



ISSN 2307-2873

Научно-практический
журнал

№3 (43) 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. Батье-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. Лящева, 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. Перевоико, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);
М.В. Рогозин, 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. Сычѳва, 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 – М.В. Заболотнова
Перевод – Н.С. Долматова*

Дата выхода в свет – 21.09.2023. Формат 60x84 $\frac{1}{8}$. Усл. печ. л. 18,88.
Тираж 100. Заказ № 51. 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. (Yekateriburg, 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.Lu. 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. Spaljevic, 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» – О.К. Корепанова
Editor – Е.А. Grayevskaya
Senior secretary – М.В. Zabolotnova
Translation – N.S. Dolmatova*

Signed to print – 21.09.2023. Формат 60x84 $\frac{1}{8}$.
Printed sheets 18.88 Ex. 100, Order No. 51. Postcode
ПК840. Unfixed price. Printed at the Publishing and Poly-
graphic 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

- Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю.**
Исследование осадочной камеры второй аспирации универсального сепаратора зернового вороха 4

АГРОНОМИЯ

- Гулянов Ю.А.**
Опыт использования технологий спутникового мониторинга для решения прикладных задач степного земледелия России 12
- Корепанова Е.В., Галиева Г.Р., Гореева В.Н., Исламова Ч.М., Фатыхов И.Ш.**
Влияние глубины посева на продуктивность среднерусской однодомной конопли Надежда в Среднем Предуралье 21
- Ложкин А.Г., Дмитриев В.Л., Мальчиков П.Н.**
Сравнительная оценка сортов яровой твердой пшеницы в условиях Чувашской Республики 29
- Никитина А.В.**
Технологические аспекты размножения клонового подвоя яблони 54-118 на основе in vitro 35
- Торбина И.В.**
Коллекция ВИР как исходный материал для селекции озимой пшеницы в Среднем Предуралье 43
- Тулинов А.Г.**
Перспективный гибрид картофеля продовольственного назначения для Республики Коми 53

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Барзанова Е.Н., Щербakov П.Н., Степанова К.В.**
Адаптивная технология выращивания свиней, её влияние на пищевые качества мяса 62
- Вишнеvский Е.А., Власенко В.С., Борисов Е.С., Дудолодова Т.С.**
Цитохимическая характеристика нейтрофилов крови в оценке предрасположенности коров к лейкозной инфекции 68

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING

- Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazykin V.A., MokiyeV V.Yu.**
Investigation of the settling chamber of the second aspiration of the universal grain heap separator 4

AGRONOMY

- Gulyanov Yu.A.**
Actual experience in using satellite monitoring technologies for solving applied problems of steppe farming in Russia 12
- Korepanova E.V., Galieva G.R., Goreeva V.N., Islamova Ch.M., Fatykhov I.Sh.**
Influence of seeding depth on the productivity of mid-russian monoecious hemp Nadezhda in the Middle Preduralie 21
- Lozhkin A.G., Dimitriev V.L., Malchikov P.N.**
Comparative assessment of spring durum wheat varieties in the conditions of the Chuvash Republic 29
- Nikitina A.V.**
Technological aspects of propagation of apple clonal rootstock 54-118 based on in vitro 35
- Torbina I.V.**
VIR collection as an initial material for breeding winter wheat in the Middle Preduralie 43
- Tulinov A.G.**
A promising potato hybrid for Food industry for the Komi Republic 53

ZOOTECHNY AND VETERINARY

- Barzanova E.N., Shcherbakov P.N., Stepanova K.V.**
Adaptive technology of pig breeding, its influence on the nutritional qualities of meat 62
- Vishnevsky E.A., Vlasenko V.S., Borisov E.S., Dudoladova T.S.**
Cytochemical characteristics of blood neutrophils in assessing of cows predisposed to leukemic infection 68

Завьялов О.А., Слепцов И.И. Влияние коррекции концентраций селена и цинка в семенной жидкости на элементный состав, антиоксидантный статус и качественные характеристики спермы быков-производителей..	74	Zavyalov O.A., Sleptsov I.I. The effect of correction of selenium and zinc concentrations in seminal fluid on the elemental composition, antioxidant status and qualitative characteristics in sperm of servicing bulls	74
Кощаева О.С., Лавриненко К.В., Рядинская А.А., Ордина Н.Б., Кошаев И.А. Роль растительного экстракта с антиоксидантным действием в кормлении цыплят-бройлеров	83	Koshchaeva O.S., Lavrinenko K.V., Ryadinskaya A.A., Ordina N.B., Koshchaev I.A. The role of plant extract with antioxidant effect in feeding of broiler chickens	83
Лазарева О.И. Исследование токсичности прополиса	89	Lazareva O.I. Investigation of propolis toxicity	89
Никонова Н.А. Влияние различных условий хранения куриного помета на его санитарные критерии безопасности.....	94	Nikonova N.A. The influence of different storage conditions of chicken manure on its sanitary safety criteria.....	94
Петров Н.И. Пути повышения начеса пуха у коз и облегчения труда по его вычёсыванию	99	Petrov N.I. Ways to increase the fleece of goat down and facilitate the combing process	99
Соколова О.В., Безбородова Н.А., Кривоногова А.С., Зубарева В.Д. Распространение антибиотикорезистентных изолятов <i>S. Aureus</i> в молочном животноводстве	105	Sokolova O.V., Bezborodova N.A., Krivonogova A.S., Zubareva V.D. Distribution of antibiotic-resistant isolates <i>S. Aureus</i> in dairy farming	105
М.А.Суздалцева, Бусыгин П.О., Белоусов А.И., Васильева А.Н., Лысов А.В. Лабораторный контроль содержания массовой доли мочевины в кормах и кормовом сырье.....	113	Suzdaltseva M.A., Busygin P.O., Belousov A.I., Vasilyeva A.N., Lysov A.V. Laboratory control of the mass fraction of urea in feed and fodder raw materials	113
Хайнацкий В.Ю. Генетическая структура стада казахской белоголовой породы по микросателлитным локусам ...	118	Khaynatskiy V.Yu. Genetic structure of the herd of kazakh white-headed breed by microsatellite loci	118
Худякова Н.А., Тулинова О.В., Кудрина М.А. Мониторинг мочевины как инструмент контроля качества оценки кормового рациона коров	126	Khudyakova N.A., Tulinova O.V., Kudrina M.A. Urea monitoring as a quality control tool for evaluating the feed ration of cows	126
Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Энергия роста бычков, полученных от скрещивания коров симментальской с быками абердин-ангусской и калмыцкой пород, в зависимости от технологии выращивания.....	133	Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A. Growth power of bull calves secured from the mating of simmental cows with aberdeen-angus and kalmyk bulls depending on the rearing technology.....	133
Шейда Е.В., Кван О.В., Тюриков Д.А. Влияние препарата железа на процессы ферментации в рубце и таксономический состав в <i>in vitro</i> исследованиях.....	141	Sheida E.V., Kvan O.V., Tyurikov D.A. The effect of iron preparation on fermentation processes in the rumen and taxonomic composition in <i>in vitro</i> studies.....	141

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Научная статья

УДК 631.362.36

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_4

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАДОЧНОЙ КАМЕРЫ ВТОРОЙ АСПИРАЦИИ
УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ЗЕРНОВОГО ВОРОХА©2023. Александр Иванович Бурков¹, Андрей Леонидович Глушков^{2✉},Виктор Алексеевич Лазыкин³, Валентин Юрьевич Мокиев⁴^{1,2,3,4} Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,

Киров, Россия

²glandrey@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время широко применяются высокопроизводительные универсальные зерноочистительные машины, способные работать на трёх режимах очистки зерна (предварительная, первичная, вторичная). Недостатком, относящимся к данному типу машин – универсального сепаратора вороха СВУ-60 – является низкая эффективность очистки отработанного воздуха в осадочной камере второй аспирации. Цель исследования – повышение эффективности очистки отработанного воздуха во второй аспирации универсального сепаратора вороха за счёт оптимизации конструктивных параметров осадочной камеры. опыты проводили на лабораторной установке второй аспирации сепаратора шириной 0,3 м. Использовались методики планирования многофакторного и однофакторного экспериментов. Исследовано влияние основных параметров осадочной камеры на эффект осаждения лёгких примесей. Получены уравнения регрессии процесса очистки отработанного воздуха в осадочной камере. Оптимизированы конструктивные параметры элементов осадочной камеры второй аспирации универсального сепаратора вороха: угол установки отражателя входной кромки корпуса вентилятора $\delta=50^\circ$, глубина выходного сечения отвода пневмосепарирующего канала $h_o=0,40$ м; длина прямолинейной части стенки отвода $l_o=0,19$ м; координаты положения вершины и длина стенок Г-образной отражательной перегородки $X=0,28$ м, $Y=0,30$ м и $L_1=0,20$ м, $L_2=0,15$ м – позволяют, по сравнению с её заводским вариантом повысить, эффект осаждения лёгких примесей на 92,4% (от 5,1 до 97,5%) при скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале $7\pm 0,1$ м/с.

Ключевые слова: лёгкие примеси, сепаратор зерна, осадочная камера, эффект осаждения лёгких примесей

Введение. В настоящее время в России широко применяются высокопроизводительные универсальные зерноочистительные машины, способные работать на трёх режимах очистки зерна (предварительная, первичная, вторичная). Как правило, данные машины имеют решётную очистку с большой площа-

дью решёт и хорошо развитую аспирационную систему, состоящую из пневмосепарирующих каналов (ПСК) дорешётной и послерешётной очистки, осадочных камер, пылеуловителя, одного или нескольких генераторов воздушного потока (вентиляторов). Производителями универсальных зерноочистительных машин являются компании из Германии

(Petkus (A12, F12, P12), Buhler (TAS 154A-4, TAS 206A-6)), Дании (Cimbria (Delta 144.2, Delta 159.1)), Беларуси (Полымя (МУЗ-4, МУЗ-8, МУЗ-16), Grade Bel (УС-70, УС-40С, УС-20С), России («Воронежсельмаш» (СВУ-60, U-60, U-120), Осколсельмаш (ОЗФ-80/40/20, ОЗФ-50/25/10), BaitekMachinery (Centurion SU-60)) и многие другие [1-14].

