения об авторах

Ю.М.Смирнова^{1✉} – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;
А.В. Платонов^{1,2} – канд. биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник;
С.В. Сурначева¹ – старший лаборант;
Е.Е. Хоштария³ – канд. с.-х. наук, доцент, председатель.
¹Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия
²Вологодский институт права и экономики ФСИН России, Вологда, Россия
³«Зазеркалье», Грязовецкий район, Вологодская область, Россия
julya_smirnova_35@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9155-5110>

Information about the authors

Yu.M. Smirnova^{1✉} – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;
A.V. Platonov^{1,2} – Cand. Biol. Sci., Leading Researcher;
S.V. Surnacheva¹ – Senior Assistant;
E.E. Khoshtaria³ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor, chairman of the farm.
¹Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia
²Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service of Russia, Vologda, Russia
³«Zazerkalye», Gryazovetsky district, Vologda region, Russia
julya_smirnova_35@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9155-5110>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 10.08.2023; одобрена после рецензирования 19.09.2023; принята к публикации 10.11.2023
The article was submitted 10.08.2023; approved after reviewing 19.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНОМАТОК КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ ЛИНИИ АЛАНГАСАРА 114 И АЛАНГАСАРА 115

©2023. Рафаил Агзамович Файзуллин^{1✉}, Марат Ринатович Сайфутдинов²,

^{1,2} Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН,

Ижевск, Россия,

¹ugniish-nauka@yandex.ru

Аннотация. Исследования проводились в период с 2021 по 2022 годы на племзаводе ООО «Россия» Можгинского района Удмуртской Республики. Объектом исследований были свиноматки крупной белой породы новых линий Алангасара 114 и Алангасара 115 в количестве 19 и 27 голов. Условия кормления и содержания опытных животных были одинаковыми. Кормление свиноматок проводилось полнорационным комбикормом рецепта СПК - 2, а подсосных поросят – комбикормом марки «Делфи». Изучалась воспроизводительная способность свиноматок по многоплодию, молочности, массе гнезда в 2 месяца по 4 опоросам. Оценка свиноматок новых линий Алангасара 114 и Алангасара 115 по выравненности гнезд проводилась путем вычисления среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации живой массы поросят при рождении по 76 и 108 гнездам за 4 опороса. Оценка жизнеспособности поросят проводилась с учетом количества поросят при рождении и количества поросят к отъему в 2 месяца за 4 опороса. Данные по воспроизводительным качествам свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 были обработаны с помощью программы Microsoft Excel. Достоверность данных воспроизводительных признаков определяли с использованием критерия Стьюдента. Изучение репродуктивных качеств свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 показало, что они превосходили средний уровень в стаде по многоплодию на 1,25-1,50 поросенка ($P < 0,90$), молочности – на 2,56-3,01 кг ($P > 0,90-0,95$) и массе гнезда в 2 месяца – на 41,51-47,66 кг ($P > 0,999$). Свиноматки новых линий по сравнению со средним показателем по стаду имели более выравненные гнезда по живой массе поросят при рождении ($\sigma = 0,53-0,91$ кг) и ($Cv = 30,28-50,56$ %) против ($\sigma = 1,48$ кг) и ($Cv = 89,70$ %). Сохранность поросят, рожденных от свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115, была выше, чем в среднем по стаду, на 4,95-5,68 % ($P > 0,99$).

Ключевые слова: крупная белая порода, линии, свиноматки, многоплодие, молочность, масса гнезда в 2 месяца, выравненность гнезда, сохранность поросят, индексная оценка

Введение. Воспроизводительные качества свиней, являясь важнейшими хозяйственно-полезными признаками, имеют большое значение не только для воспроизводства стада, но и для свиноводческой отрасли в целом [1, 2]. К репродуктивным признакам относятся такие показатели, как супоросность, многоплодие, крупноплодность, выравненность гнезда, масса гнезда в 21 день и в 2 месяца, количество поросят к отъему в 2 месяца и многие другие. Каждый из этих признаков характеризуется высокой вариабельностью. Так, например, длительность супоросности варьирует от 102 до 125 дней, многоплодие может находиться в пределах от 2 до 34 голов, крупноплодность –

от 0,5 до 2,5 кг, а масса гнезда в 21 день – от 30,0 до 35,0 кг, в отдельных случаях достигать 500,0 кг [3, 4].

Наиболее значимыми из вышеупомянутых репродуктивных признаков для воспроизводства стада являются многоплодие, крупноплодность и выравненность (однородность) гнезда.

Многоплодие является основным репродуктивным признаком, имеющим низкую степень наследуемости ($h^2 = 0,09-0,12$), которая зависит от многих факторов, и в первую очередь от наследственности той или иной породы. Так, плодовитость свиноматок пород пьетрен и дюрок составляет 9-10 поросят на опорос, у свиноматок брейтовской

и сибирской северной – 10-14 поросят, а у свиноматок китайской породы мейшан – 15-16 поросят на опорос [5, 6, 7, 8]. Многоплодие зависит также от уровня содержания, кормления и возраста свиноматки. При полноценном кормлении и хорошем содержании свиноматки в течение года за 2 опороса способны вырастить 25-30 поросят. При полноценном кормлении и хорошем содержании свиноматки могут быть плодовитыми до 8 опоросов, но в среднем многоплодие взрослых свиноматок повышается до 5-6 опоросов, а затем снижается [9, 10]. Как видно, на многоплодие свиноматки оказывают влияние многие факторы. Однако многоплодие влияет на общую массу гнезда при выращивании потомства: чем многоплодие выше, тем больше поросят к отъему [11]. В нашей стране уделялось и уделяется большое внимание многоплодию свиней, благодаря чему отечественные породы обладают высокими показателями по этому важному репродуктивному признаку. Не менее значимым признаком воспроизводительных качеств является крупноплодность, который характеризуется низкой степенью наследуемости ($h^2 = 0,01-0,14$), но имеющий большое значение в дальнейшем росте и развитии животного. Крупные поросята, весящие от 1,00-1,30 кг и более, лучше развиваются, что положительно отражается на их дальнейшей продуктивности [11, 12].

Известно, что крупноплодность имеет отрицательную связь с многоплодием от ($r = -0,28$) до ($r = -0,36$) [12]. То есть, чем выше многоплодие, тем меньше масса поросят при рождении. Однако в современных свиноводческих хозяйствах, благодаря сбалансированному кормлению свиней, как многоплодие, так и крупноплодность поросят имеют достаточно высокие показатели. Так по данным А. Д. Левшина, многоплодие и крупноплодность свиноматок крупной белой породы и породы СМ - 1 составили: 11,50-12,10 головы и 1,25-1,29 кг. По свиноматкам помесных сочетаний (СМ-1×КБ) и (КБ×СМ-1) многоплодие и крупноплодность, соответственно, составили 12,00-12,90 голов и 1,28-1,29 кг [13]. Важным, но малоизученным признаком воспроизводительных качеств является выравненность (однородность) гнезда. Оценка свиноматок по выравненности гнезда позволяет отбирать свиноматок с высокими продуктивными качествами [14].

Известно, что репродуктивные признаки играют огромную роль в свиноводческой отрасли, определяющие ее эффективность, а, значит и рентабельность. Именно они оказывают непосредственное влияние на выход свинины, что важно для обеспечения населения нашей страны полноценной и экологически безопасной мясной продукцией собственного производства. По данным И.А. Авоян, (2019 г.) и А.Л. Перевозчикова, (2017 г.) [15, 16] свинина – источник полноценного и легкоусвояемого белка (90-95 %), незаменимых аминокислот микро- и макроэлементов и других соединений.

Для обеспечения населения России биологически полноценным мясом доля свинины в структуре потребления мяса должна составлять 38 % [17]. Решить эту проблему можно двумя способами: завозом импортного генетического материала и улучшением продуктивных качеств свиней отечественных пород. Многие иностранные и отечественные исследователи отмечают, что использование генетического материала зарубежной селекции при производстве свинины позволяет быстро наращивать поголовье. Однако другие ученые придерживаются мнения, что ни в коем случае нельзя комплектовать отечественные предприятия животными зарубежной селекции. Так, по мнению Н.П. Казанцевой [18], из-за отсутствия в большинстве свиноводческих хозяйств, соответствующей материально-технической базы, которая отвечала бы особенностям организма животных с повышенной мясностью и интенсивностью роста, приводит к расстройствам, отражающимся в первую очередь на их воспроизводительных функциях. Кроме того, завоз свиней импортной селекции поставил отечественную свиноводческую отрасль в прямую зависимость от импорта генетического материала. Поэтому одной из важнейших задач селекционно-племенной работы является совершенствование отечественных материнских пород, таких как крупная белая порода. Животные этой породы относятся к универсальному типу продуктивности. К достоинствам свиней этой породы также можно отнести достаточно высокие воспроизводительные качества: многоплодие – 11-12 поросят за опорос, молочность – 60-70 кг [19].

Говоря о совершенствовании продуктивных качеств свиней материнских

пород, необходимо отметить, что селекционно-племенная работа должна вестись с использованием современных методов селекции, таких как геномная селекция. Рядом иностранных исследователей установлено, что применение селекции на уровне геномов позволило улучшить продуктивные качества свиней за счет увеличения частоты благоприятных аллелей с помощью искусственного отбора [20, 21]. Таким образом, исходя из вышеупомянутого, следует, что воспроизводительные качества свиней – это важные хозяйственно-полезные признаки, определяющие эффективность свиноводства как отрасли. Поэтому их изучение имеет практическое значение и является актуальным.

Цель исследований: изучить воспроизводительные качества свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115.

Методика. Исследования проводились в период с 2021 по 2022 годы на племзаводе ООО «Россия» Можгинского района Удмуртской Республики. Объектом исследований были свиноматки крупной белой породы линии Алангасара 114 и Алангасара 115 в количестве 19 и 27 голов. Условия кормления и содержания опытных животных были одинаковыми. Кормление свиноматок проводилось комбикормом марки СПК - 2, а подсосных поросят – комбикормом марки «Делфи». Изучались репродуктивные качества свиноматок по таким показателям, как многоплодие, молочность, сохранность поросят в 2 месяца, масса гнезда в 2 месяца. Анализ воспроизводительных качеств свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 проводился по 4 опоросам. По полученным данным линий Алангасара 114 и Алангасара 115 был рассчитан комплексный показатель воспроизводительных качеств по формуле:

$$КПВК = 1,1 * X1 + 0,3 * X2 + 3,3 * X3 + 0,35 * X4,$$

где X1 – многоплодие, гол.; X2 – молочность, кг; X3 – количество поросят в 2 месяца; X4 – масса гнезда в 2 месяца [22] 1,1; 0,3; 3,3; 0,35 – константные величины, полученные методом множественного регрессионного анализа [22].

При изучении воспроизводительных качеств свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 была проведена оценка выравненности (однородности) гнезд и оценка жизнеспособности поросят. Оценка свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 по однородности гнезд проводилась путем вычисления среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации живой массы поросят при рождении по 76 и 108 гнездам за 4 опороса. Оценка жизнеспособности поросят проводилась с учетом количества поросят при рождении и количества поросят к отъему в 2 месяца за 4 опороса. Для определения корреляционной связи между жизнеспособностью поросят и их средней живой массой при рождении был вычислен коэффициент корреляции.

Данные по воспроизводительным качествам свиноматок Алангасара 114 и Алангасара 115 были обработаны биометрически с помощью программы Microsoft Excel. Достоверность средних арифметических определяли с использованием критерия Стьюдента. Среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариаций и корреляций были вычислены по методике Н.А. Плохинского [23].

Результаты. Данные по репродуктивным качествам свиноматок основного стада ООО «Россия» представлены в таблице 1.