Универсальный сепаратор вороха СВУ-60 состоит из решётной части и двух аспирационных систем, каждая из которых снабжена своим диаметральной вентилятором.

В результате предварительных исследований второй (послерешётной) аспирации данного сепаратора была установлена низкая эффективность очистки отработанного воздуха в осадочной камере (эффект осаждения лёгких примесей составил 5,1...32,2% при скорости воздушного потока в ПСК на очистке основных зерновых культур 7...9 м/с). Такая эффективность очистки может привести к увеличению запылённости воздуха, удаляемого в атмосферу и, соответственно, превышению предельно допустимой концентрации (ПДК) зерновой пыли в воздухе рабочей зоны оператора.

Целью исследования является повышение эффективности очистки отработанного воздуха во второй аспирации универсального сепаратора вороха за счёт оптимизации конструктивных параметров осадочной камеры.

Методика. Для исследования изготовлена лабораторная установка второй аспирации универсального сепаратора вороха шириной 0,3 м, имеющая натуральные размеры в продольно-вертикальной плоскости. Схема установки представлена на рисунке 1. Её рабочий процесс протекает следующим образом. Обрабатываемый материал через бункер 11 подается в ПСК 8, где из него под действием воздушного потока, создаваемого диаметральной вентилятором, происходит выделение лёгких примесей, которые затем направляются в осадочную камеру 14. Вывод очищенного материала из аспирации осуществляется через устройство 9, а лёгких

примесей – через устройство 12. Пылевоздушный поток из осадочной камеры 14 через патрубок 5 направляется в пылеуловитель (на рисунке не показан).

Постоянные параметры второй аспирации сепаратора при проведении исследования: глубина отвода воздушного потока из первой аспирации $h_1=0,03$ м, глубина ПСК $h=0,14$ м, угол наклона нижней части ПСК $\beta=20^\circ$.

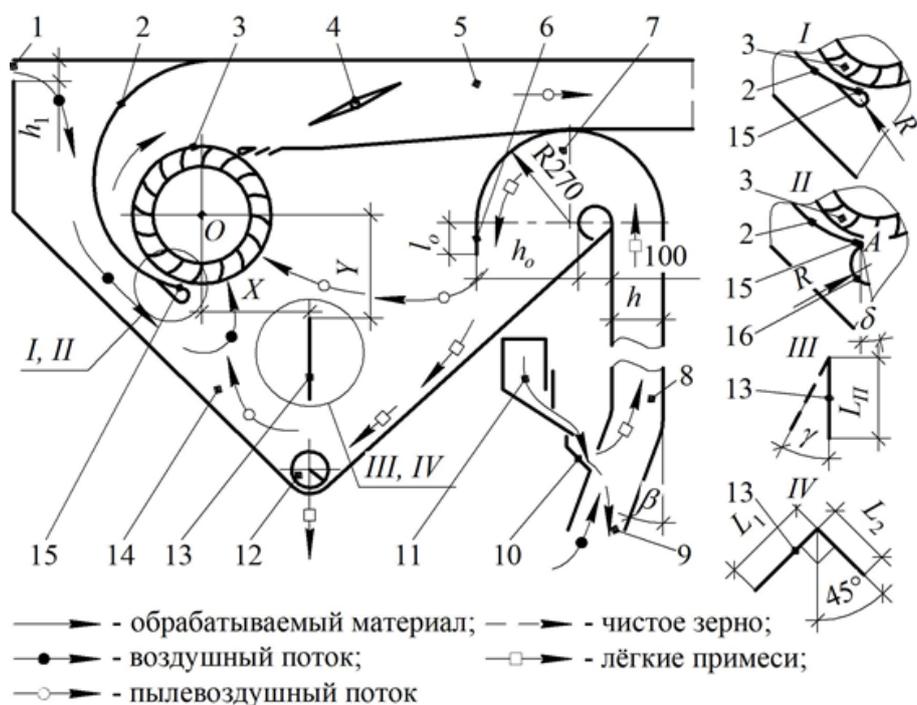
В исследовании использовали заводской вариант корпуса диаметрального вентилятора (рис. 1, I) с каплевидной входной кромкой 15 радиусом $R=0,024$ м и корпус, снабженный отражателем 16 (рис. 1, II) цилиндрической формы радиусом $R=0,07$ м, углом дуги, равным 140° , установленным под углом δ к вертикали (δ - угол между вертикалью, проведенной через точку A входной кромки 15 корпуса вентилятора и линией, соединяющей точку A с нижней кромкой отражателя 16). Также в ходе исследования использовали два варианта отражательной перегородки 13: прямолинейную (рис. 1, III) длиной $L_{II}=0,25$ м, установленную вертикально (заводской вариант) и Г-образную (рис. 1, IV) со стенками длиной L_1 и L_2 , расположенными под углом 90° друг к другу, установленную вершиной вверх с координатами X и Y относительно оси вращения колеса вентилятора.

Опыты проводили на древесном опиле, аэродинамические свойства которого подобны свойствам лёгких примесей зерновых культур. Скорость витания частиц опила составляла от 0 до 5 м/с, а масса навески для одного опыта – 1 кг. Отбор полученных фракций производили из осадочной камеры 14 и взвешивали на весах ВЛТК-500М.

Эффективность очистки отработанного воздуха оценивали эффектом E_0 осаждения лёгких примесей в осадочной камере (отношение массы лёгких примесей, уловленных осадочной камерой, к массе исходного материала).

Эксперименты проводили с использованием методики планирования многофакторного и однофакторного экспериментов

[15, 16]. Каждый из опытов проведен в трёхкратной повторности, а время проведения одной повторности составляло 6 с.



I – корпус вентилятора с каплевидной входной кромкой; II – корпус вентилятора с входной кромкой, снабженной отражателем; III – прямолинейная отражательная перегородка; IV – Г-образная отражательная перегородка; 1 – отвод воздушного потока из первой аспирации; 2 – корпус вентилятора; 3 – колесо диаметрального вентилятора; 4 – регулятор расхода воздуха; 5 – выходной патрубок; 6 – стенка отвода ПСК; 7 – отвод ПСК; 8 – пневмосепарирующий канал; 9, 12 – устройства вывода фракций; 10 – скатная доска; 11 – загрузочный бункер; 13 – отражательная перегородка; 14 – осадочная камера; 15 – входная кромка корпуса; 16 – отражатель

Рис 1. Схема лабораторной установки второй аспирации универсального сепаратора вороха
 Fig. 1. Scheme of the laboratory apparatus of the second aspiration of the universal grain heap separator

Результаты. В результате аэродинамических исследований заводского варианта второй аспирации сепаратора СВУ-60 (корпус вентилятора с каплевидной входной кромкой (рис. 1, I)) установлено, что при уменьшении скорости воздушного потока в ПСК 8 до 7,6 м/с скорость воздуха в отводе 1 из первой аспирации снижается до 0, то есть из неё прекращается отсос воздуха. Для устранения данного явления было принято решение установить на входную кромку корпуса вентилятора отражатель 16 (рис. 1, II).

Аэродинамические исследования второй аспирации с установленным на входной

кромке корпуса вентилятора отражателем показали, что его применение препятствует смещению вихревого течения из входного окна вентилятора к стенке осадочной камеры при прикрытии регулятора расхода воздуха, благодаря чему на всех режимах работы наблюдается отсос воздуха из первой аспирации.

Для определения оптимального положения отражателя проведено исследование, результаты которого изображены на рисунке 2. Опыты проведены без отражательной перегородки.

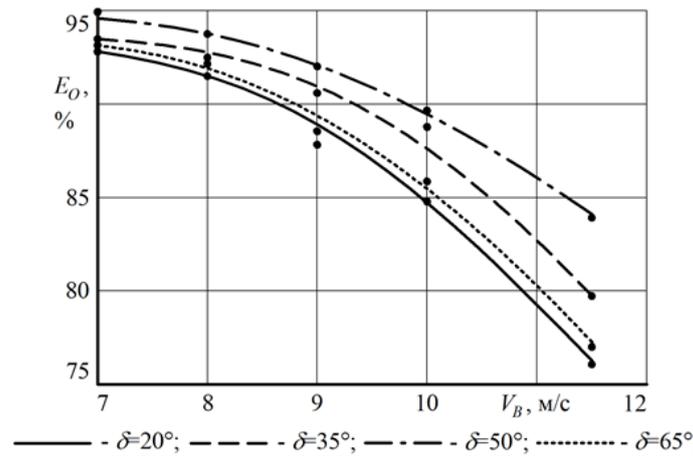


Рис 2. Зависимости эффекта осаждения лёгких примесей в осадочной камере (E_o) от угла установки отражателя (δ) и скорости воздушного потока в ПСК (V_B)

Fig. 2. Dependence of the effect of sedimentation of light impurities in the settling chamber (E_o) on the installation angle of reflector (δ) and the air flow velocity in aspirating channel (V_B)

Установлено, что наибольшие значения эффекта E_o осаждения лёгких примесей достигаются при угле $\delta=50^\circ$. Увеличение скорости воздушного потока в ПСК V_B от 7,0 до 11,5 м/с при $\delta=50^\circ$ приводит к снижению E_o на 10,7% (от 94,8 до 84,1%).

С целью нахождения конструктивных параметров отвода ПСК второй аспирации был реализован план эксперимента 3^2 [17-20]. Факторы, уровни и шаги их варьирования приняты по результатам проведенных ранее однофакторных опытов (таблица 1).

Таблица 1

Факторы, уровни и шаги их варьирования

Кодированное обозначение факторов	Название факторов, их обозначение и единица измерения	Уровни факторов			Шаги варьирования
		-1	0	+1	
x_1	Глубина отвода ПСК в выходном сечении (h_o), м	0,30	0,39	0,48	0,09
x_2	Длина прямолинейной части стенки отвода (l_o), м	0,150	0,225	0,300	0,075

Исследование проведено без отрагательной перегородки и при постоянных параметрах аспирации: $V_B=7\pm 0,1$ м/с; $\delta=50^\circ$.

В результате получено уравнение регрессии эффекта E_o (%):

$$E_o = 94,9 + 4,1x_1 - 6,1x_2 - 6,0x_1^2 + 8,1x_1 \cdot x_2 - 6,7x_2^2. \quad (1)$$

При $x_1=0,07$ ($h_o=0,396$ м) и $x_2=-0,42$ ($l_o=0,194$ м) эффект E_o осаждения лёгких примесей достигает своего максимального значения, равного 96,3%.

96,2% по уравнению регрессии (1) при вероятности 95%, что подтверждает адекватность уравнения и достоверность результатов исследований.

В качестве оптимальных выбраны следующие параметры отвода ПСК: $h_o=0,40$ м; $l_o=0,19$ м. С целью проверки достоверности результатов эксперимента проведен опыт при данных параметрах отвода. Эффект E_o осаждения лёгких примесей составил 95,3% против

На следующем этапе изучено влияние положения прямолинейной отрагательной перегородки 13 (рис. 1, III) на эффект осаждения лёгких примесей. Обнаружено, что при размещении в осадочной камере прямолинейной от-

ражательной перегородки и её различных положений повышение эффективности очистки отработанного воздуха не наблюдается (наибольший эффект E_O осаждения лёгких примесей составил 94,6%, что на 0,7% ниже, чем в исследовании без отражательной перегородки).

Тогда нами было принято решение установки в осадочной камере Г-образной отражательной перегородки (рис. 1, IV). Для определения её конструктивных параметров использовали план Бокса-Бенкена для четырех факторов. Факторы, уровни и шаги их варьирования представлены в таблице 2.

Таблица 2

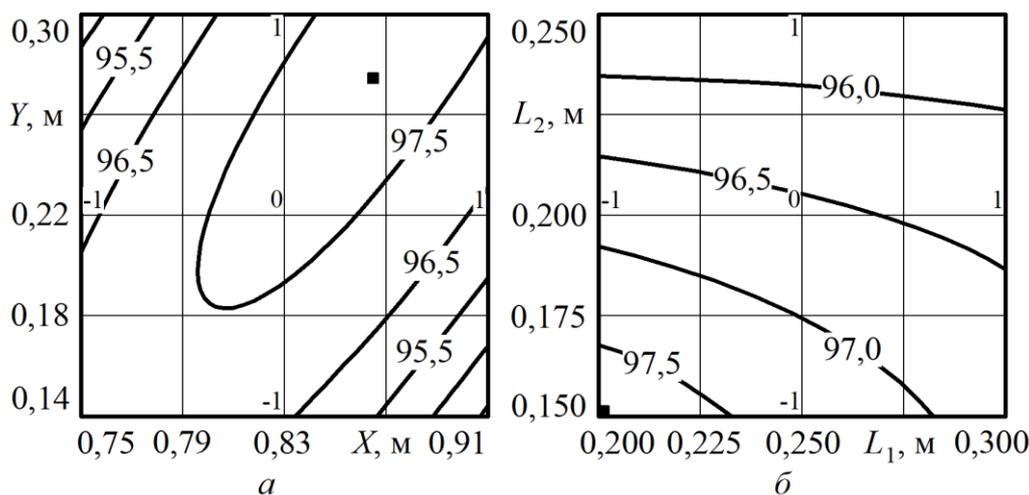
Факторы, уровни и шаги их варьирования

Кодированное обозначение факторов	Название факторов, их обозначение и единица измерения	Уровни факторов			Шаги варьирования
		-1	0	+1	
x_1	Координата положения вершины отражательной перегородки по оси абсцисс (X), м	0,39	0,31	0,23	0,08
x_2	Координата положения вершины отражательной перегородки по оси ординат (Y), м	0,16	0,24	0,32	0,08
x_3	Длина длинной стенки перегородки (L_1), м	0,20	0,25	0,30	0,05
x_4	Длина короткой стенки перегородки (L_2), м	0,15	0,20	0,25	0,05

Опыты проводили при постоянных параметрах аспирации: $h_o=0,40$ м; $l_o=0,19$ м; $\delta=50^\circ$; $V_B=7,0\pm 0,1$ м/с. Анализ уравнения (2) проводили с помощью графического изображения его на плоскости (рис. 3).

В результате получено уравнение регрессии эффекта E_O (%):

$$E_O = 97,0 - 0,4x_1 - 0,2x_2 + 0,2x_3 - 0,7x_4 - 1,5x_1^2 + 1,8x_1 \cdot x_2 - 0,1x_1 \cdot x_3 - 0,3x_1 \cdot x_4 - 0,8x_2^2 - 0,5x_2 \cdot x_3 + 0,3x_3 \cdot x_4 - 0,1x_4^2. \quad (2)$$



а - при $x_3=-1$ ($L_1=0,200$ м) и $x_4=-1$ ($L_2=0,150$ м); б - при $x_1=0,43$ ($X=0,276$ м) и $x_2=0,71$ ($Y=0,297$ м)
 Рис 3. Линии равных значений эффекта осаждения лёгких примесей в осадочной камере E_O (%)

Fig. 3. Lines of equal values of the effect of sedimentation of light impurities in the settling chamber E_O (%)

При $x_1=0,43$ ($X=0,276$ м), $x_2=0,71$ ($Y=0,297$ м), $x_3=-1$ ($L_1=0,200$ м) и $x_4=-1$ ($L_2=0,150$ м) эффект

E_O осаждения лёгких примесей достигает своего максимального значения, равного 97,8%.

Так как значения L_1 и L_2 оказались на границе области исследования, то были проведены дополнительные опыты по уточнению их оптимальных значений при $X=0,28$ м и $Y=0,30$ м. В результате установлено, что дальнейшее уменьшение длин L_1 и L_2 не приводит к повышению эффекта E_O осаждения лёгких примесей. Поэтому, в качестве оптимального выбрано следующее сочетание параметров Г-образной отражательной перегородки: $X=0,28$ м, $Y=0,30$ м, $L_1=0,20$ м и $L_2=0,15$ м. При данном сочетании параметров $E_O=97,5\%$.

Вывод. Исследованиями, проведенными на лабораторной установке второй аспирации универсального сепаратора зернового вороха

СВУ-60 шириной 0,3 м, определены оптимальные параметры её осадочной камеры: угол установки отражателя входной кромки корпуса вентилятора $\delta=50^\circ$, глубина выходного сечения отвода пневмосепарирующего канала $h_o=0,40$ м, длина прямолинейной части стенки отвода $l_o=0,19$ м, координаты положения вершины и длина стенок Г-образной отражательной перегородки $X=0,28$ м, $Y=0,30$ м и $L_1=0,20$ м, $L_2=0,15$ м, позволившие повысить, по сравнению с её заводским вариантом, эффективность очистки отработанного воздуха от легких примесей с 5,1 до 97,5% при скорости воздушного потока в пневмосепарирующем канале $7\pm 0,1$ м/с.

Список источников

1. Buhler GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/universal_cleaningmachine.html (дата обращения: 17.02.2023).
2. Cimbria Manufacturing A/S [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (дата обращения: 17.02.2023).
3. 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.
4. PETKUS Technologie GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (дата обращения: 17.02.2023).
5. Vnukov S.K., Shcherbakova A.V., Chernyshov A.V. Air sieve machines // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования. Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов (на иностранных языках). Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, 2021. Рр. 7-11.
6. Бурков А.И. Тенденции развития воздушно-решётных зерноочистительных машин на современном этапе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 2 (63). С. 4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
7. Воздушно-решётные сепараторы МУЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://polymya.com/ru/catalog/separatory-zernoochistitelnye-mashiny/vozdushno-reshetnye-separatory-muz/> (дата обращения: 17.02.2023).
8. Галкин В.Д., Галкин А.Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2021. 234 с. ISBN 978-5-94279-505-4.
9. Галкин В.Д., Найданов А.О. Конструктивно-технологические схемы воздушно-решётных машин для различных технологий очистки // Молодёжная наука 2016: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов. Часть 2. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2016. С. 252-256.
10. Очистка зерна и семян [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://voronezhselmash.ru/produkcija/ochistka-zerna/> (дата обращения: 17.02.2023).
11. Сепаратор зерна универсальный «Centurion SU 60» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://baitekmachinery.ru/grainclean/915/6495/> (дата обращения: 17.02.2023).
12. Тарасенко А.П., Оробинский В.И. Зерноочистительные машины семейства ОЗФ // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 8. С. 15-16.
13. Универсальные сепараторы большой и малой производительности GRADEBEL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gradebel.by/wp-content/themes/artgon/files/catalog.pdf> (дата обращения: 17.02.2023).
14. Чернышов А.В., Внук С.К., Попов А.Е. Обзор конструкций универсальных воздушно-решётных зерноочистительных машин // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, 2021. С. 83-89.
15. Завалишин Ф.С., Мацнёв М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. М.: Колос, 1982. 231 с.
16. Кошурников А.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. 317 с.
17. Antony J. Design of Experiments for Engineers and Scientists. Elsevier, 2014. 221 p. DOI: 10.1016/C2012-0-03558-2.
18. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences. New York: Chapman and Hall/CRC, 2006. 456 p. DOI: 10.1201/9781315276021.
19. Анисимов Н.П. Об использовании методики планирования эксперимента в соответствии с трёхуровневыми планами Бокса-Бенкена // Вестник магистратуры. 2017. № 2-2 (65). С. 32-36.