Таблица 1

Воспроизводительные качества свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115

Линия	Количество опоросов	Показатели			
		Многоплодие, гол.	Молочность, кг	Количество поросят в 2 мес., гол.	Масса гнезда в 2 мес, кг
		$X \pm m_x$	$X \pm m_x$	$X \pm m_x$	$X \pm m_x$
Алангасар 114 (n = 19)	4	12,50 ± 1,28	60,28 ± 0,92	11,45 ± 0,32	213,32 ± 3,00
Алангасар 115 (n = 27)	4	12,25 ± 0,53	59,83 ± 0,96	11,15 ± 0,60	207,17 ± 3,39
Среднее по стаду (n = 54)	4	11,00 ± 0,75	57,27 ± 1,00	9,45 ± 0,17	165,66 ± 3,90

Анализ таблицы показал, что свиноматки линии Алангасара 114 и Алангасара 115 обладают высокими показателями по многоплодию – 12,25-12,50 головы, молочности – 59,83-60,28 кг, количеству поросят в 2 месяца – 11,15-11,45 головы и массе гнезда в 2 месяца – 207,17-213,32 кг, что отвечает требованиям класса элита. При этом они превосходили средний уровень по стаду по многоплодию – на 1,25-

1,50 поросенка ($P < 0,90$), молочности – на 2,56-3,01 кг ($P > 0,90-0,95$), количеству поросят при отъеме в возрасте 2-х месяцев – на 1,70-2,00 головы ($P > 0,99-0,999$), массе гнезда в 2 месяца – 41,51-47,66 кг ($P > 0,999$).

С целью более точной оценки свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 был вычислен комплексный показатель воспроизводительных качеств (табл. 2).

Таблица 2

Комплексный показатель воспроизводительных качеств свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115

Линия	Показатели				КПВК
	Многоплодие, гол.	Молочность, кг.	Количество поросят в 2 мес., гол.	Масса гнезда в 2 мес, кг	
	$X \pm mx$	$X \pm mx$	$X \pm mx$	$X \pm mx$	Общий балл
x_1	x_2	x_3	x_4		
Алангасар 114 (n = 19)	13,75 ± 0,93	18,08 ± 0,19	37,78 ± 0,46	74,66 ± 0,54	144,27 ± 0,31
Алангасар 115 (n = 27)	13,47 ± 0,45	17,95 ± 0,12	36,79 ± 1,11	72,51 ± 0,45	140,72 ± 1,54
Среднее по стаду (n = 54)	12,10 ± 0,89	17,18 ± 0,21	31,18 ± 0,25	57,98 ± 0,83	118,44 ± 0,55

Из таблицы 2 следует, что селекционный индекс репродуктивных качеств по свиноматкам линии Алангасара 114 и Алангасара 115 соответственно составил 144,27 балла и 140,72 балла, что на 22,28-25,83 балла выше ($P > 0,999$), чем в среднем по стаду.

Оценивая репродуктивные качества свиноматок вышеупомянутых линий, была изучена выравненность (однородность) приплода в гнездах по живой массе при рождении (табл. 3).

Таблица 3

Выравненность гнезд свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115 в зависимости от живой массы поросенка при рождении (по 4 опоросам)

Линия	Количество гнезд	Живая масса 1 поросенка при рождении, кг (max - min)	Показатели вариационной статистики	
			Среднее квадратическое отклонение (σ , кг)	Коэффициент вариации (C_v , %)
Алангасар 114	76	2,20-1,40	0,91	50,56
Алангасар 115	108	2,10-1,40	0,53	30,28
Среднее по стаду	216	2,10-1,20	1,48	89,70

Из таблицы 3 видно, что свиноматки линии Алангасара 114 и Алангасара 115, по сравнению со средним уровнем по стаду, имели более выравненные гнезда по живой массе поросят при рождении (крупноплодности), о чем свидетельствуют такие показатели вариационной статистики, как среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. Так, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации по живой массе поросенка при рождении по свиноматкам линии Алангасара 114 и Алангасара 115 составили 0,53-0,91 кг и 30,28-50,56 %, что меньше, чем в среднем по стаду на 0,57-0,95 кг и на 39,14-59,42 %.

Анализируя репродуктивные качества свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115, была изучена сохранность поросят в зависимости от средней живой массы поросенка при рождении (табл.4). Анализ данных таблицы показал, что поросята, рожденные от свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115, обладая высокой средней живой массой при рождении – 1,75-1,80 кг, имели достаточно высокую сохранность к отъему в 2-х месячном возрасте – 90,85-91,58 %. При этом сохранность молодняка, полученного от маток линии Алангасара 114 и Алангасара 115, была достоверно выше среднего по стаду на 4,95-

5,68 % при вероятности безошибочных прогнозов ($P > 0,99$)

Таблица 4

Сохранность поросят в зависимости от средней живой массы при рождении (по 4 опоросам)

Линия	Количество поросят при рождении, гол.	Количество поросят в 2 месяца, гол.	Показатели	
			Средняя живая масса поросенка при рождении, кг	Сохранность поросят за 2 месяца, %
Алангасара 114	950,00	870,00	1,80 ± 0,10	91,58 ± 1,26
Алангасара 115	1323,00	1202,00	1,75 ± 0,04	90,85 ± 0,92
Среднее по стаду	2376,00	2041,00	1,65 ± 0,11	85,90 ± 1,29

Изучая жизнеспособность поросят в зависимости от средней живой массы при рождении (крупноплодности), была выявлена положительная прямолинейная корреляционная связь между ними. При этом коэффициенты корреляции между сохранностью поросят за 2 месяца и крупноплодностью в линии Алангасара 114 составил ($r = + 0,68$), а в линии Алангасара 115 – ($r = + 0,48$) при ($P > 0,95$).

Выводы:

1. Свиноматки новых линий Алангасара 114 и Алангасара 115 обладают высокими репродуктивными качествами, отвечающими требованиям класса элита. Их селекционный индекс по воспроизводительным качествам был достоверно выше на 22,28-25,83 балла ($P > 0,999$), чем в среднем по стаду.

2. Свиноматки новых линий по сравнению со средним по стаду имели более выравненные гнезда по живой массе поросят при рождении ($\sigma = 0,53-0,91$ кг) и ($Cv = 30,28-50,56$ %) против ($\sigma = 1,48$ кг) и ($Cv = 89,70$ %).

Подсосные поросята, рожденные от свиноматок линии Алангасара 114 и Алангасара 115, обладая высокой средней живой массой при рождении – 1,75-1,80 кг, имели достаточно высокую сохранность к 2-х месячному возрасту – 90,85-91,58 %. Из этого следует, что живая масса поросят при рождении и их жизнеспособность взаимосвязаны друг с другом, что подтвердила выявленная положительная корреляционная связь между ними, которая составила в линии Алангасара 114 ($r = + 0,68$), а в линии Алангасара 115 ($r = + 0,48$) при ($P > 0,95$).

Список источников

1. Кононенко С. И. Каграманов А. Р. Полиморфизм гена H-FABP и его роль в формировании продуктивности свиной разных пород // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. Т.1. № 29. С. 151-154.
2. Плясунов Е. Д., Матросов Ю. В. Влияние генотипа на воспроизводительные качества свиноматок и показатели роста поросят // Вестник курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 45-47.
3. Зеленина О. В., Королева Е. В., Тараканова Н. С. Воспроизводительные качества свиноматок в условиях промышленного комплекса // Эффективное животноводство. 2021. № 9. С. 84-85. Doi: 10.24412/ci-33489-2021-9-84-85.
4. Файзуллин Р.А., Сайфутдинов М.Р. Некоторые хозяйственно-полезные признаки свиней крупной белой породы ООО «Россия» // Аграрная наука. 2021. № 11-12. С. 56-59.
5. Van, V.T.K., Due N.V. Heritabilities, genetic and phenotypic correlations between reproductive performance in Mong Cal and Large White breeds // Proc. Assoc. Advmt/Anim. Breed. Genet. 1999. Vol.13. P. 153-156.
6. Holm, B. et al. Genetic correlations between reproduction and production traits in swine // J. Anim. Sci. 2004. № 2. P.3458–3464.
7. Krupa E., Wolf J. Simultaneous estimation of genetic parameters for production and litter size traits in Czech Large White and Czech Landrace pigs // Czech J. Anim. Sci. 2013. № 58. P. 429-436.
8. Хохлов А. М., Барановский Д.И. Воспроизводительные качества свиноматок в зависимости от биологических и технологических факторов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3(61). С. 37-41.
9. Соколов Н.В., Свистунов А. А. Наследуемость репродуктивных показателей у производителей породы Йоркшир // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 1(55). Ч. 2. С. 119-123. Doi: 10.23670/IRJ. 2017-55.176.
10. Герасимов В. И., Данилова Т. Н., Барановский Д.И., Пронь Е.В., Хохлов А. М. Биологические особенности свиней // Многоплодие и молочность [электронный ресурс] // сайт Руснаука. URL.: http://www.Rusnauka.com/31_ONGB_2009/Veterinaria/54495.doc.html (дата обращения 04. 07. 2023).
11. Панькова Е.Н. Оценка воспроизводительных качеств племенных хряков и свиноматок // Пермский аграрный вестник. 2022. №1. С. 103-108. Doi: 10.47737/2307-2873_2022_37_103.
12. Новицкий И. Основные селекционируемые признаки свиней [электронный ресурс] // сайт сельхозпортал. URL.: <https://сельхозпортал.РФ/articles/osnovnye-selektcioniruemye-priznaki/> (дата обращения 04. 07. 2023).
13. Левшин А. Д. Репродуктивные качества свиноматок при чистопородном разведении и скрещивании // Свиноводство. 2021. № 8. С. 17-20. Doi: 10.37925/0039-713X-2021-8-17-20.

14. Халак В. Оценка свиноматок по воспроизводительным качествам // Животноводство России. 2019. № 10. С. 21-22. Doi: 10.25701/zgr. 2019.79.36.011.
15. Авоян И. А. Повышение воспроизводительных качеств свиноматок и мясной продуктивности их потомства за счет использования в рационах препарата «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом: дис. ... канд. с/х наук. Волгоград. 2019. 141 с.
16. Перевозчиков А. Л. Продуктивность и воспроизводительные качества свиноматок при использовании витаминно-минерального препарата «Витолиго М»: дис. ... канд. с/х наук. Москва. 2017. 128 с.
17. Перевойко Ж. А., Косилов В. И. Воспроизводительная способность свиноматок крупной белой породы и ее двух-трех породных помесей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 6(50). С. 161-163.
18. Казанцева Н. П., Краснова О. А., Васильева М. И., Хардина Е. В. Воспроизводительные качества гибридных свиноматок при скрещивании с хряками Дюрок // Аграрный вестник Урала. 2020. № 8(199). С. 43-50. Doi: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-43-50
19. Чернова С. Е. Эффективность использования паратипических факторов, повышающих продуктивные качества свиней в условиях промышленных комплексов: дис. ... канд. с/х наук. Чебоксары. 2018. 134 с.
20. Wang K., Jules Hernandez-Sanchez, Devu Liu, Jie Chen, Cheng Kun Liu, Zhenfang Wu, Vteing Fang, Ning Li. Genome wide association analysis reveals new production trait genes in a male Duroc population // PLoS ONE. 2015. Vol. 10. № 9. P. 42-44. Doi: 10.1371/journal.pone. 0139207.
21. Young-Sup Lee, Donghyun Shin, Kyeong-Hye Won, Dae Cheol Kim, Sang Chul Lee, Ki-Duk Song. Genome-wide scans for detecting the selection signature of the Jeju-is-land native pig in Korea. Asian-Australas // J. Anim Sci. 2020. Vol. 33(4). P. 539-546.
22. Трухачев В. И., Филенко В. Ф., Растоваров Е. И. Практическое свиноведение: учебное пособие. Ставрополь: «Агрус», 2010. 264 с.
23. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников: учебник. М.: Колос, 1969. 256 с.

THE REPRODUCTIVE QUALITIES OF THE SOWS OF THE LARGE WHITE BREED OF THE LINES ALANGASARA 114 AND ALANGASARA 115

©2023. Rafail A. Fayzullin^{1✉}, Marat R. Sayfutdinov²,

^{1,2}Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Udmurt Republik, Izhevsk, Russia,

¹ugniish-nauka@yandex.ru

Abstract. The research was carried out in the period from 2021 to 2022 in the breeding farm “Rossiya” LLC, Mozhginsky district of the Udmurt Republic. The object of the research was the sows of the Large White breed of the new lines Alangasara 114 and Alangasara 115 in the amount of 19 and 27 heads, respectively. The conditions for feeding and keeping the experimental animals were the same. The sows were fed with the complete mixed fodder of the recipe SPK-2, the suckling piglets were given mixed fodder “Delphi”. The reproductive ability of the sows was studied on prolificacy, milking ability, weight of the nest in 2 months at 4 farrows. The evaluation of the sows of new lines Alangasara 114 and Alangasara 115 based on the nest uniformity was carried out by calculating the average square deviation and the coefficient of variation of the live mass of newborn piglets in 76 and 108 nests at 4 farrows. The evaluation of the viability of piglets was carried out taking into account the number of piglets at birth and the number of piglets at the age 2 months at 4 farrows. The data on the reproductive qualities of the sows of the lines Alangasara 114 and Alangasara 115 were processed with the program Microsoft Excel. The data reliability of the reproductive qualities was determined using the Student’s test. The study of the reproductive qualities of the sows of the lines Alangasara 114 and Alangasara 115 showed that these sows exceeded the average level in the herd on the prolificacy - by 1.25-1.50 piglets ($P < 0.90$), milking ability - by 2.56-3.01 kg and the weight of the nest in 2 months - by 41.51-47.66 kg ($P > 0.999$). The sows of the new lines, in comparison with average indicators in the herd, had better nest uniformity on the live mass of piglets at birth ($\sigma = 0.53-0.91$ kg) and ($Cv = 30.28-50.56$ %) against ($\sigma = 1, 48$ kg) and ($Cv = 89.70$ %). The viability of the piglets born from sows of the lines Alangasara 114 and Alangasara 115 was higher than the average one in the herd by 4.95-5.68 % ($P > 0.99$).

Key words: Large White breed, lines, sows, prolificacy, milking ability, weight of the nest in 2 months, nest uniformity, viability of piglets, index score

References

1. Kononenko S. I. Kagramanov A. R. Polimorfizm gena H-FABP i ego rol' v formirovanii produktivnostisvinei raznykh porod (Polymorphism of the H-FABP gene and its role in the formation of the productivity of pigs of different breeds), Trudy Kubanskogogosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2011, T.1, No 29, pp . 151-154.

2. Plyasunov E. D., Matrosov Yu. V. Vliyanie genotipa na vosproizvoditel'nye kachestva svinomatok I pokazateli rosta porosyat (Influence of the genotype on the reproductive qualities of sows and growth rates of piglets), Vestnik kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2020, № 1, pp. 45-47.
3. Zelenina O. V., Koroleva E. V., Tarakanova N. S. Vosproizvoditel'nye kachestva svinomatok v usloviyakh promyshlennogo kompleksa (Reproductive qualities of the sows in an industrial complex), Effektivnoe zhivotnovodstvo, 2021, No 9, pp. 84-85. Doi: 10.24412/cl-33489-2021-9-84-85.
4. Faizullin R.A., Saifutdinov M.R. Nekotorye khozyaistvenno-poleznye priznaki svinei krupnoi beloi porody OOO «Rossiya» (Some economically useful qualities of the pigs of the Large White breed in the LLC "Rossiya"), Agrarnaya nauka, 2021, No 11-12, pp. 56-59.
5. Van, V.T.K., Due N.V. Heritabilities, genetic and phenotypic correlations between reproductive performance in Mong Cal and Large White breeds, Proc. Assoc. Advmt/Anim. Breed. Genet, 1999, Vol.13, pp. 153-156.
6. Holm, B. et al. Genetic correlations between reproduction and production traits in swine, J. Anim. Sci., 2004, No. 2. pp. 3458-3464.
7. Krupa E., Wolf J. Simultaneous estimation of genetic parameters for production and litter size traits in Czech Large White and Czech Landrace pigs, Czech J. Anim. Sci., 2013, No 58, pp. 429-436
8. Khokhlov A. M., Baranovskii D.I. Vosproizvoditel'nye kachestva svinomatok v zavisimosti ot biologicheskikh i tekhnologicheskikh faktorov (Reproductive qualities of the sows depening on the biological and the technological factors), Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2017, No 3(61), pp. 37-41.
9. Sokolov N.V., Svistunov A. A. Nasleduemost' reproduktivnykh pokazatelei u proizvoditelei porody Iorkshir (The heritability of the reproductive features of the sires of the Yorkshire breed), Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal, 2017, No 1(55), Ch. 2, pp. 119-123. Doi: 10.23670/IRJ. 2017-55.176.
10. Gerasimov V. I., Danilova T. N., Baranovskii D.I., Pron' E.V., Khokhlov A. M. Biologicheskie osobennosti svinei. Mnogoplodie I molochnost' (Biological features of the pigs. Prolificacy and milking ability) [elektronnyi resurs], sait Rusnauka, URL.: http://www.Rusnauka.com/31_ONGB_2009/Veterinaria/54495.doc.html (data obrashcheniya 04. 07. 2023).
11. Pan'kova E.N. Otsenka vosproizvoditel'nykh kachestv plemennykh khryakov I svinomatok (Evaluation of the reproductive qualities of the breeding boars and the sows), Permskii agrarnyi vestnik, 2022, No1, pp. 103-108. Doi: 10.47737/2307-2873_2022_37_103.
12. Novitskii I. Osnovnye selektsioniruemye priznaki svinei (The basic selection traits of the pigs) [elektronnyi resurs], sait sel'khozportal, URL.: <https://selkhozportal.RF/articles/osnovnye-seletktsioniruemye-priznaki> (data obrashcheniya 04.07.2023).
13. Levshin A. D. Reprodukivnye kachestva svinomatok pri chistoporodnom razvedenii I skreshchivanii (The reproductive qualities of sows in purebred breeding and crossing), Svinovodstvo, 2021, No 8, pp. 17-20. Doi: 10.37925/0039-713Kh-2021-8-17-20.
14. Khalak V. Otsenka svinomatok po vosproizvoditel'nykh kachestvam (Evaluation of the sows on the reproductive qualities), Zhivotnovodstvo Rossii, 2019, No 10. pp. 21-22. Doi: 10.25701/zsr.2019.79.36.011.
15. Avoyan I. A. Povyshenie vosproizvoditel'nykh kachestv svinomatok i myasnoi produktivnosti ikh potomstva za schet ispol'zovaniya v ratsionakh preparata «Batsell» otdel'no i sovmestno s prirodnykh bishofitom (Improving of the reproductive qualities of sows and the meat productivity of their offspring using in the diet of the drug "Bacell" separately and together with natural bischofite): dis. ... kand. s/kh. nauk, Volgograd, 2019, 141p.
16. Perevozchikov A. L. Produktivnost' i vosproizvoditel'nye kachestva svinomatok pri ispol'zovanii vitaminno-mineral'nogo preparata «Vitoligo M» (Productivity and reproductive qualities of the sows using the vitamin and mineral preparation "Vitoligo M"): dis. ... kand. s/kh. nauk, Moskva, 2017, 128 p.
17. Perevoiko Zh. A., Kosilov V. I. Vosproizvoditel'naya sposobnost' svinomatok Krupnoi Beloi porody i ejo dvukh-trekh porodnykh pomesei (The reproductive ability of the sows of Large White breed and its two-three breed crosses), Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2014, No 6(50), pp. 161-163.
18. Kazantseva N. P., Krasnova O. A., Vasil'eva M. I., Khardina E. V. Vosproizvoditel'nye kachestva gibridnykh svinomatok pri skreshchivanii s khryakami Dyurok (Reproductive qualities of hybrid sows when crossed with boars of the Duroc breed), Agrarnyi vestnik Urala, 2020, No 8(199), pp. 43-50. Doi: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-43-50.
19. Chernova S. E. Effektivnost' ispol'zovaniya paratipicheskikh faktorov, povyshayushchikh produktivnye kachestva svinei v usloviyakh promyshlennykh kompleksov (The effectiveness of the use of paratypical factors improving the productive qualities of pigs in the conditions of industrial complexes) dis. ... kand. s/kh. nauk. Cheboksary. 2018. 134 s.
20. Wang K., Jules Hernandez-Sanchez, Devu Liu, Jie Chen, Cheng Kun Liu, Zhenfang Wu, Vteing Fang, Ning Li. Genome wide association analysis reveals new production trait genes in a male Duroc population, PLoS ONE, 2015, Vol. 10, No 9, pp. 42-44.
21. Young-Sup Lee, Donghyun Shin, Kyeong-Hye Won, Dae Cheol Kim, Sang Chul Lee, Ki-Duk Song. Genome-wide scans for detecting the selection signature of the Jeju-is-land native pig in Korea. Asian-Australas, J. Anim Sci., 2020, Vol. 33(4), pp. 539-546
22. Trukhachev V. I., Filenko V. F., Rastovarov E. I. Prakticheskoe svinovedenie (The practical pig breeding), Stavropol': «Agrus», 2010, 264 p.
23. Plokhinskii N. A. Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov, uchebnik (The guidance on biometrics for livestock specialists), M.: Kolos, 1969, 256 p.

Сведения об авторах

Р. А. Файзуллин¹ – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник;

М. Р. Сайфутдинов² – научный сотрудник.

^{1,2} Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, РФ, 426067, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34

¹ugniish-nauka@yandex.ru

Information about the authors

R.A.Fayzullin¹ – Cand. Agr. Sci., Leading Researcher;

M.R.Sayfutdinov² – Researcher.

^{1,2}Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 34, T. Baramzino St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426067, Russia

¹ugniish-nauka@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 13.07.2023; одобрена после рецензирования 18.09.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 13.07.2023; approved after reviewing 18.09.2023; accepted for publication 10.11.2023

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА КОЗ ОРЕНБУРГСКОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ

©2023. Анатолий Васильевич Харламов¹, Алексей Николаевич Фролов², Виктор Алексеевич Панин³✉

^{1,2,3}ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН», Оренбург, Россия

³oniish@yandex.ru

Аннотация. Исследования проведены на козах оренбургской породы (n=100) в возрасте 36 месяцев, живой массой 38,63±0,72 кг. Экспериментальные исследования осуществлены в 2 этапа. На первом проведена оценка продуктивных качеств коз путем 2-кратной чески. На втором этапе, учитывая результаты показателей пуховой продуктивности коз, процентильным методом разделили их на 3 группы: I-я – до 25 процентиля (n=30, начес - 143,2±7,01 г), II-я – 25-75 процентиль (n=36, начес - 207,5±7,81 г), III-я – выше 75 процентиля (n=34, начес - 313,0±11,39 г). Оцениваемые показатели: концентрация 48 химических элементов в пуховом волокне, качественные характеристики пуха. Результаты эксперимента: в связи с тем, что пуховая продуктивность была критерием разделения животных на группы, самый большой начес пуха установлен у коз третьей группы, имевших достоверно более высокие его значения относительно сверстниц второй и третьей групп на 118,58 %, и 50,84 % соответственно. Оценка элементного статуса коз, на основании концентраций химических элементов в пухе, показала, что для низкопродуктивных коз были характерны большие концентрации Mg, Na, Se по сравнению со II-й группой и по Ca, Cd, Co, Mg, Pb, Si, Sr, V по сравнению с III-й, и низкие концентрации Ag.

Ключевые слова: коза, оренбургская порода, элементный статус, пуховая продуктивность, начес, качество пуха

Введение. Адекватное поступление минеральных веществ с кормом и водой необходимо для нормального функционирования организма и проявления продуктивных качеств. Это связано с присутствием химических элементов в составе ферментов, гормонов и витаминов. Не одна биохимическая реакция, проходящая в организме, невозможна без их участия [1-5].

Элементный статус животного можно оценивать при помощи различных биосубстратов: кровь, моча, волос, когти и т.п. При этом у неинвазивных методов имеется ряд преимуществ, включающих простоту отбора и продолжительное хранение полученного биоматериала без изменения своих свойств [6]. В медицине анализу волос уделяется большое внимание при определении дисбалансов минерального питания [7], диагностике онкологических заболеваний, интоксикаций токсичными металлами и др. [8]. Практика применения данных разработок в животноводстве значительно скромнее, и до

недавнего времени была ограничена прежде всего из-за имеющихся противоречивых данных в информативности такого подхода, что связано в первую очередь с использованием различных методов оценки концентраций химических элементов. Но с появлением высокоточных методов, таких как масс-спектрометрия, интерес к изучению данного вопроса существенно возрос. Элементный анализ волос (шерсти) может использоваться у домашних животных для оценки состояния здоровья и продуктивности, у диких животных – для экологического мониторинга ареала обитания [9-12].