INVESTIGATION OF THE SETTLING CHAMBER OF THE SECOND ASPIRATION OF THE UNIVERSAL GRAIN HEAP SEPARATOR

©2023. Alexander I. Burkov¹, Andrey L. Glushkov^{2✉}, Viktor A. Lazykin³, Valentin Yu. Mokiye⁴
^{1,2,3,4}Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
²glandrey@yandex.ru

Abstract. At present, high-performance universal grain cleaning machines are widely used, capable of operating in three grain cleaning modes (preliminary, primary, secondary). The disadvantage of the universal grain separator SVU-60, which belongs to this type of machine, is the low efficiency of cleaning the exhaust air in the settling chamber of the second aspiration. The research aimed to increase the efficiency of cleaning the exhaust air in the second aspiration of the universal grain heap separator by optimizing the design parameters of the settling chamber. The experiments were carried out on a laboratory apparatus for the second aspiration of a 0.3 m wide separator. Methods for planning multi-factor and single-factor experiments were used. The influence of the main parameters of the settling chamber on the sedimentation effect of light impurities has been studied. Regression equations for the process of cleaning the exhaust air in the settling chamber are obtained. The design parameters of the elements of the settling chamber of the second aspiration of the universal grain heap separator are optimized: installation angle of the reflector of the inlet edge of the fan housing $\delta=50^\circ$, depth of the outlet section of the tap of the aspirating channel $h_o=0.40$ m, length of the rectilinear part of the tap wall $l_o=0.19$ m, coordinates of the vertex position and the length of the walls of the L-shaped reflective partition $X=0.28$ m, $Y=0.30$ m and $L_1=0.20$ m, $L_2=0.15$ m. These parameters of the settling chamber make it possible, compared with its factory version, to increase the effect of sedimentation of light impurities by 92.4% (from 5.1 to 97.5%) at the air flow velocity in the aspirating channel 7 ± 0.1 m/s.

Key words: light impurities, grain separator, settling chamber, effect of sedimentation of light impurities

References

1. Buhler GmbH [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/universal_cleaningmachine.html (data obrashcheniya: 17.02.2023).
2. Cimbria Manufacturing A/S [Elektronnyiresurs], Rezhim dostupa: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (data obrashcheniya: 17.02.2023).
3. 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.
4. PETKUS Technologie GmbH [Elektronnyiresurs], Rezhim dostupa: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (data obrashcheniya: 17.02.2023).
5. Vnukov S.K., Shcherbakova A.V., Chernyshov A.V. Air sieve machines, Aktual'nyeproblemyagraroinauki, proizvodstvaiobrazovaniya, Materialy VII Mezhdunarodnoinauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh spetsialistov (nainostrannykh yazykakh), Voronezh, Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni Imperatora Petra I, 2021, pp. 7-11.
6. Burkov A.I. Tendentsii razvitiya vozdušno-reshetnykh zemoochistitel'nykh mashin na sovremennom etape (Trends in the development of air-sieve grain cleaning machines at present), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018, No. 2 (63), pp. 4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
7. Vozdušno-reshetnye separatory MUZ (Air-sieve separators MUZ) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://polymya.com/ru/catalog/separatory-zemoochistitelnye-mashiny/vozdušno-reshetnye-separatory-muz/> (data obrashcheniya: 17.02.2023).
8. Galkin V.D., Galkin A.D. Tekhnologii, mashiny i agregaty posleborochnoi obrabotki zerna i podgotovki semyan (Technologies, machines and units for post-harvest grain processing and seed preparation), Perm', IPTs Prokrost, 2021, 234 p. ISBN 978-5-94279-505-4.
9. Galkin V.D., Naidanov A.O. Konstruktivno-tekhnologicheskieskhemy vozdušno-reshetnykh mashin dlya razlichnykh tekhnologii ochistki (Structural and technological schemes of air-sieve machines for various cleaning technologies), Molodezhnaya nauka 2016: tekhnologii, innovatsii, Materialy Vserossiiskoinauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, Perm', IPTs Prokrost, 2016, pp. 252-256.

10. Ochistka zerna I semyan (Grain and seed cleaning) [Elektronnyi resurs], Rezhimdostupa: <https://voronezhselemash.ru/produkcija/ochistka-zerna/> (data obrashcheniya: 17.02.2023).
11. Separator zernauniversal'nyi «Centurion SU 60» (Universal grain separator «Centurion SU 60») [Elektronnyi resurs], Rezhim-dostupa: <https://baitekhnicheskoye.ru/grainclean/915/6495/> (data obrashcheniya: 17.02.2023).
12. Tarasenko A.P., Orobinskiy V.I. Zernoochistitel'nyemashinysemeistva OZF (Grain cleaning machines of the OZF model), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2006, No. 8, pp. 15-16.
13. Universal'nye separatory bol'shoimaloiproizvoditel'nosti GRADEBEL (Universal separators of high and low capacity GRADEBEL) [Elektronnyi resurs], Rezhimdostupa: <https://gradebel.by/wp-content/themes/artgon/files/catalog.pdf> (data obrashcheniya: 17.02.2023).
14. Chernyshov A.V., Vnukov S.K., Popov A.E. Obzorkonstruksiiuniver-sal'nykhvozdushno-reshetnykhzernoochistitel'nykh mashin (Overview of the designs of universal air-sieve grain cleaning machines), Tendentsiirazvitiyatekhnicheskikh sredstvitekhnologii v APK, Materialy mezhdunarodno-nauchno-prakticheskoi konferentsii, Voronezh, Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni Imperatora Petra I, 2021, pp. 83-89.
15. Zavalishin F.S., Matsnev M.G. Metody issledovaniy po mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva (Methods of research on the mechanization of agricultural production), Moskva, Kolos, 1982, 231 p.
16. Koshurnikov A.F. Osnovy nauchnykh issledovaniy (Basics of scientific research), Perm', IPTs Prokrost, 2014, 317 p.
17. Antony J. Design of Experiments for Engineers and Scientists. Elsevier, 2014. 221 p. DOI: 10.1016/C2012-0-03558-2.
18. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences, New York, Chapman and Hall/CRC, 2006, 456 p. DOI: 10.1201/9781315276021.
19. Anisimov N.P. Ob ispol'zovanii metodiki planirovaniya eksperimenta v sootvetstvie s trekhurovnevymi planami Boksa-Benkena (On use of method of experiment planning in compliance with three-level Box-Behnken plans), Vestnik magistratury, 2017, No. 2-2 (65), pp. 32-36.
20. Selezneva E.V., Yurina T.A. Sistema avtomatizirovannogo planirovaniya eksperimenta i polucheniya uravneniya regressii (The system for automated experiment planning and obtaining the regression equation), Vestnik SibADI, 2014, No. 3 (37), pp. 84-87.

Сведения об авторах

А.И.Бурков¹ – д-р техн. наук, профессор;

А.Л.Глушков² – канд. техн. наук;

В.А.Лазыкин³ – канд. техн. наук;

В.Ю.Мокиев⁴ – канд. техн. наук;

^{1,2,3,4} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Россия, 610007

² glandrey@yandex.ru

Information about the author

A.I. Burkov¹ – Dr. Tech. Sci., Professor;

A.L. Glushkov² – Cand. Tech. Sci.;

V.A. Lazykin³ – Cand. Tech. Sci.;

V.Yu. Mokiyev⁴ – Cand. Tech. Sci..

^{1,2,3,4} Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a, Lenina street, Kirov, Russia, 610007

² glandrey@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 22.03.2023; одобрена после рецензирования 31.05.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 22.03.2023; approved after reviewing 31.05.2023; accepted for publication 04.09.2023

АГРОНОМИЯ

Научная статья

УДК 551.5:551.583

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_12

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ
СТЕПНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РОССИИ**

©2023. Юрий Александрович Гулянов

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия, iury.gulynov@yandex.ru

Аннотация. Определены перспективы оптимизации использования земель и экологизации земледелия в наиболее освоенных в сельскохозяйственном отношении степных регионах России, обеспечивающих с 57,8% посевных площадей (46975,4 тыс. га в среднем за 2000-2021 гг.) более 60,0% (60107,8 тыс. т) валового урожая зерновых и зернобобовых культур, составляющего основу продовольственной безопасности страны. Обозначена актуальность указанной проблемы при нарастающей антропогенной деградации природных агроландшафтов, систематизированы причины возникновения и оценена степень влияния пространственной неоднородности фитомассы на реализацию биоклиматического потенциала полевых культур. Обобщён опыт использования данных спутникового мониторинга для выявления растительной неоднородности полевых агроценозов, представлены результаты его достоверности в полевых условиях и оценены перспективы использования данных ДЗЗ для управления развитием полевых культур. Дано заключение о наибольшей стабилизации и сохранения объёмов производства растительного сырья при выведении из оборота выработанных и неустойчивых угодий, повышении продуктивности полевых культур на остающихся в обработке землях путем внедрения наукоемких агрономических технологий посредством данных спутникового мониторинга.

Ключевые слова: степное земледелие, продовольственная безопасность, оптимизация землепользования, спутниковый мониторинг, данные дистанционного зондирования земли

Введение. В условиях повсеместной деградации природных геосистем экологизация использования почвенного покрова на обширных земледельческих территориях имеет высокую актуальность [1,2]. Она связана не только с осознанием незаменимости почвы в производстве продуктов питания, но и с её важностью для экологической устойчивости и сохранения биологического разнообразия как «фундамента» биосферы [3,4].

В степной зоне России, наиболее освоенной в сельскохозяйственном отношении, где сосредоточено 57,8% (в среднем за 2000-2021 гг.) всех посевных площадей (46975,4 тыс. га из 81179,1 тыс. га) и собирается более 60,0% (63,0% в среднем за 2000-2021 гг.) валового урожая зерновых и зернобобовых культур – 60107,8 тыс. т из 95390, 2 тыс. т., обозначенная проблема характеризуется особой остротой [5].

В соответствии с концепцией оптимизации землепользования и сохранения биологического разнообразия, разрабатываемой Институтом степи УрО РАН, экологоориентированное использование природных ресурсов предполагает выведение из обработки малопродуктивных земель, прежде всего чрезмерно распаханых в целинную компанию 1954-1963 гг., а также эродированных, склоновых и прочих, непригодных для обработки или значительно выработанных [6]. Для сохранения прежних объёмов производства растительной продукции потребуется существенное повышение продуктивности остающихся в использовании пахотных угодий [7].