Таким образом, выявление особенностей элементного статуса, в зависимости от различной продуктивности, позволит выявить элементы-маркеры, отвечающие за начес и качественные характеристики пуха, для дальнейшей адекватной коррекции низкопродуктивных животных [13-15].

Цель исследований – определить концентрацию химических элементов в

пуховом волокне коз оренбургской породы в зависимости от их продуктивных качеств. Задачи проведенного исследования состояли в определении минерального состава пуха коз для обнаружения особенностей накопления химических элементов в их шёрстном покрове и установления продуктивных качеств (величина пуховой продуктивности и качество пуха).

Объект исследования: козы оренбургской породы белой окраски.

Методика. Экспериментальная часть опыта проводилась на базе племенного хозяйства СПК (колхоз) «Донской» Оренбургской области (Россия) и включала 2 этапа. На первом этапе проведена оценка продуктивных качеств коз оренбургской породы (n=100, возраст 3 года), путем 2-кратной чески. Произведен отбор образцов пуха для изучения качественных характеристик пухового волокна и химического состава.

На втором этапе, на основании данных по общему начесу процентильным методом коз разделили следующим образом: первая группа 30 голов – до 25 перцентилей, вторая группа 36 коз – 25-75 перцентилей, третья группа 34 головы – выше 75 перцентилей.

При проведении исследования определяли следующие параметры: пуховая продуктивность – индивидуально по каждому подопытному животному; качественные

характеристики пуха (длина, тонина, физические, упруго-эластические свойства) и концентрацию 48 химических элементов в пухе у 10 животных каждой группы.

Отбор проб пуха производился с верхней части холки коз всех трех групп.

Разбивка коз по группам производилась согласно методике «Основы опытного дела в животноводстве» [16]. Изучение качества пуха выполняли в соответствии с разработанными ранее методиками [17-18].

Тест на нормальность распределения данных в исследуемых выборках определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Нормально распределенные данные обрабатывали в соответствии с общепринятым в последнее время параметрическим методом (t- критерий Стьюдента). В процессе подсчёта полученных результатов использован пакет прикладных программ Statistica 10.0.

Результаты. Предварительно перед ческой нами были обследованы все опытные животные, которые подтвердили нормальное физиологическое состояние. Так, температурный интервал тела был от 39,1 до 39,8 °С, частота пульса – 67,0–84,0 уд. /мин., плотность дыхания – 17,0–32,0 дых. движ. /мин., уровень показателей, определяемых в крови, находился в пределах физиологической нормы, индивидуальных существенных различий не обнаружено.

Таблица 1

Рацион кормления исследуемых коз оренбургской породы в зимний период (масса 35-40 кг), г

Вид корма	Количество	Корм. ед., кг	Обменная энергия, МДж	Сухое вещество	Протеин		Кальций	Фосфор	Каротин
					сырой	переваримый			
Сено злаковое	200,0	0,08	1,17	0,18	19,0	12,0	0,98	0,40	3,0
Сено бобовое	300,0	0,13	2,00	0,25	45,0	33,0	1,53	0,50	14,7
Силос кукурузный	800,0	0,16	2,00	0,22	20,0	11,0	1,9	0,30	16,0
Концентрированные корма	500,0	0,53	5,00	0,43	58,0	40,0	0,60	1,80	0,3
Соль	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Содержание, к.ед.	-	0,9	10,17	1,08	142,0	96,0	5,01	3,00	34,0
В норме, к.ед.	-	0,9	9,50	1,25	140,0	90,0	5,00	3,00	7,00

Зимой подопытных животных содержали в помещениях (кошарах) и на выгульно-кормовых площадках, в летний период – на пастбищах. В нашем исследовании удельный вес пастбищных кормов в структуре годового рациона составлял 75-80%. Кормление подопытных коз во всех группах осуществлялось в соответствии с рационом

(табл. 1). При составлении рациона брались за основу рекомендуемые нормы. В данном исследовании не предусмотрено методикой балансирование рациона пуховых коз по минеральным элементам. Нами проведен дугой опыт по введению в рацион коз оренбургской породы минеральных элементов.

На основании двух контрольных чесок белых коз (n=100, возраст 36 месяцев) оренбургской породы установлен валовый начес, который составил 22,41 кг, средний начес на 1 козу – 224 г. В дальнейшем, на основании данных по индивидуальному начесу, центильным методом произведена разбивка коз на 3 группы. Пуховая продуктивность сформированных групп представлена в таблице 2.

Максимальным начес пуха был у подопытных животных III-й группы (P<0,001), которые имели преимущество по сравнению с козами I-й группы на – 50,84 % или на 105,51 г, и II-й на – 118,58% или на 169,82 г (P<0,01). Козы II-й группы по показателю начеса пуха имели более высокое значение по сравнению с I-й – на- 44,91% или на 64,31 г (P<0,01).

Таблица 2

Пуховая продуктивность и качество пуха (X±Sx)

Показатель	Группа		
	I (n=30)	II (n=36)	III (n=34)
Начес, г	143,21±7,13	207,52±7,67**	313,03±11,22***
Истинная длина, мм	51,31±0,04	54,53±0,19	65,52±0,24*
Отклонения длины (Lim), мм	51,03 - 51,54	54,12 - 54,89	64,98 - 65,92
Прочность: абсолютная, гс	5,91±0,31	5,89±0,32	5,91±0,29
удельная, кгс/мм ²	23,02±0,96**	22,51±0,82*	22,24±0,68
Полное удлинение, %	47,31±0,72	47,66±0,47	46,89±0,67
Растяжимость, %/гс	8,82±0,62**	8,45±0,32	8,03±0,49
Деформация пуха, %: общая	88,79	88,68	88,54
упругая	22,10	23,01	22,22
эластическая	4,40	4,01	4,32
пластическая	62,29	61,66	62,00

Примечание (здесь и далее): * - P<0,05; ** - P<0,01; ***- P<0,001 по сравнению с I группой

К физико-механическим свойствам козьего пуха относятся тонина, длина, прочность, растяжимость, упругость, эластичность и цвет. В процессе изучения длины пуха установлено, что в III-й группе она была больше на 27,69 % или на 14,21 мм (P<0,05) по сравнению с I-й и на 20,15 % или на 10,99 мм (P<0,05) по сравнению со II-й группами.

В достаточной мере значимым физическим свойством пуховых волокон является прочность, оказывающая большое влияние на качество вырабатываемых изделий, которая выражается показателями абсолютной и относительной величины. Показатель прочности пухового волокна как индикатор физических свойств пуховых волокон в I-й группе был выше, чем у сверстниц из II-й на 2,3 % и из III-й – на 3,5 % (P<0,05).

Показатель удлинения пуховых волокон при растяжении, как и показатель прочности, характеризует важнейшие свойства волокон и имеет большое значение в процессе изготовления и эксплуатации изделий. Результаты наших исследований показали отсутствие достоверно значимых различий между сравниваемыми группами.

Оценка упруго-эластических свойств пуховых волокон, оцениваемая, как способность сохранять приданную массе объем и форму, показала, что у всех групп они были на одном уровне в независимости от продуктивных способностей животных.

Одним из важных оцениваемых признаков в пуховом козоводстве является его тонина. Чем тоньше пуховое волокно, тем более изящными и легкими вырабатываются пуховые изделия. Проведенный лабораторный анализ тонины пуха показал, что в указанном показателе имеются определенные межгрупповые отличия (рис. 1). Максимальный показатель тонины пуха среди изучаемых групп имели особи третьей (n=34) группы, что характеризует его как несколько более грубый. У них тонина на 8,53 % и на 1,30 мкм (P<0,05) превышала тонину пуха животных первой (n=30) группы. Показатели тонины пуха коз второй и третьей групп были близки по значению, а разница между ними недостоверной. Начес пуха коз оренбургской породы из 11 оцениваемых качественных показателей пухового волокна влияет на два: удельную прочность и тонину.

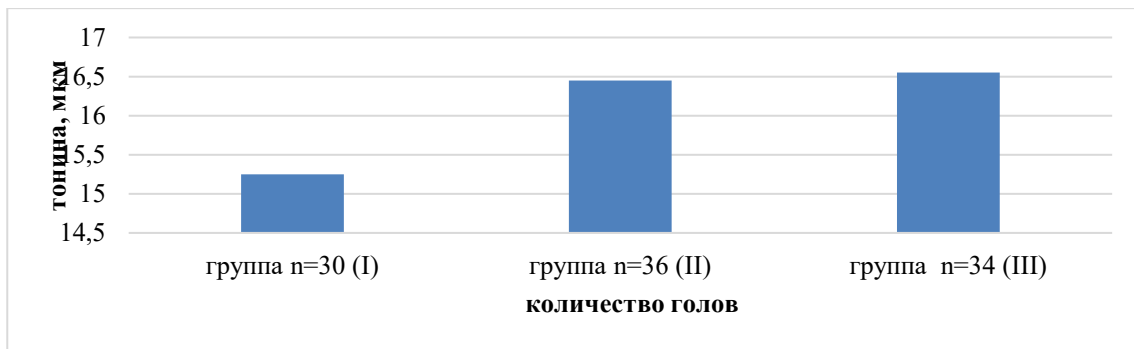


Рис 1. Тонина пуха, мкм
Fig 1. Down fineness, microns

Выполненная в эксперименте оценка концентраций 48 химических элементов позволила выявить наиболее значимые по некоторым из них, n=20 (табл. 3). Проведенный корреляционный анализ выявил химические элементы, положительно и отрицательно влияющие на продуктивные качества коз оренбургской породы: Ag (r = -0,64), As (r = -0,66), Cd (r = -0,66), Ba (r = -0,60), Be (r = -0,53), Ca (r = -0,55), Cr (r = -0,65), Mg (r = -0,62), Ti (r = -0,65) и V (r = -0,60).

Пуховые волокна в отобранном образце шерсти с холки коз I-й группы отличались

повышенной концентрацией Mg, Na, Se по сравнению со II-й и Ca, Cd, Co, Mg, Pb, Si, Sr, V по сравнению с III-й, при сниженной концентрации Ag.

Проведенный в нашем эксперименте корреляционный анализ показал достоверную связь концентраций химических элементов в пуховом волокне подопытных коз с общим начесом пуха по следующим элементам: Ag (r = 0,64), As (r = -0,66), Cd (r = -0,66), Ba (r = -0,60), Be (r = -0,53), Ca (r = -0,55), Cr (r = -0,65), Mg (r = -0,62), Ti (r = -0,65) и V (r = -0,60).

Таблица 3

Уровень концентрации элементов в пуховом волокне, (X±Sx)
(приведены наиболее значимые, n=20)

Элемент	Группа		
	I	II	III
Серебро (Silver), мг/кг	0,20±0,09	0,48±0,19*	0,50±0,08***
Кальций (Calcium), г/кг	1,72±76,6	1,33±45,3	1,16±19,0*
Кадмий (Cadmium), мг/кг	0,04±0,03	0,03±0,01	0,02±0,003***
Кобальт (Cobalt), мг/кг	0,30±0,12	0,26±0,11	0,19±0,04*
Хром (Chromium), мг/кг	2,88±0,94	2,78±0,79	1,95±0,32
Медь (Copper), мг/кг	6,18±0,66	6,85±1,42	5,99±0,86
Железо (Iron), г/кг	0,38±13,4	0,34±12,5	0,28±7,4
Йод (Iodine), мг/кг	0,69±0,24	0,52±0,11	0,55±0,15
Калий (Potassium), г/кг	3,13±7,31	2,49±37,1	3,76±15,34
Магний (Magnesium), г/кг	0,52±17,5	0,42±11,9*	0,36±40,0*
Марганец (Manganese), мг/кг	16,2±7,0	13,5±5,6	9,6±1,6
Натрий (Sodium) г/кг	1,17±45,2	0,69±20,9*	0,96±36,5
Фосфор (Phosphorus), г/кг	0,34±36	0,34±89	0,32±50
Свинец (Lead), мг/кг	0,59±0,21	0,55±0,23	0,38±0,04**
Сера (Sulfur), г/кг	26,69±3,49	27,57±4,84	27,68±17,12
Селен (Selenium), мг/кг	1,10±0,1	0,86±0,08**	0,98±0,12
Кремний (Silicon), мг/кг	13,36±7,95	12,82±5,01	11,80±6,22*
Стронций (Strontium), мг/кг	6,68±1,26	5,16±1,68	4,27±0,74*
Ванадий (Vanadium), мг/кг	0,77±0,25	0,67±0,22	0,52±0,09*
Цинк (Zinc), мг/кг	104,4±3,21	103,6±4,24	104,4±4,22

Выводы:

1. Оценка элементного статуса коз оренбургской породы по уровню концентраций Ca, Co, Si, Mg, Ag, Cd, Pb, Sr, V

в пуховых волокнах позволяет прогнозировать продуктивные качества коз.

2. В пухе низкопродуктивных коз больше содержится Ca, Cd, Co, Mg, Pb, Si, Sr,

V и меньше Ag по сравнению с высокопродуктивными.

3. В результате исследования выявлено: элементный состав пуха коз оренбургской породы находится в тесной связи с их продуктивными показателями (начес и качество), что подтверждается достоверными корреляционными связями многих

исследуемых элементов и позволяет применять показатели минерального состава пуха в процессе прогнозирования пуховой продуктивности коз.

Исследования осуществлялись при содействии Минобрнауки РФ по Государственному заданию ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (тема № 0761-2019-0006).

Список источников

1. Сычева Л.В. Применение Веторона в кормлении сухостойных коров // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 3. С. 34-35.
2. Сычева Л.В. Влияние скармливания кормовой добавки "сел-плекс" на откормочные и мясные качества свиней // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 2. С. 44-45.
3. Семенов А.С., Сычева Л.В., Вяткина Т.Н. Использование престартеров при выращивании поросят в период подкоса и дорашивания // Пермский аграрный вестник: Сборник научных трудов LXVIII Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 16–17 апреля 2008 года. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова, 2008. С. 50-53.
4. Сычева Л.В. Использование питательных веществ рационов лактирующими коровами при скармливании различных кормовых добавок // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 63-64.
5. Сычева Л.В., Букина Н. В. Влияние препарата Веторон на воспроизводительные функции коров // Пермский аграрный вестник: Сборник научных трудов XXXIII Всероссийской научно-практической конференции ученых и специалистов, посвященной 60-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг., Пермь, 29–31 марта 2005 года. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова, 2005. С. 37-40.
6. Pieper L., Wall K., Müller A.E., Roder A., Staufenbiel R. Evaluation of sulfur status in dairy cows in Germany. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*, 2016. № 44(2). pp. 92-98. DOI: 10.15653/TPG-150901.
7. Skalnaya M.G., Demidov V.A., Skalny A.V. About the limits of physiological (normal) content of Ca, Mg, P, Fe, Zn and Cu in human hair // *Trace Elements in Medicine*. 2003. № 4(2). pp. 5-10.
8. Momc'ilovic' B., Preiac J., Visnjevic' V., Skalnaya M.G., Mimica N. et al. Hair iodine for human iodine status assessment, *Thyroid*. 2014. № 24(6). pp. 1018-1026. DOI:10.1089/thy.2012.0499.
9. So K.M., Lee Y., Bok J.D., Kim E.B., Chung M.I. Analysis of ionic profiles of canine hairs exposed to lipopolysaccharide (LPS)-induced stress // *Biological Trace Element Research*. 2016. № 172(2). pp. 364-371. DOI: 10.1007/s12011-015-0611-1.
10. Roug A., Swift P.K., Gerstenberg G., Woods L.W., Kru-der-Johnson C., Torres S.G., Puschner B.J Comparison of trace mineral concentrations in tail hair, body hair, blood, and liver of mule deer (*Odocoileushemionus*) in California. // *Vet Diagn Invest*. 2015. № 27(3). pp. 295-305. DOI: 10.1177/1040638715577826.
11. Patra R.C., Swarup D., Sharma M.C., Naresh R. Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units. // *J Vet Med A*. 2006. № 53(10). pp. 511-517. DOI: 10.1111/j.1439-0442.2006.00868.
12. Pavlata L., Chomat M., Pechova A., Misurova L., Dvorak R. Impact of long-term supplementation of zinc and selenium on their content in blood and hair in goats. // *Veterinari Medicina*. 2011. № 56. pp. 63–74.
13. Izgüt-Uysal V.N., Der.in N., Ağaç A. Effect of cold-restraint stress on the distribution of trace elements in rat tissues. // *Biological Trace Element Research*. 2000. № 78(1-3). pp. 149-155. DOI: 10.1385/BTER:78:1-3:149
14. Sheibaninia A. The Effect of Social Stress on Salivary Trace Elements. // *Biological Trace Element Research*. 2014. № 162(1-3). pp. 58-63. DOI: 10.1007/s12011-014-0119-0
15. Miroshnikov S.A., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Bolodurina I.P., Kalashnikov V.V., Grabeklis A.R., Tinkov A.A., Skalny A.V. The reference intervals of hair trace element content in Hereford cows and heifers (*Bostaurus*). // *Biological Trace Element Research*. 2017. № 180(1). pp. 56-62. DOI: 10.1007/s12011-017-0991-5
16. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос, 1976. 304с.
17. Калинин В.В., Мглинец А.А. Методика определения количественного соотношения и тонины волокон различных типов // Сб. методики по исследованию свойств шерсти. Дубровицы, ВИЖ, 1969. С.1-11.
18. Калинин В.В., Калинина В.И. Методика определения истинной длины шерсти // Сб. методики по исследованию свойств шерсти. Дубровицы, ВИЖ, 1969. С.11-17.
19. Калинин В.В., Мутаев М.М., Мглинец А.А. Методика испытаний волокон шерсти на растяжение и прочность на разрыв // ВИЖ, 1970. 24 с.

IDENTIFICATION OF THE FEATURES OF THE ELEMENTAL STATUS OF ORENBURG BREED GOATS DEPENDING ON THEIR PRODUCTIVE QUALITIES

©2023. Anatoly V. Kharlamov¹, Alexey N. Frolov², Victor A. Panin³ ✉

^{1,2,3} Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences", Orenburg, Russia

³oniish@yandex.ru

Abstract. The studies were carried out on goats of the Orenburg breed (n= 100) at the age of 36 months, with a live weight of 38.63 ± 0.72 kg. Experimental studies were carried out in 2 stages. At the first stage, the evaluation of the productive qualities of goats was realized by the 2-fold combing. At the second stage, based on the data of the goat down productivity, the percentile method was used for dividing the goats into 3 groups: group I - up to the 25th percentile (n=30, fleece– 143.2 ± 7.01 g), group II - 25-75 percentile (n=36, fleece - 207.5 ± 7.81 g), group III – above 75 percentile (n=34, fleece - 313.0 ± 11.39 g). The estimated indicators are concentration of 48 chemical elements in down fiber, qualitative characteristics of down. The results of the experiment showed that due to the fact that down productivity was a criterion for dividing into groups, the largest fleece was found in goats of group III. They had an advantage in this indicator compared to groups I and II by 118.58% and 50.84%, respectively. Evaluation of the elemental status of goats based on the concentrations of chemical elements in the down showed that low-yielding goats were characterized by high concentrations of Mg, Na, Se compared to group II and Ca, Cd, Co, Mg, Pb, Si, Sr, V compared with group III, and low concentrations of Ag.

Key words: goat, Orenburg breed, elemental status, down productivity, fleece, down quality

References

1. Sycheva L.V. Primenenie Veterona v kormlenii suhostojnyh korov (The use of Veteron in feeding dry cows), Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2013, No. 3, pp. 34-35.
2. Sycheva L.V. Vlijanie skarmlivaniya kormovoj dobavki "sel-pleks" na otkormochnye i mjasnye kachestva svinej (The effect of feeding the sel-plex feed additive on the fattening and meat qualities of pigs), Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2013, No. 2, pp. 44-45.
3. Semenov A.S., Sycheva L.V., Vjatkina T.N. Ispol'zovanie prestarterov pri vyrashhivanii porosjat v period podsosa i dorashhivaniya (The use of prestarters in the rearing of piglets during suckling and nursery), Permskij agrarnyj vestnik, Sbornik nauchnyh trudov LXVIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Perm', 16–17 aprelja 2008 goda, Perm', Permskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija imeni akademika D.N. Prjanishnikova, 2008, pp. 50-53.
4. Sycheva L.V. Ispol'zovanie pitatel'nyh veshhestv racionov laktrujushhimi korovami pri skarmlivanii razlichnyh kormovyh dobavok (The use of diet nutrients by lactating cows when fed with various feed additives), Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2013, No. 6, pp. 63-64.
5. Sycheva L.V., Bukina N. V. Vlijanie preparata Veteron na vosproizvoditel'nye funkcii korov (The effect of the drug Veteron on the reproductive functions of cows), Permskij agrarnyj vestnik: Sbornik nauchnyh trudov XXXIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii uchenyh i specialistov, posvjashhennoj 60-letiju Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941-1945 gg., Perm', 29–31 marta 2005 goda, Perm', Permskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija imeni akademika D.N. Prjanishnikova, 2005, pp. 37-40.
6. Pieper L., Wall K., Müller A.E., Roder A., Staufenbiel R. Evaluation of sulfur status in dairy cows in Germany, Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere, 2016, No. 44(2), pp. 92-98. DOI: 10.15653/TPG-150901.
7. Skalnaya M.G., Demidov V.A., Skalny A.V. About the limits of physiological (normal) content of Ca, Mg, P, Fe, Zn and Cu in human hair, Trace Elements in Medicine, 2003, No. 4(2), pp. 5-10.
8. Momčilovic' B., Preiac J., Visnjevic' V., Skalnaya M.G., Mimica N. et al. Hair iodine for human iodine status assessment, Thyroid, 2014, No. 24(6), pp. 1018-1026. DOI:10.1089/thy.2012.0499.
9. So K.M., Lee Y., Bok J.D., Kim E.B., Chung M.I. Analysis of ionic profiles of canine hairs exposed to lipopolysaccharide (LPS)-induced stress, Biological Trace Element Research, 2016, No. 172(2), pp. 364-371. DOI: 10.1007/s12011-015-0611-1.
10. Roug A., Swift P.K., Gerstenberg G., Woods L.W., Kreuder-Johnson C., Torres S.G., Puschner B.J. Comparison of trace mineral concentrations in tail hair, body hair, blood, and liver of mule deer (*Odocoileus hemionus*) in California, Vet Diagn Invest, 2015, No. 27(3), pp. 295-305. DOI: 10.1177/1040638715577826.
11. Patra R.C., Swarup D., Sharma M.C., Naresh R. Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units. J Vet Med A, 2006, No. 53(10), pp. 511-517. DOI: 10.1111/j.1439-0442.2006.00868.
12. Pavlata L., Chomat M., Pechova A., Misurova L., Dvorak R. Impact of long-term supplementation of zinc and selenium on their content in blood and hair in goats. Veterinarni Medicina, 2011, No. 56, pp. 63–74.
13. Izgüt-Uysal V.N., Der.in N., Ağaç A. Effect of cold-restraint stress on the distribution of trace elements in rat tissues. Biological Trace Element Research, 2000, No.78(1-3), pp. 149-155. DOI: 10.1385/BTER:78:1-3:149
14. Sheibaninia A. The Effect of Social Stress on Salivary Trace Elements. Biological Trace Element Research, 2014, No.162(1-3), pp.58-63. DOI: 10.1007/s12011-014-0119-0
15. Miroshnikov S.A., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Bolodurina I.P., Kalashnikov V.V., Grabeklis A.R., Tinkov A.A., Skalny A.V. The reference intervals of hair trace element content in Hereford cows and heifers (*Bos taurus*). Biological Trace Element Research, 2017, No.180(1), pp. 56-62. DOI: 10.1007/s12011-017-0991-5
16. Ovsjannikov A.I. Osnovy opytного dela v zhivotnovodstve (Fundamentals of experimental business in animal husbandry), M., Kolos, 1976, 304 p.
17. Kalinin V.V., Mglincev A.A. Metodika opredelenija kolichestvennogo sootnoshenija i toniny volokon razlichnyh tipov, Sb. metodiki po issledovaniju svojstv shersti, Dubrovicy (Methodology for determining the quantitative ratio and fineness of fibers of various types), VIZh, 1969, pp. 1-11.
18. Kalinin V.V., Kalinina V.I. Metodika opredelenija istinnoj dliny shersti, Sb. metodiki po issledovaniju svojstv shersti, Dubrovicy (The method of determining the true length of wool), VIZh, 1969, pp. 11-17.