Анализ статистических данных показывает, что при относительно стабильных посевных площадях, изменявшихся в анализируемый период времени (2000-2021 гг.) с коэффициентом вариации 7,8%, регионы степной зоны России характеризовались почти втрое большей изменчивостью валовых урожаев. Значительно меняющаяся по годам урожайность только по зерновым и зернобобовым культурам превысила 20%. Размах вариации составил 46165,5 тыс. т – от 40769,1 тыс. т в 2003 г. до 86934,6 тыс. т в 2017 году [5].

Результаты корреляционно-регрессионного анализа статистических данных подтвердили преимущественное влияние на величину валовых сборов урожайности с единицы площади, а между площадью посева и валовыми урожаями сильной связи не выявлено. Величина коэффициента корреляции Пирсона ($r = 0,62$), указывающая только на среднюю связь данных параметров, свидетельствует о бесперспективности экстенсивных подходов в земледелии.

Таким образом, нестабильность или недостаточная величина валовых сборов полевых культур выступают в качестве главных сдерживающих факторов в реализации экологически ориентированной концепции степного землепользования, поскольку сокращение площадей обрабатываемых земель при высокой нестабильности урожаев создаёт большие

риски для продовольственной безопасности [7].

Следовательно, при обосновании путей оптимизации степного землепользования в качестве главных следует рассматривать мероприятия по обеспечению стабильных, достаточного объёма урожаев полевых культур на пахотнопригодных почвах путём нивелирования или исключения факторов, дестабилизирующих производство продукции.

Исходя из этого, цель настоящих исследований состоит в оценке перспектив оптимизации степного землепользования посредством повышения стабильности растениеводства на пахотнопригодных почвах с использованием элементов наукоёмких агротехнологий.

Реализация намеченной цели осуществляется путём поэтапного решения нескольких задач. На первоначальном этапе исследований оценивали перспективы оптимизации землепользования и экологизации использования обрабатываемых земледельческих угодий степных регионов России при нарастающей антропогенной деградации природных геосистем. Исследования второго этапа заключаются в изучении причин возникновения и оценке степени влияния пространственной неоднородности на реализацию биоклиматического потенциала полевых культур. Заключительный этап был посвящён систематизации опыта использования данных спутникового мониторинга для выявления растительной неоднородности, его верификации в полевых условиях и оценке перспектив использования данных ДЗЗ для управления развитием растений в полевых агроценозах.

Проведённые исследования имеют практическую направленность, а полученные результаты могут быть применимы для эффективного управления формированием урожая полевых культур, повышения их продуктивности, пространственной однородности урожая и оптимизации землепользования степных регионов России.

Методика. Объектом исследований выступали данные дистанционного зондирования

Земли (ДЗЗ) и пространственная вариабельность фитомассы полевых культур в агроценозах степных регионов России.

Сведения о площадях посева, объёмах производства зерновых и зернобобовых культур (2000-2021 гг.) получали из базы данных Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС) России [5], представляющей собой временные ряды площадей посева (тыс. га), урожайности (т/га) и валовых сборов (тыс. тонн) зерна по соответствующим территориям.

Источником метеорологической информации служили данные метеорологической станции Оренбурга, представленные в виде временных рядов среднесуточных и среднемесячных значений температуры воздуха и осадков за каждый анализируемый год [8]. Оценку засушливости климата осуществляли на основе гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК).

Математическая обработка экспериментальных данных проведена стандартными статистическими методами корреляционного и регрессионного анализа [9]. Оценка силы связи между данными отдельных массивов показана

с использованием коэффициента корреляции Пирсона (r).

Результаты. Результаты наших исследований показали, что наиболее приемлемым направлением стабилизации и сохранения объёмов производства качественного растительного сырья при выведении из обработки неустойчивых земель в степной зоне России, является повышение продуктивности полевых культур на плодородных землях, основанное на природоподобных технологических подходах в ландшафтно-адаптивных системах земледелия. Это создаст условия для стабилизации зернового производства, безопасного природопользования, охраны окружающей среды и снижения экологической напряжённости в агроландшафтах [7, 10].

Положительная динамика валовых сборов зерновых и зернобобовых культур за истекшие два десятилетия (2000-2021), характеризовавшаяся активным техническим и технологическим перевооружением отечественного земледелия, указывает на наличие подобных возможностей, даже в условиях современных климатических и антропогенных изменений (рисунок 1).



Рис 1. Динамика площадей посева и валовых сборов зерновых и зернобобовых культур в регионах степной зоны России, 2000-2021 гг.

Fig. 1. Dynamics of planting acreage and gross harvests of grain and leguminous crops in the steppe regions of Russia, 2000-2021.

Так, при положительном тренде посевных площадей, составившем за анализируемые 22 года 1,7 млн га (3,7% от уровня 2000 г.), изменение (тренд) валовых урожаев оказалось равным 32,1 млн тонн, или 73,0%.

При имеющихся тенденциях роста продуктивности зернового хозяйства в современной России достичь показателей мирового уровня пока не удаётся – средняя урожайность зерновых культур остаётся практически вдвое ниже среднемировой [5].

Среди причин такой результативности отечественного земледелия, наряду с не самыми благоприятными почвенно-климатическими условиями на территориях традиционного хлебопашества, преимущественно расположенных в зонах «рискованного земледелия», следует отметить довольно долгое преобладание экстенсивных технологических подходов, сопровождавшихся деградацией почвенного покрова и прилегающих ландшафтов. Дополни-

тельное негативное влияние оказывает игнорирование отдельными сельскохозяйственными товаропроизводителями современных наукоёмких и инновационных агротехнологий, уход от реальной технологической модернизации земледелия, стремление к сокращению издержек путём исключения части классических агротехнических приёмов [11].

Результаты наших экспедиционных исследований (2019-2023 гг.) свидетельствуют, что в условиях меняющегося климата чаще всего именно приведённые обстоятельства оказывают решающее влияние на нестабильность растениеводства. Так, в постцелинных регионах степной зоны РФ они выражаются в значительном снижении продуктивности фитомассы полевых культур и пространственной неоднородности, а также пестроте полевого растительного покрова, сопровождающейся дополнительным снижением урожайности на отдельных участках поля (рисунок 2).

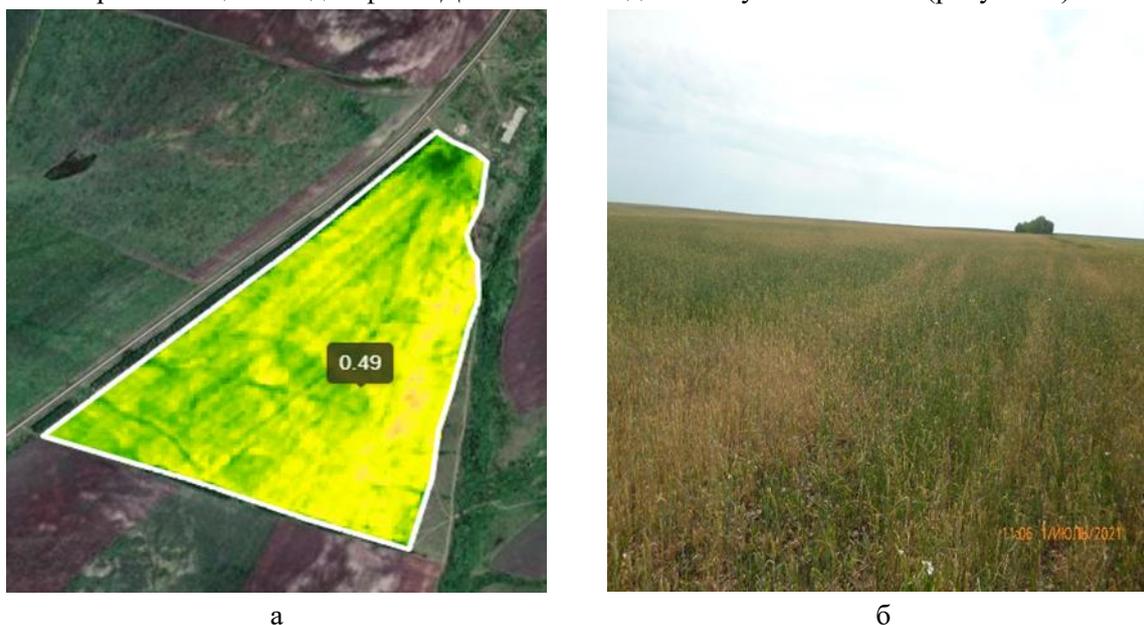


Рис 2. Выражение пространственной неоднородности растительного покрова озимой пшеницы: (а) по результатам космической съёмки; (б) общий вид посева на чернозёмах типичных, Оренбургская область, Шарлыкский район, июль 2021г

Fig. 2. Demonstration of spatial heterogeneity of winter wheat vegetation cover (a) based on the results of satellite imagery and (b) general view of sowing on typical chernozems, Orenburg region, Sharlyk district, July 2021

Следует признать, что адаптации агротехнологий к современным природным, прежде всего климатическим, и экономиче-

ским условиям, направленной на более высокую реализацию потенциала продуктивности возделываемых культур с использованием природоподобных подходов в ландшафтно-

адаптивных системах земледелия при безусловной экономической целесообразности, в отечественной и мировой науке и практике уделяется повышенное внимание. Однако при её разработке объектом приложения новаций чаще всего становится поле целиком, а не его отдельные участки, в том числе с пониженной продуктивностью.

Наличие большого числа таких участков в пределах одного, даже высокоплодородного

поля, приводит к значительному снижению средней урожайности и валового урожая. Причём, в наиболее неблагоприятные годы, например отличающиеся, повышенной засушливостью, разница в развитии фитомассы на отдельных участках становится наиболее выраженной, и снижение средней урожайности относительно участков высокой продуктивности – более значительным (табл.1).