19. Kalinin V.V., Mutaev M.M., Mglines A.A. Metodika ispytaniy volokon shersti na rastjazhenie i prochnost' na razryv (Methods of testing wool fibers for tensile and tensile strength), VIZh, 1970, 24 p.

Сведения об авторах

А.В. Харламов¹ – д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины;

А.Н. Фролов² – д-р биол. наук, заведующий отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины;

В.А. Панин³ – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины

^{1,2,3} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской Академии наук, ул. 9 января 29, г. Оренбург, Россия

³ oniish@yandex.ru

Information about the authors

A.V. Kharlamov¹ – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher;

A.N. Frolov² – Dr. Biol. Sci.;

V.A. Panin³ – Dr. Agr. Sci, Leading Researcher.

^{1,2}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia

³ oniish@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 14.03.2023; одобрена после рецензирования 03.07.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 14.03.2023; approved after reviewing 03.07.2023; accepted for publication 10.11.2023

Научная статья

УДК 636.084:636.085

doi: 10.47737/2307-2873_2023_44_149

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЯСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ГУМИНОВОЙ ПРИРОДЫ

©2023. Ольга Юрьевна Юнусова^{1✉}, Лариса Валентиновна Сычева²,

^{1,2}Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

¹olur@mail.ru

Аннотация. Изучена возможность использования кормовой добавки гуминовой природы, произведенной из вытяжки торфа. С этой целью был проведен научно-хозяйственный опыт на цыплятах-бройлерах. При прочих равных условиях, различия заключались в том, что цыплята-бройлеры опытной группы получали экспериментальную кормовую добавку путем выпойки из расчета 0,02 мл/кг живой массы в течение всего периода выращивания и откорма, который длился 39 дней. Кормление подопытной птицы в период проведения эксперимента проводили по четырехфазной системе. Результаты исследований показали, что использование кормовой добавки гуминовой природы при выращивании цыплят-бройлеров положительно отразилось на интенсивности роста, так как абсолютное увеличение живой массы за период опыта превышало контроль на 4,49 %. Результаты убоя показали, что птица опытной группы перед убоем имела живую массу 2492,41 г, что на 107,29 г выше в сравнении с контролем. Масса полупотрошенной тушки – на 125,0 г, выход полупотрошенной тушки – на 1,51 %, масса потрошенной тушки – на 4,32 % были также выше в опытной группе относительно контроля, что способствовало увеличению белка в мышечной ткани.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, цыплята-бройлеры, химический состав мяса

Введение. Птицеводство в современных условиях является гарантом обеспечения продовольственной безопасности нашей страны и занимает значительную долю в решении продовольственной проблемы. Однако, для того, чтобы современные кроссы птицы полностью раскрыли свой генетический потенциал, необходимо организовать биологически полноценное кормление, которое оказывает огромное влияние на показатели продуктивности и обеспечивает повышение рентабельности производства [1]. До недавнего времени обеспечение птицы в полной мере биологически активными веществами происходило за счет использования кормовых добавок импортного производства, что приводит к удорожанию произведенной продукции и снижению уровня рентабельности производства. Поэтому перед учеными и практиками стоит задача – поиск местных нетрадиционных источников, которые могут удовлетворить потребность цыплят-бройлеров в биологически активных веществах [2, 3]. В настоящее время в птицеводстве используется большое количество различных кормовых добавок. Учитывая такое разнообразие кормовых добавок, необходимо

постоянно изучать влияние их на сохранность, продуктивность и качество получаемой продукции, а также на показатели обмена веществ [4, 5]. Одной из таких добавок является препарат на основе гуминовых кислот «ЭКО-СП», произведенный из вытяжки торфа. Основное действующее вещество этой добавки – гуминовые кислоты, которые, согласно литературным источникам, обладают антимикробным действием, способствуют угнетению болезнетворных бактерий, стимулируют процессы обмена веществ [6-8]. Проведённые испытания препаратов гуминовой природы позволили установить отсутствие у них вредных и ядовитых веществ, таких как канцерогены, аллергены, мутагены, токсические вещества и т.д. [9, 10].

Целью данной работы являлось изучение химического состава мышечной ткани подопытной птицы с учётом потребления кормовой добавки гуминовой природы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: определить влияние скармливания кормовой добавки гуминовой природы на интенсивность

роста, убойные качества и определить её влияние на химический состав мышечной ткани.

Методика. Согласно разработанной методике научно-хозяйственный опыт по изучению влияния испытуемой кормовой добавки на динамику живой массы, показатели убоя и химический состав мяса цыплят-бройлеров провели в условиях КФХ «Айтаков Э.Р» Бардымского района Пермского края. Эксперимент проводили на суточных цыплятах кросса Росс-308. Всего было отобрано 100 голов цыплят, после осмотра из них было сформировано две группы: контрольная и опытная по 50 голов каждая. Экспериментальная птица выращивалась в многоярусных батареях промышленного типа (КБУ-3). Технологические параметры, которые необходимо учитывать при выращивании птицы, соответствовали методическим рекомендациям ведущего отраслевого института ВНИТИП [11]. В условиях данного предприятия период выращивания цыплят-бройлеров составляет 39 дней. Кормление подопытной птицы в период проведения эксперимента проводили по четырёхфазной системе. Применяемые комбикорма, соответствующие каждой фазе кормления, различались по уровню энергии и протеина: с 1 по 10-й день – 303 ккал ОЭ и 24% СП; с 11 по 24 день – 311 ккал ОЭ и 22% СП; с 25 по 31 день – 309 ккал ОЭ и 21% СП; с 32 – 39 день – 309

ккал ОЭ и 20% СП. Условия кормления цыплят-бройлеров опытной группы отличались от контрольной тем, что они путём выпойки получали гуминовую кормовую добавку из расчёта 0,02 мг/кг живой массы. В течение эксперимента ежедневно проводили учёт сохранности цыплят, учитывая все случаи отхода, а также проводили оценку показателей роста. Взвешивание подопытной птицы проводили еженедельно. По завершении опыта провели убой цыплят по методике ВНИТИП для того, чтобы определить химические показатели мяса [12]. Исследования мяса проводили по общепринятым методикам в лаборатории агрозоотехнологий ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». Статистическую обработку цифрового материала опыта проводили с помощью стандартного набора программ Excel.

Результаты. При производстве мяса птицы большое внимание уделяется оценке живой массы в разные возрастные периоды, которая указывает на оптимальные показатели роста и развития кросса, участвующего в опыте. В наших исследованиях было установлено, что при отборе цыплят и постановке их на опыт в суточном возрасте показатель начальной живой массы был на уровне 47,09 – 47,11 г, то есть существенно не различался (рис. 1).

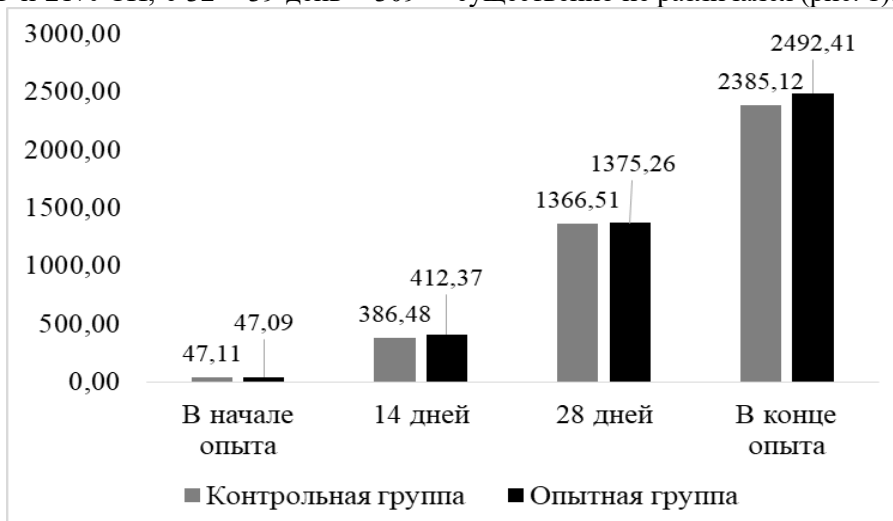


Рис. 1 – Динамика живой массы подопытных цыплят-бройлеров, г
Fig. 1. Dynamics of live weight of experimental broiler chickens, g

В 14-дневном возрасте живая масса опытных цыплят была выше на 6,69 % контрольных значений, в 28-дневном – на 0,64 %. Однако, следует отметить, что в конце опыта при достижении цыплятами возраста 39 дней

живая масса птицы опытной группы была наивысшей по сравнению с контрольными цыплятами и составила 2492,41 г, достоверно превышая контрольную группу на 4,49 % ($P \leq 0,05$).

Показатель абсолютного прироста живой массы за опытный период был более высоким у цыплят опытной группы и находился на уровне 2445,32 г, достоверное превышение по сравнению с контролем составило 4,59 % ($P \leq 0,05$). По среднесуточному приросту живой

массы была отмечена аналогичная закономерность, то есть птица опытной группы по данному показателю достоверно превосходила контрольную на 4,60 % ($P \leq 0,05$) (рис. 2).

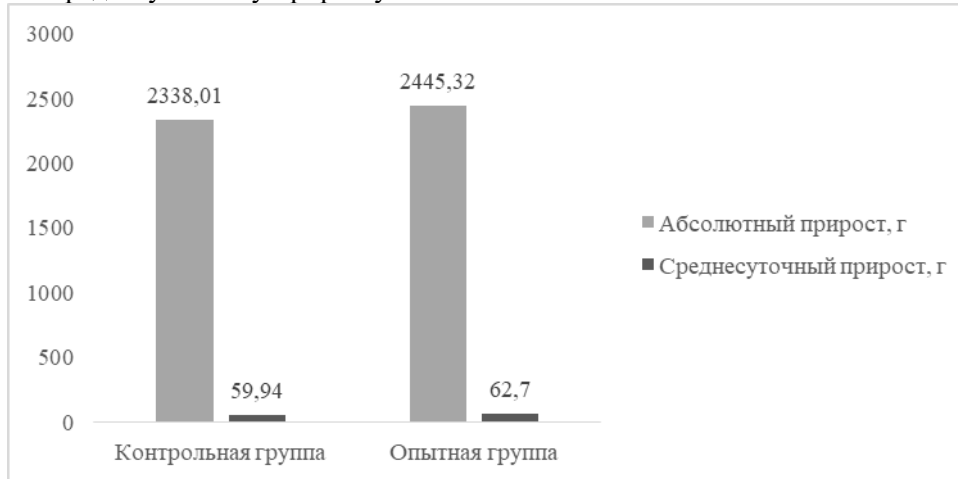


Рис. 2 – Абсолютный и среднесуточный приросты подопытных цыплят-бройлеров
 Fig. 2. Absolute and average daily growth of experimental broiler chickens

Бройлеры опытной группы, потребляя с водой гуминовую добавку, показали лучшие результаты по мясной продуктивности (рис. 3). При анатомической разделке у контрольных цыплят получили предубойную массу 2385,12 г, что на 4,49 % меньше, чем у опытной группы. Опытный молодняк, потребляя гуминовую добавку с водой, перед убоем имел живую

массу 2492,41 г, что на 107,29 г ($P \leq 0,05$) достоверно выше в отличие от контроля.

Установлено, что в опытной группе показатели увеличения массы полупотрошенной тушки выше на 125,0 г ($P \leq 0,05$), выход полупотрошенной тушки – на 1,51 %, массы потрошенной тушки – на 4,32 % ($P \leq 0,05$), чем в контрольной группе.

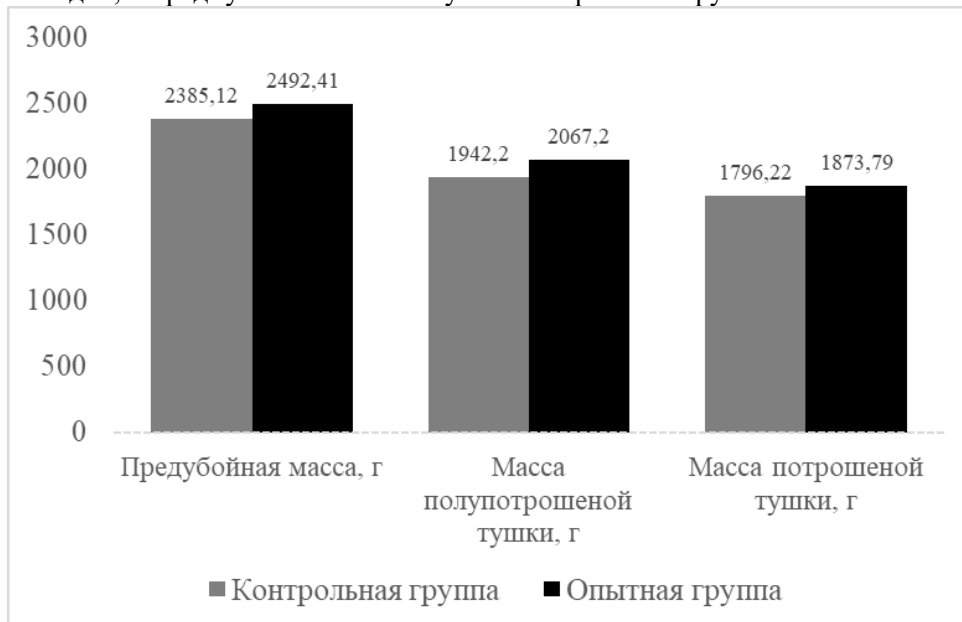


Рис. 3 – Результаты убоя подопытных цыплят-бройлеров при выпаивании гуминовой кормовой добавки

Fig. 3. Results of the slaughter of experimental broiler chickens when feeding a humic feed additive

Мясо птицы служит одним из основных источников поступления в организм человека жизненно важных питательных веществ, особенно является источником незаменимых аминокислот, высших жирных кислот и минеральных веществ в легкопереваримой форме. Питательная ценность мяса определяется путем химического анализа,

прежде всего, исследованием таких показателей, как протеин, жир и минеральные вещества. В наших опытах после проведения контрольного убоя птицы и анатомической разделки тушек был проведен химический анализ мышечной ткани грудных и бедренных частей тушки (рис. 4).

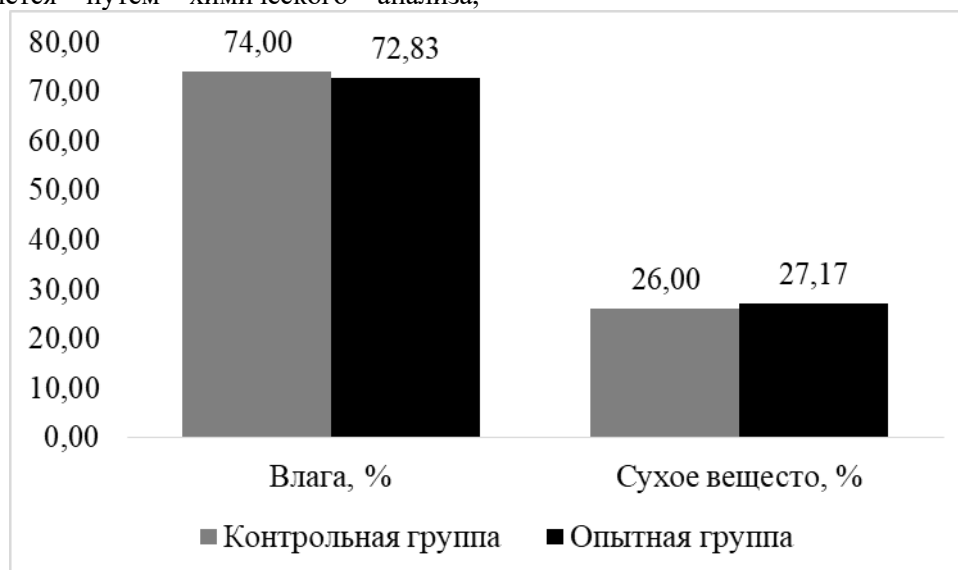


Рис. 4 – Содержание влаги и сухого вещества в грудных мышцах
 Fig. 4. Moisture and dry matter content in pectoral muscles

Проведенный химический анализ показал, что жидкий препарат на основе гуминовых кислот положительно отразился на количестве сухого вещества в мясе, то есть привел к снижению влагоемкости, особенно в

опытной группе, где ее уровень достиг 72,83 %, что ниже контрольной группы на 1,17 %, а содержание сухого вещества повысилось. Данные показатели касаются грудных мышц.

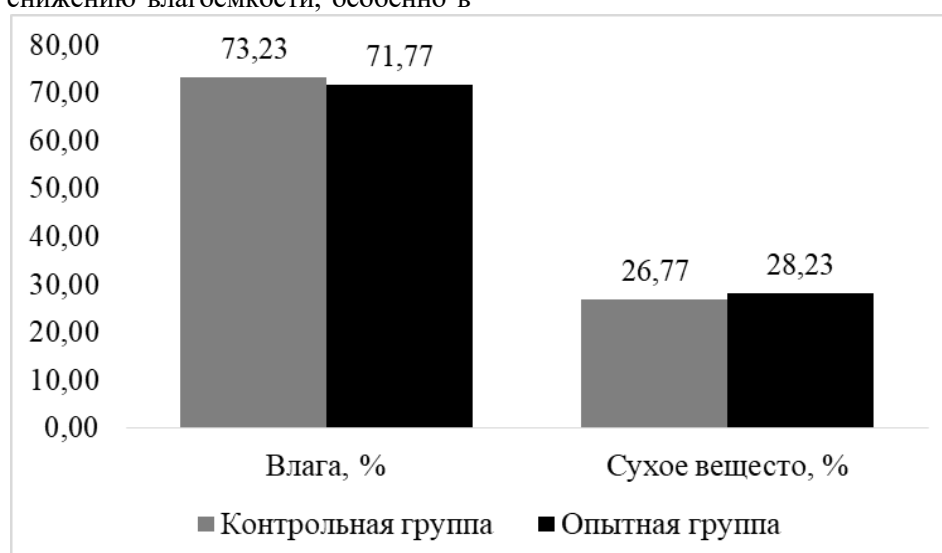


Рис. 5 – Содержание влаги и сухого вещества в бедренных мышцах
 Fig. 5. Moisture and dry matter content in thigh muscles

Анализ бедренных мышц показал аналогичную закономерность. Содержание сухого вещества было выше в бедренных

мышцах птицы опытной группы по сравнению контролем на 1,46 % (рис. 5).

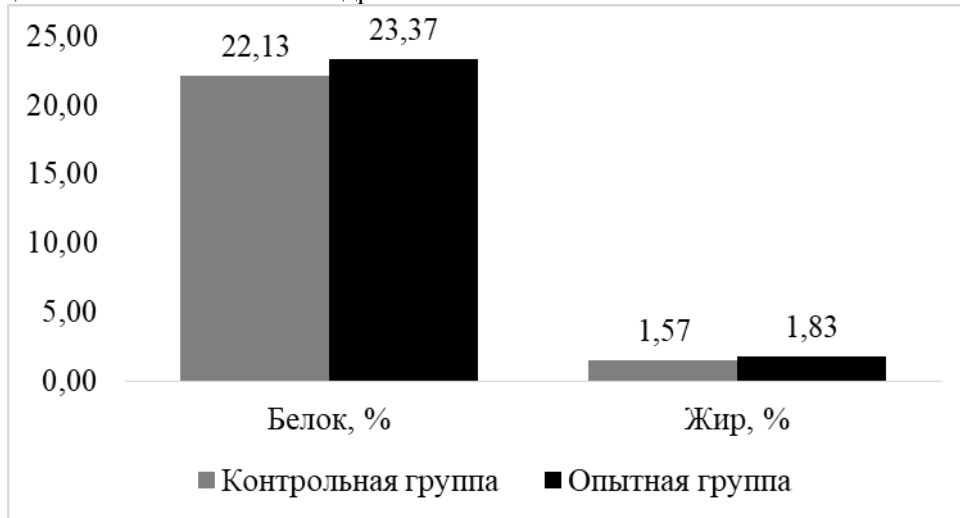


Рис. 6 – Содержание белка и жира в грудных мышцах
 Fig. 6. Protein and fat content in pectoral muscles

Необходимо также отметить, что повышение в анализируемых пробах мяса сухого вещества благоприятно отразилось на

таких показателях, характеризующих питательную и диетическую ценность мяса, как белок и жир, а также зольность (рис. 6, 7).

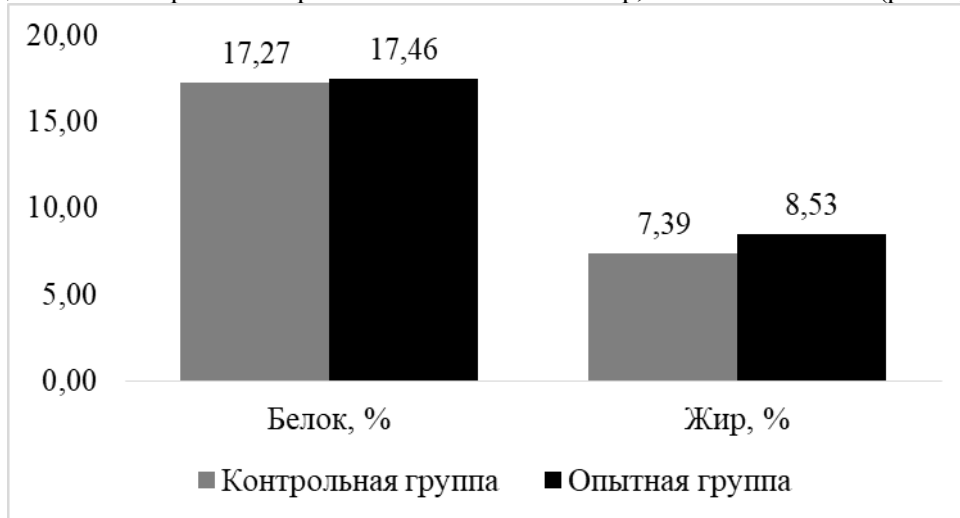


Рис. 7 – Содержание белка и жира в бедренных мышцах
 Fig. 7. Protein and fat content in thigh muscles

Содержание белка и жира как в грудных, так и в бедренных мышцах бройлеров имело тенденцию к увеличению в опытной группе, по сравнению с контролем. Из полученных данных следует, что в грудной мышце белка было больше на 1,24 %, а жира – на 0,26 %, в бедренных мышцах – на 1,10 %, а жира – на 1,14 % соответственно.

При анализе содержания зольных элементов в мышечной ткани исследуемых образцов выяснилось, что использование кормовой добавки гуминовой природы

посредством выпойки привело к незначительному повышению кальция и фосфора. Так, анализ минерального состава мышечной ткани показал, что разница между определяемыми показателями по содержанию кальция в пользу опытной группы в грудных мышцах находилась на уровне 26,56 %, а в бедренных на 18,18 %. Превышение по содержанию фосфора в исследуемых образцах мышечной ткани было у птицы опытной группы по сравнению с контролем на 3,72 % и 2,62 % соответственно.

Бедренные мышцы опытных цыплят отличались высокой энергетической и питательной ценностью за счёт большего отложения жира – 613,71 кДж/100 г и 146,61 ккал (табл.).

Таблица

Энергетическая и питательная ценность мяса подопытных цыплят-бройлеров

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
грудные мышцы		
Энергетическая ценность, кДж/100 г	429,69	460,25
Индекс качества мяса (жир/белок)	0,07	0,08
Питательная ценность, ккал	102,65	109,95
Массовая доля белка от питательной ценности, %	85,99	84,88
Массовая доля жира от питательной ценности, %	13,91	15,02
бедренные мышцы		
Энергетическая ценность, кДж/100 г	567,58	613,71
Индекс качества мяса (жир/белок)	0,43	0,49
Питательная ценность, ккал	135,59	146,61
Массовая доля белка от питательной ценности, %	50,94	47,78
Массовая доля жира от питательной ценности, %	48,96	52,12

Грудные мышцы контрольных цыплят-бройлеров по энергетической и питательной ценности уступали опытной группе на 30,56 кДж/100 г и на 7,3 ккал соответственно.

Выводы. Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что применение препарата на основе

гуминовых кислот через систему поения в дозе 0,02 мг/кг живой массы при производстве мяса бройлеров положительно сказывается на продуктивных качествах, а, именно, обеспечивает более интенсивный рост и улучшает качественные показатели мышечной ткани.