Таблица 1

Изменчивость урожайности культур зернопарового севооборота при внутривольной неоднородности фитомассы в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области, Оренбургского района

Участок поля	Культура (год)			средняя урожайность (с участка поля), т/га
	озимая пшеница, 2020 г.	яровая пшеница 2021 г.	яровой ячмень 2022 г.	
1	2,63	0,59	1,93	1,72
2	2,27	0,57	1,76	1,53
3	2,32	0,58	1,84	1,58
4	1,66	0,32	1,25	1,08
5	2,52	0,63	2,01	1,72
6	2,13	0,54	1,57	1,41
7	2,31	0,59	1,83	1,58
8	2,21	0,55	1,62	1,46
9	2,31	0,58	1,91	1,60
10	2,34	0,65	2,13	1,71
Коэффициент вариации, %	11,4	16,2	14,1	12,5
Средняя урожайность, т/га	2,27	0,56	1,78	1,54

Так, в зоне чернозёмов южных Центральной почвенно-климатической зоны Оренбургской области на десяти визуально различающихся по интенсивности развития фитомассы закреплённых участках поля в сухом 2020 году (ГТК=0,34) пространственная вариабельность урожайности озимой пшеницы по пару составила 11,4 %, с разницей между максимальными и минимальными значениями 0,97 т/га (36,9%). В еще более сухом 2021 году (ГТК=0,28) «пестрота» развития фитомассы яровой пшеницы, размещённой по озимой пшенице, оказалась более выраженной, с коэффициентом вариации урожайности 16,2% и разницей 0,31т/га (49,2%). В посеве ярового ячменя, размещённого третьей культурой после пара, несмотря на относительно благоприятные условия увлажнения 2022 года (ГТК=0,76), вариабельность урожайности и разница между максимальными и минимальными значениями также были

высокими – 14,1% и 0,56 т/га (26,3%) соответственно.

Примечательно, что пространственная изменчивость урожайности на экспериментальном поле характеризовалась временным постоянством. Несмотря на достаточно разную продуктивность, обусловленную биологическими особенностями возделываемых культур и погодными условиями, между рядами урожайности разных лет (с закреплённых участков) выявлена сильная корреляционная связь. О её наличии свидетельствует коэффициент корреляции Пирсона (r), в парных сравнениях оказавшийся равным 0,89 (озимая пшеница-яровая пшеница) – 0,87 (озимая пшеница-яровой ячмень) – 0,93 (яровая пшеница-яровой ячмень).

Анализ причин гетерогенности растительного покрова, проведённый в различных регионах степной зоны Российской Федерации

(Ростовская, Волгоградская, Самарская, Саратовская, Оренбургская, Челябинская, Курганская, Тюменская, Омская, Новосибирская области, Республика Башкортостан и Алтайский край), позволил нам систематизировать всё многообразие приводящих к внутриволевой пестроте природных и антропогенных факторов. Были выделены климатические, почвенные, географические, биологические факторы, а также факторы техногенной природы или связанные с сельскохозяйственной практикой, проявление которых характеризуется определённой спецификой [12].

Наши исследования показали, что в качестве средства выявления и последующего выравнивания растительной гетерогенности полевых агроценозов на больших площадях без риска для окружающей среды, высокие перспективы имеет внедрение интеллектуальных цифровых технологий [13]. Они основываются на использовании данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и роботизированной сельскохозяйственной техники в системах точного земледелия для дифференциации норм технологического воздействия на отдельные, как правило, характеризующиеся пониженной продуктивностью участки поля. Их неоднородность [14] чаще всего выявляется посредством нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) [15], сильно связанного с площадью ассимиляционной поверхности и плотностью продуктивного стеблестоя, характеризующих интенсивность развития фитомассы, а также будущей урожайностью.

К примеру, в наших исследованиях посевов озимой пшеницы Поволжская 86 на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья в фазе колошения корреляция (r) между приведёнными параметрами оказалась равной 0,95, 0,81 и 0,95 соответственно.

Чаще всего участками пониженной продуктивности могут быть обеднённые питательными веществами фрагменты поля, обусловленные гранулометрическим составом, структурой и плодородием почвы, доступностью

элементов минерального питания или проявлением эрозионных процессов (смытые, выветренные), требующие дифференцированного внесения расчётных норм минеральных и органических удобрений или дифференциации нормы высева семян. Существенным снижением урожайности характеризуются также участки с высоким поражением культивируемых растений вредителями и патогенами, угнетённые сорняками и заболеваниями различной этиологии, подлежащие локальной пестицидной обработке. Сюда же следует отнести участки с некачественным выполнением агротехнических приёмов, например, с неравномерностью высева или использованием семян с пониженной всхожестью; участки с посевами, огрехами и прочими технологическими отступлениями, нуждающимися в исправлении.

В природо- и ресурсосберегающей технологиях определение допустимой величины технологического воздействия на низкопродуктивные участки поля предполагает установление максимально возможного и экологически обоснованного уровня реализации биоклиматического потенциала урожайности для каждой конкретной культуры или сорта.

Образцом высокой экологоориентированной продуктивности различных полевых культур могут служить эталонные посевы. Их фитометрические параметры (по NDVI) в критические фазы органогенеза, как определяющие ход нарастания урожая, могут использоваться как ориентир для принятия корректирующих технологических решений на текущих посевах сельскохозяйственных культур. Так, для богарных условий сухих степей Оренбургского Предуралья определённые нами значения максимальной площади ассимиляционной поверхности озимой пшеницы Поволжская 86 в фазе колошения должны находиться на уровне 25,7 - 29,5 тыс. м²/га, что соответствует NDVI на уровне 0,86-0,91 единиц и может обеспечить КПД приходящей ФАР в 1,26-1,41%.

Следует обратить внимание на выявленные в ходе полевого эксперимента устойчивые сортовые признаки, определяющие оптико-

биологические свойства отдельных сортов в пределах вида (интенсивность зелёного окрашивания, расположение листьев, длина стебля и колоса, наличие или отсутствие остей и др.), а также изменение интенсивности зелёного окрашивания растений в процессе «взреления», которые необходимо учитывать при интерпретации вегетационного индекса посева (NDVI), особенно при проведении спутникового мониторинга.

Подводя итог, следует подчеркнуть, что внедрение в технологический процесс информационных технологий и данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) может значительно повысить эффективность управления развитием растений в продуктивных посевах, улучшить их урожайные перспективы в процессе вегетации при одновременном снижении нагрузки на естественные экологические системы [12].

Прежде всего, оно предоставляет возможность оперативного сравнения вегетационного индекса (NDVI) по элементарным участкам поля с показателями высокопродуктивных эталонных посевов и корректировки технологического процесса в сторону приближения к оптимальным условиям посредством оптимизации (фитометрические параметры, водный и пищевой режим) или устранения (засорённость, поражение болезнями или вредителями) лимитирующих факторов [11].

В целом, использование наукоёмких агротехнологий имеет большие перспективы для решения прикладных задач степного земледелия России, которые заключаются в обеспечении продовольственной безопасности населения, экологически целесообразном использо-

вании ресурсного потенциала степных агроландшафтов и сохранении биологического разнообразия путём выведения из обработки неустойчивых земель и сосредоточения технологической нагрузки на пригодных к обработке землях.

Выводы. В результате проведённых исследований установлено, что одним из сдерживающих факторов в реализации экологически ориентированной концепции степного землепользования является низкая стабильность земледелия, не гарантирующая продовольственной безопасности населения в случае выведения из оборота неустойчивых земель.

В качестве основной предпосылки к оптимизации землепользования в степных регионах Российской Федерации может рассматриваться техническое и технологическое перевооружение отечественного земледелия, обеспечивающее повышение продуктивности остающихся в обработке угодий даже в условиях современных климатических и антропогенных изменений.

Действенным средством повышения эффективности управления полевыми агроценозами, улучшения их урожайных перспектив при щадящем отношении к прилегающим ландшафтам может стать внедрение информационных технологий, основанных на данных спутникового мониторинга (ДЗЗ).

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме № ГР АААА-А21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

Список источников

1. Fatemi M., Rezaei-Moghaddam K. Multi-criteria evaluation in paradigmatic perspectives of agricultural environmental management // *Heliyon*. 2019. V. 5. № 2. P. e01229.
2. Волошенко И.В. Геоэкологическая оценка обрабатываемых почв // *Успехи современного естествознания*. 2023. № 4. С. 32-37.
3. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Ющенко Д.Н., Бутко А.С. Изменение агрофизических свойств чернозёмных почв при интенсификации земледелия в лесостепи Западной Сибири // *Пермский аграрный вестник*. 2022. № 2 (38). С. 99-105.
4. Nath C.P., Kumar N., Dutta A., Hazra K., Praharaaj C., Singh S.S., Das K. Pulse crop and organic amendments in cropping system improve soil quality in rice ecology: Evidence from a long-term experiment of 16 years // *Geoderma*. 2023. V. 430. P. 116334.

5. ЕМИСС. Площадь посева сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь). Урожайность сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 08.06.2023).
6. Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Екатеринбург: Наука, 1992. 172 с.
7. Gulyanov Y.A., Levykin S.V., Chibilyov (jr.) A.A. The Development of Scientific Approaches to Using Land Resources and Agro-Technologies within the Steppe Zone of the Orenburg Pre-urals Region // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. V. 234. P. 3–13.
8. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 10.06.2023).
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
10. Гулянов Ю.А., Николаев Н.А. Качество зерна озимой пшеницы при оптимизации технологии возделывания // Зерновое хозяйство. 2007. № 1. С. 23-25.
11. Gulyanov Y.A., Chibilev A.A. Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources // South of Russia: Ecology, Development. 2023. № 18(1). P. 117–125.
12. Гулянов Ю.А. Возможности интеллектуальных цифровых технологий в экологизации ландшафтно-адаптивного земледелия степной зоны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (78). С. 8-11.
13. Gulyanov, Yu.A., Chibilev, A.A. Climatic conditions of the Urals and Western Siberia post-virgin regions and field crops productivity // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. V. 1138(1). P. 012030.
14. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С., Новикова Т.В., Полякова С.С., Фомин Д.С. Применение данных дистанционного зондирования земли с элементами точного земледелия при возделывании бобово-злаковых смесей с разным соотношением компонентов // Пермский аграрный вестник. 2023. № 1 (41). С. 20-28.
15. Комаров А.А., Комаров А.А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 124-129.