Список источников

1. Васильев А.А., Коробов А.П., Москаленко С.П. [и др.] Значение, теория и практика использования гуминовых кислот в животноводстве // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 3-6.
2. Манукян В.А., Байковская Е.Ю., Демина Л.А. Сапропелевая кормовая добавка для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2022. № 2. С.16-19.
3. Ленкова Т.Н., Егорова Т.А. Возможности использования гуматов для бройлеров // Птицеводство. 2022. № 7-8. С.21-25.
4. Сычёва Л.В., Юнусова О.Ю. Мясная продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров при скармливании сульфата лизина // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С.130-136.
5. Сычёва Л.В., Юнусова О.Ю., Дулепинских Л.Н. Продуктивность цыплят-бройлеров при потреблении кормовой добавки Левисел SB плюс // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 311-315.
6. Eren M., Deniz G., Gezen S.S., Turkmen I. Effects of dietary humat on growth performance serum mineral concentration and bone ash of broilers // Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. 2000. 47:255-63.
7. Huck T., Porter N., Bushell M. Effect of humates on microbial activity // Gen. Microbiol. 1991. Vol. 137. P. 2321-2329.
8. Bailey C. A., White K. E., Donke S. L. Evaluation of menefeehumate TM on the performance of broilers // Poultry Science. 1996. No. 75. P. 84.
9. Корсаков К.В., Васильев А.А., Москаленко С.П. и др. Применение кормовых добавок с гуминовыми кислотами в птицеводстве // Зоотехния. 2018. № 4. С.11-13.
10. Васильев А.А., Корсаков К.В., Москаленко С.П. и др. Полифункциональная роль гуминовых кислот из леонардита в бройлерном и яичном птицеводстве. Саратов: Амирит, 2021. 340 с.
11. Егоров И.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н. и др. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2013. 51 с.
12. Лукашенко В.С., Лысенко М.А., Столяр Т.А. и др. Методические рекомендации по проведению анатомической разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы, и морфология яиц. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. 27 с.

CHEMICAL COMPOSITION OF BROILER CHICKEN MEAT AFTER APPLICATION OF A HUMIC FEED ADDITIVE

©2023. O.Yu. Yunusova¹, L.V. Sycheva²

^{1,2}Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

¹olur@mail.ru

Abstract. Abstract. The possibility of using a humic feed additive produced from peat extract has been studied. For this purpose, a scientific experiment was carried out on broiler chickens. Other things being equal, the differences were that broiler chickens of the experimental group received the experimental feed additive by feeding at the rate of 0.02 ml/kg of live weight during the entire rearing period, which lasted 39 days. Feeding of the experimental group during the experiment was carried out according to a four-phase system. The results of the studies showed that the use of a humic feed additive in the rearing of broiler chickens had a positive effect on the absolute gain in live weight, which in the experimental group was higher compared to the control group by 4.49%. The slaughter results showed that poultry of the experimental group before slaughter had the live weight of 2492.41 g, which is 107.29 g higher compared to the poultry in the control group. The weight of the semi-gutted carcass - by 125.0 g, the yield of the semi-gutted carcass - by 1.51%, the weight of the gutted carcass - by 4.32% were also higher in the experimental group relative to the control, which contributed to an increase in protein content in lean tissue.

Key words: humic acids, broiler chickens, chemical composition of meat

References

1. Vasilyev A.A., Korobov A.P., Moskalenko S.P., et al. Znacheniya, teoriya i praktika ispol'zovaniya guminovykh kislot v zhivotnovodstve (Meaning, theory and practice of using humic acids in animal husbandry) // Agrarian Scientific Journal. 2018. No.1. Pp. 3-6. (In Russian).
2. Manukyan V.A., Baykovskaya E.Yu., Demina L.A. Sapropel'evaya kormovaya dobavka dlja cypljat-brojlerov (Sapropel feed additive for broiler chickens) // Poultry rearing. 2022. No. 2. Pp.16-19.
3. Lenkova T.N., Egorova T.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya humatov dlya brojlerov (Possibilities of using humates for broilers) // Poultry rearing. 2022. No. 7-8. Pp. 21-25
4. Sycheva L.V., Yunusova O.Yu. Mjasnaja produktivnost' i kachestvo mjasa cypljat-brojlerov pri skarmlyvanii sul'fata lizina (Meat productivity and quality of broiler chickens in the feeding of lysine sulfate) // Perm Agrarian Journal. 2019. No. 1 (25). Pp.130-136. (In Russian).
5. Sycheva L.V., Yunusova O.Yu., Dulepinskih L.N. Produktivnost' cypljat-brojlerov pri potreblenii kormovoj dobavki Levisel SB pljus (Productivity of broiler chickens in the consumption of feed additive Levisel SB plus) // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 3 (89). Pp. 311-315. (In Russian).
6. Eren M., Deniz G., Gezen S.S., Turkmen I. Effects of dietary humate on growth performance serum mineral concentration and bone ash of broilers // Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. 2000. 47:255-63.
7. Huck T., Porter N., Bushell M. Effect of humates on microbial activity // Gen. Microbiol. 1991. Vol. 137. Pp. 2321-2329.
8. Bailey C. A., White K. E., Donke S. L. Evaluation of menefee humate TM on the performance of broilers // Poultry Science. 1996. No. 75. Pp. 84.
9. Korsakov K.V., Vasilyev A.A., Moskalenko S.P., et al. Primenenie kormovykh dobavok s guminovymi kislotami v pticevodstve (Application of feed additives with humic acids in poultry farming). Zootehnika. 2018. No. 4. Pp.11-13.
10. Vasiliev A.A., Korsakov K.V., Moskalenko S.P., et al. Polifunkcional'naja rol' guminovykh kislot iz leonardita v brojlerom i jaichnom pticevodstve (Multifunctional role of humic acids from leonardite in broiler and egg poultry farming). Saratov: Amirit, 2021. 340 p. (In Russian).
11. Egorov I.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., et al. Metodika provedeniya nauchnykh i proizvodstvennykh issledovanij po kormleniju sel'skohozjajstvennoj pticy. Molekuljarno-geneticheskie metody opredelenija mikroflory kishchechnika (Methods of conducting scientific and production research on feeding poultry. Molecular-genetic methods for determining intestinal microflora). Sergiev Posad: VNITIP, 2013. 51 p. (In Russian).
12. Lukashenko V.S., Lysenko M.A., Stollyar T.A., et al. Metodicheskie rekomendacii po provedeniju anatomicheskoy razdelki tushek i organolepticheskoy ocenki kachestva mjasa i jaic sel'skohozjajstvennoj pticy, i morfologija jaic (Methodological recommendations for conducting anatomical cutting of carcasses and organoleptic assessment of the quality of meat and eggs of poultry, and morphology of eggs). Sergiev Posad: VNITIP, 2004. 27 p. (in Russian).

Сведения об авторах

О.Ю. Юнусова¹ – канд. биол. наук, доцент;

Л.В. Сычева² – д. с.-х. наук, профессор/

^{1,2}Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

¹olur@mail.ru

Information about the authors

O.Yu. Yunusova¹ – Cand. Biol. Sci., Associate Professor;

L.V. Sycheva² – Dr. Agr. Sci., Professor.

^{1,2}Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

¹olur@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 03.11.2023; принята к публикации 10.11.2023
The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 03.11.2023; accepted for publication 10.11.2023

РЕДАКЦИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

приглашает к сотрудничеству ученых, аспирантов, специалистов. К публикации принимаются научные статьи по следующим группам научных исследований:

– **4.3. Агроинженерия и пищевые технологии** (4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

– **4.1. Агронимия, лесное и водное хозяйство** (4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки), 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки), 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки), 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки);

– **4.2. Зоотехния и ветеринария** (4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки), 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки), 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки), 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки), 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки).

Требования к содержанию и оформлению статей

Основными требованиями к содержанию публикуемых в научно-практическом журнале статьям является обоснование актуальности, научности, новизны и практической ценности исследования, изложение основных тезисов работы. Статьи, поступившие в редакцию, проверяются через систему Антиплагиат (оригинальность должна составлять не менее 80%) и проходят процедуру рецензирования.

Статья должна включать в себя следующие элементы:

1. Индекс УДК (слева).
2. Название статьи (прописными буквами).
3. Ф.И.О. автора, ученое звание, место работы/учебы, адрес организации, e-mail.

4. Аннотация (реферат) на русском языке. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). Структура реферата должна кратко отражать структуру работы. Реферат должен быть максимально четким и в то же время информационно насыщенным. Реферат может публиковаться самостоятельно, и суть исследования должна быть понятной без обращения к тексту статьи. Реферат не разбивается на абзацы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов должно содержать конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, но в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Исключено использование вводных слов и оборотов.

5. Ключевые слова, отражающие терминологическую область статьи (до 10 слов).

6. Текст с включённым иллюстративным материалом (таблицы, рисунки).

Статья должна содержать обязательные элементы: *Введение* с указанием цели и задач исследования; *Методика*; *Результаты*; *Выводы*.

7. Источник финансирования (грант, государственная программа и т.п.), при наличии.

8. Литература. Список должен быть оформлен в соответствии с [ГОСТ 7.0.5-2008](#) (без использования тире) и содержать 12-15 источников, в том числе 3-5 иностранных. Нормативные и законодательные документы, государственные стандарты в литературе не указываются. Ссылки на учебники и учебные пособия нежелательны. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

9. Перевод названия статьи, Ф.И.О. автора, ученого звания, места работы/учебы, адреса организации, e-mail, аннотации (реферата), ключевых слов, литературы с транслитерацией.

Технические требования к статьям

Рекомендуемый объем статьи 8-12 страниц. Рукопись должна быть оформлена в текстовом редакторе Word на листах формата А4 (книжная ориентация), шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,5. Поля сверху и снизу – 2 см, справа и слева – 3 см, абзацный отступ – 1,25 см. Основная текстовая часть должна иметь

выравнивание по ширине с автоматической расстановкой переносов, без подстрочных ссылок. Должны различаться тире (–) и дефисы (-), буквы «ё» и «е».

Таблицы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи.

Рисунки, графики и схемы должны быть чёрно-белыми, чёткими, допускается штриховка; все элементы, относящиеся к изображению, должны быть сгруппированы. Все используемые в статье изображения должны иметь подрисовочную подпись и прилагаться к рукописи отдельными файлами с расширением *.jpeg, *.png или *.tif*.

Формулы набираются в стандартном редакторе формул Microsoft Equation, нумеруются. После формулы приводится расшифровка символов, содержащихся в ней, в том порядке, в котором символы расположены в формуле. Использование формул в виде изображений нежелательно.

В тексте статьи должны содержаться ссылки на все используемые таблицы, рисунки и формулы.

Все употребляемые автором сокращенные обозначения и аббревиатуры, за исключением общепринятых, должны быть расшифрованы при их первом написании в тексте.

Подача документов

Рукописи статей, оформленные согласно правилам и соответствующие научным направлениям, с сопроводительными документами (заявка, лицензионный договор, гарантийное письмо от руководителя организации, подтверждающее должность и ученую степень автора, заверенное печатью) следует высылать по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23, *издательско-полиграфический центр «ПрокростЪ»* или электронной почтой на адрес pgshavestnik@mail.ru. Отправляемые по электронной почте скан-копии документов (с расширениями *.jpeg или *.pdf) должны быть цветными и четкими. Более подробную информацию о правилах и требованиях к оформлению и публикации статей, а также формы сопроводительных документов можно найти на сайте научно-практического журнала «Пермский аграрный вестник» <http://agrovest.psa.ru/>.

Контактные телефоны

8 (342) 217-93-61 Башкирцева Юлия Сергеевна, ответственный секретарь;

8 (342) 217-95-42 Корепанова Ольга Кузьминична, директор издательско-полиграфического центра

Уважаемый читатель!

Подписаться на научно-практический журнал «Пермский аграрный вестник»

можно во всех отделениях РГУП «Почта России».

С условиями подписки можно ознакомиться в официальном подписном каталоге Почты России «Подписные издания». Каталогная стоимость подписки на полгода составит 2200 рублей. Индекс издания, по которому Вы можете найти журнал в каталоге – ПК840.