ACTUAL EXPERIENCE IN USING SATELLITE MONITORING TECHNOLOGIES FOR SOLVING APPLIED PROBLEMS OF STEPPE FARMING IN RUSSIA

©2023. Yuriy A. Gulyanov

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, iury.gulyanov@yandex.ru

Abstract. Prospects to optimize land use and make agriculture more ecological in the most agrarian developed steppe regions of Russia, providing with 57.8% of the cultivated area (46975.4 thousand hectares on average for 2000-2021) for more than 60.0% (60107.8 thousand tons) of the gross yield of grain and leguminous crops, which forms the basis of the country's food security, are evaluated. The relevance of this problem in the conditions of increasing anthropogenic degradation of natural geosystems is indicated. The causes of the occurrence are systematized and the degree of influence of the spatial heterogeneity of phytomass on the realization of the bioclimatic potential of field crops is estimated. The experience of using satellite monitoring data to identify plant heterogeneity of field agrocenoses is summarized, the results of its verification in the field are presented and the prospects for using remote sensing data to control the development of field culture plants are evaluated. It is stated that the greatest acceptability for the stabilization and preservation of the production of plant raw materials is achieved with the withdrawal of depleted and unstable lands from circulation, increasing the productivity of field crops on the lands remaining in cultivation through the introduction of high-tech agricultural technologies involving the use of satellite monitoring data.

Key words: steppe farming, food security, land use optimization, satellite monitoring, earth remote sensing data

References

1. Fatemi M., Rezaei-Moghaddam K. Multi-criteria evaluation in paradigmatic perspectives of agricultural environmental management // *Heliyon*. 2019. Vol. 5. No. 2. P. e01229.
2. Voloshenko I.V. Geojekologičeskaja ocenka obrabatyvaemyh pochv (Geo-ecological assessment of cultivated soils), *Uspehi so-vremennogo estestvoznaniya*, 2023, No. 4, Pp. 32-37.
3. Jushkevich L.V., Shhitov A.G., Jushhenko D.N., Butko A.S. Izmeneniya grofizičeskix svoystv černozyomnyh pochv pri intensivizacii zemledelija v lesostepi Zapadnoj Sibiri (Changes in the agrophysical properties of chernozem soils during the intensification of agriculture in the forest-steppe of Western Siberia), *Permskij agrarnyj Vestnik*, 2022, No. 2 (38), Pp. 99-105.
4. Nath C.P., Kumar N., Dutta A., Hazra K., Praharaj C., Singh S.S., Das K. Pulse crop and organic amendments in cropping system improve soil quality in rice ecology: Evidence from a long-term experiment of 16 years, *Geoderma*, 2023, Vol. 430. P. 116334.
5. EMISS. Ploshhad' posevasel'skoho zrajstvennykh kul'tur (v raschetenaubran-nujuploshhad'). Urozhajnost' sel'skoho zrajstvennykh kul'tur (EMISS. The cultivated area of agricultural crops (based on the harvested area). Crop yields) [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (data obrashhenija: 08.06.2023).
6. Chibil'ov A.A. Jekologičeskaja optimizacija stepnyh landshaftov (Ecological optimization of the steppe landscapes), Ekaterinburg, Nauka, 1992, 172 p.
7. Gulyanov Yu.A., Levykin S.V., Chibilyov (jr.) A.A. The Development of Scientific Approaches to Using Land Resources and Agro-Technologies within the Steppe Zone of the Orenburg Pre-urals Region, *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, Vol. 234, Pp. 3–13.
8. Specializirovannyj massiv dlya klimaticheskix issledovanij (Specialized districts for climate research) [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (data obrashhenija: 10.06.2023).
9. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovam statističeskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) (Methodology of the field experiment (with the basics of statistical processing of research results)), M., Agropromizdat, 1985, 351 p.
10. Gulyanov Yu.A., Nikolaev N.A. Kachestvo zerna ozimoj pshenicy pri optimizacii tehnologii vozdeleyvanija (The quality of winter wheat grain in the optimization of cultivation technology), *Zernovoe hozrajstvo*, 2007, No. 1, Pp. 23-25.
11. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources, South of Russia: *Ecology, Development*, 2023, No. 18(1), Pp. 117–125.
12. Gulyanov Y.A. Vozmožnosti intellektual'nyh cifrovyh tehnologij v jeko-logizacii landshaftno-adaptivnogo zemledelija stepnoj zony (The possibilities of intelligent digital technologies in the greening of landscape-adaptive agriculture of the steppe zone), *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4 (78), Pp. 8-11.
13. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Climatic conditions of the Urals and Western Siberia post-virgin regions and field crops productivity, *IOP Conference Series, Earth and Environmental Science*, 2023, Vol. 1138(1), P. 012030.
14. Zubarev Ju.N., Fomin D.S., Novikova T.V., Poljakova S.S., Fomin D.S. Primenenie dannyh distancionnogo zondirovanija zemli s jelementami točnogo zemledelija privozdeleyvanija bobovo-zlakovyh smesej s raznym sootnošeniem komponentov (Application of the earth remote sensing data with the elements of precision agriculture in the cultivation of legume-cereal mixtures with different component ratios), *Permskij agrarnyj Vestnik*, 2023, No. 1 (41), Pp. 20-28.
15. Komarov A.A., Komarov A.A. Ocenka sostojanija travostoja s pomoshh'ju vegetacionnogo indeksa NDVI (Assessment of the state of the herbage using the vegetation index NDVI), *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 51, Pp. 124-129.

Сведения об авторах

Ю.А. Гулянов – д-р с.-х. наук, профессор, ведущий научный сотрудник.

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (УрО РАН) – обособленное структурное подразделение Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ РАН), ул. Пионерская, 11, г. Оренбург, Россия, 460000, e-mail: iury.gulyanov@yandex.ru, Author ID: 518459

Information about the author

Yu.A. Gulyanov – Dr. Agr. Sci., Professor, Leading Researcher.

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 11, Pionerskaya str., Orenburg, Russia, 460000, iury.gulyanov@yandex.ru, Author ID: 518459

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 16.06.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 16.06.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 633.522:631.53.04

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_21

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПОСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СРЕДНЕРУССКОЙ ОДНОДОМНОЙ КОНОПЛИ НАДЕЖДА В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

©2023. Елена Витальевна Корепанова¹, Гульзира Рамазановна Галиева^{2✉},
Вера Николаевна Гореева³, Чулпан Марсовна Исламова⁴, Ильдус Шамилович Фатыхов⁵
^{1,2,3,4} Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия
¹gulzira.galieva@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по выявлению оптимальной глубины посева семян как элемента технологии возделывания среднерусской однодомной конопли. Среднерусская однодомная конопля, наиболее распространённая в Нечерноземной зоне Российской Федерации, относится к числу важнейших технических культур. Несмотря на широкое применение технической конопли в различных сферах деятельности, её мало возделывают, основная причина этого заключается в том, что у сельхозпроизводителей есть сомнения по поводу применения данной культуры и не разработаны элементы адаптивной агротехнологии возделывания. Исследования проведены с сортом Надежда в технологии возделывания на двустороннее использование (семена + волокно). В абиотических условиях Среднего Предуралья наибольшей урожайности семян 146 г/м² у конопли сорта Надежда соответствовала урожайность волокна 110 г/м², которые были получены от посева на глубину 3 см при 77 шт./м² растений к уборке, 8,3 г массе растения, 129,0 шт. семян и 1,77 г их массы с растения. Также наблюдаются изменения урожайности семян и волокна от метеорологических условий. Жаркое, засушливое лето 2021 г., независимо от глубины посева, способствовало формированию относительно высокой 205 г/м² урожайности семян и неблагоприятно отразилось на урожайности волокна – 78 г/м². Сочетание теплой и влажной погоды в первой половине вегетационного периода 2022 г., в период активного роста конопли, обусловило формирование урожайности волокна в среднем 144 г/м², семян – 123 г/м². Относительно холодная в первой половине вегетации погода с резкими перепадами температуры во второй половине 2020 г. способствовала получению урожайности семян конопли 72 г/м², волокна – 99 г/м².

Ключевые слова: конопля, сорт, глубина посева, урожайность, структура урожайности, семена, волокно, абиотические условия

Введение. Конопля занимает одно из важных мест среди прядильных культур, выращиваемых в Российской Федерации. Её способность адаптироваться к разным почвенно-климатическим условиям позволяет выращивать эту культуру практически в любых агро-экологических зонах, её можно встретить в жарком климате Индии и в суровых условиях севера. В 50-х годах XX века в отдельные годы под коноплей в Советском Союзе было занято

до 900 тыс. га [1]. В 2019 г. площади возделывания в России сократились до 10,2 тыс. га, в 2020 г. – 7,4 тыс. га [2]. В мире площадь посева конопли составляет около 400 тыс. га [3]. В Удмуртской Республике в 2022 г. площадь посева под данной культурой составила 1023 га.

В последнее время всё чаще можно услышать о возрождении конопли [2, 3–4]. Поэтому необходимо знать особенности биоло-

гии и развития конопли, отношение к условиям внешней среды, адаптированные приёмы технологии возделывания для получения высокой урожайности и хорошего качества продукции. Товаропроизводители технической конопли должны знать все её виды и сорта, это будет способствовать разработке ресурсо- и энергосберегающих способов возделывания. Оптимальные параметры технологии выращивания в условиях сельскохозяйственного производства сформируют прибавку продукции волокна и семян данной культуры с наименьшими затратами труда и минимальной себестоимостью коноплепродукции [5].

Конопля в сельском хозяйстве Российской Федерации вызывает производственный интерес [6–8]. Возделывается она, главным образом, ради получения волокна, ведь она применяется в современном строительном секторе [9], однако большое значение имеют и семена технической конопли. Благодаря повседневной работе селекционеров, в целях повышения уровня развития коноплеводства были внедрены однодомные сорта конопли с низким содержанием тетрагидроканнабинола (ТГК), позволяющие получать высокие и устойчивые урожаи семян и волокна, что в значительной степени позволило поднять рентабельность коноплеводства [10].

Изучением технических (лубоволокнистых) культур в Среднем Предуралье занимаются уже продолжительное время. Обширные исследования проведены на льне масличном и льне-долгунце [11–12]. По результатам исследований В.Н. Горевой [13], «на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве оптимальной глубиной посева семян льна масличного является 3,1–4,0 см. Урожайность семян составила 125 г/м²». В результате трехлетних исследований Е.В. Корпеановой [14], установлено что «относительно высокую урожайность волокна – не менее 10 ц/га и 7 ц/га семян льна-долгунца Восход с лучшим качеством тресты обеспечивает посев семян на глубину 2–3 см на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве при выпадении за период «ёлочка»

– цветение не менее 90 мм осадков при среднесуточной температуре воздуха не выше 15 ...16 °С». В научной литературе отсутствуют исследования по изучению реакции среднерусской однодомной конопли на глубину посева семян в Среднем Предуралье, поэтому данный вопрос имеет значимый интерес и является актуальным.

Цель: выявить влияние глубины посева семян на продуктивность среднерусской однодомной конопли сорта Надежда в Среднем Предуралье.

Задачи: 1. Определить урожайность семян и волокна среднерусской однодомной конопли Надежда в зависимости от глубины посева в разных абиотических условиях; 2. Обосновать урожайность семян и волокна элементами её структуры.

Методика. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на опытном поле УНПК-Агротехнопарк Удмуртского ГАУ. Опыт микрополевой однофакторный, повторность вариантов 6-кратная. Размещение вариантов – систематическое со смещением, общая и учетная площадь делянки – 1,8 м². Схема опыта включала пять вариантов глубины посева – от 1 см до 5 см с шагом в 1 см. В качестве контроля использовали посев на глубину 3 см. Посев проводился широкорядным способом с шириной междурядий 45 см, норма высева 1,2 млн шт. на 1 га. Срок уборки – при созревании не менее 75 % семян.

Для анализа агрохимических свойств почв применяли общепринятые методики: подвижный фосфор и калий были определены в соответствии с модификации ЦИНАО, метод представлен в ГОСТ Р 54650-2011, содержание органического вещества определено в соответствии ГОСТ Р 26213-2021, обменная кислотность определенная в рН в солевой вытяжке была измерена потенциометрическим методом в соответствии с ГОСТ 58594-2019, гидролитическая кислотность по методу Каппену определена потенциометрическим методом, модифицированным ЦИНАО согласно ГОСТ 26212-2021. Фенологические наблюде-

ния, структура урожайности, морфологический анализ растений проводились в соответствии с методикой государственного сортоиспытания. Для учета урожайности семян использовался метод сплошного сбора с каждой делянки, с последующим перерасчетом на стандартную влажность 13 % в соответствии с ГОСТ 12037–81 и на 100 % чистоту согласно ГОСТ 12041–82. Существенность разницы в показаниях между вариантами была выявлена методом дисперсионного анализа; в среднем за годы исследований – по методу А. В. Ваулина. Данные среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков – из архива метеостанции г. Ижевска [15].

Опыты закладывали на дерново-средне-подзолистой среднесуглинистой почве. Пахотный слой почвы опытных участков за годы проведения исследований характеризовался низким и средним содержанием гумуса, повышенным и высоким – подвижного фосфора, повышенным и очень высоким – подвижного калия, от сильнокислой до близкой к нейтральной реакции почвенного раствора.

Рост и развитие растений конопли сорта Надежда в опыте в 2020–2022 гг. проходили при различных метеорологических условиях, которые отличались по температурным условиям и увлажнению (таблица 1–2).

Таблица 1

Среднесуточная температура воздуха вегетационных периодов, °С
(по данным метеорологической станции г. Ижевска, 2020–2022 гг.)

Месяц	Год			Средняя многолетняя
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Апрель	4,5	5,4	4,8	4,0
Май	13,3	16,9	9,7	12,3
Июнь	14,6	20,1	15,7	16,8
Июль	20,7	19,5	20,3	18,8
Август	15,9	19,9	20,7	16,2
Сентябрь	11,0	8,3	10,5	10,6

Вегетационный период 2020 г. был относительно холодным со среднесуточной температурой воздуха 13,3 ... 14,6 °С в первой половине вегетации, резкие перепады – от 4,0 до 35,0 °С – в июле и 15,9 °С в августе при созревании семян обусловили формирование меньшей в 1,6–3,0 раза урожайности, чем урожайность в другие исследуемые годы.

Отличительной особенностью вегетационного периода 2021 г. явилось относительно жаркое и засушливое лето. Средняя температура воздуха в июне, июле и августе, когда наблю-

дался период бутонизация – цветение – созревание сортов конопли, составила 19,5 ... 20,1 °С, что благоприятно отразилось на формировании урожайности семян, но отрицательно – на формировании урожайности волокна. Вегетационный период 2022 г. характеризовался прохладной погодой со среднесуточной температурой воздуха 9,7 ... 15,7 °С в первой половине и относительно теплой погодой со средней температурой 20,3 ... 20,7 °С – во второй половине. В 2020 г. прохладная погода за период вегетации сопровождалась неравномерным выпадением осадков – от 46 до 170 % от нормы (таблица 2).

Таблица 2

Сумма осадков за вегетационные периоды, мм
(по данным метеорологической станции г. Ижевска, 2020–2022 гг.)

Месяц	Год			Средняя многолетняя
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Апрель	43	58	52	29
Май	35	21	43	45
Июнь	29	32	110	63
Июль	99	79	28	66
Август	38	47	1	63
Сентябрь	22	61	50	48

В 2021 г. осадков выпало ниже средне-многолетних значений на 25–53 %. Только в июле и в сентябре осадков было больше нормы на 19 % и 27 % соответственно, но они носили локальный ливневый характер. Поэтому урожайность волокна конопли в 2021 г. была ниже в 1,2–1,9 раза, чем аналогичный показатель в 2020 и 2022 гг. Вегетационный период 2022 г. характеризовался как влажный в первой половине и засушливый – во второй. Сумма выпавших осадков в мае была близка к норме (96 %), однако в июне, в период быстрого роста растений конопли, холодная погода сопровождалась обилием осадков – 174 % от среднегодового их количества. В июле и августе установилась засушливая погода с суммой осадков 28

мм и 1 мм соответственно, или 42 % и 2 % от нормы. Это отразилось на урожайности и качестве коноплепродукции.

Результаты. Сложившиеся почвенно-метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований способствовали разному росту растений конопли сорта Надежда. Наибольший среднесуточный прирост стебля в высоту 3,5 см выявлен в 2022 г. в период бутонизация – цветение, что выше на 1,8–2,1 см относительно аналогичного показателя в данном периоде в 2020 г. и 2021 г. (рисунок 1). Прирост стебля в высоту после фазы цветения ослабел и составил 0,4–1,2 см, а в период созревания семян – 0,1–0,2 см в сутки.

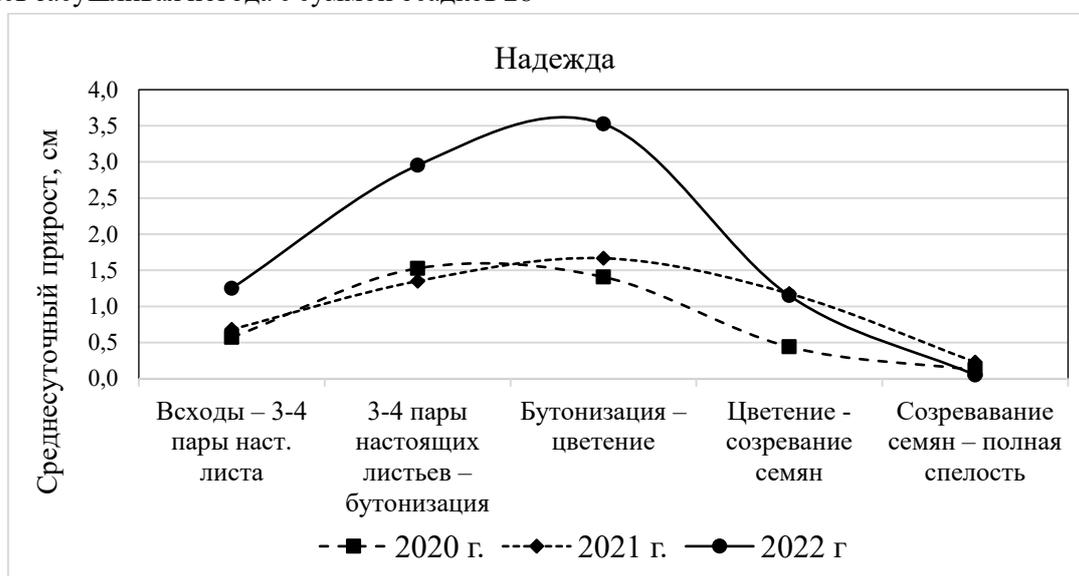


Рис 1. Среднесуточный прирост растений конопли сорта Надежда (контрольный вариант), см
 Fig. 1. Average daily growth of hemp plants of the Nadezhda variety (control variant), cm

Формирование урожайности продукции конопли по годам исследования и по вариантам с глубиной посева шло по-разному. В 2020 г. наибольшую урожайность 75–77 г/м² семян обеспечил посев на глубину 2–3 см (таблица 3). Мелкая глубина посева – на 1 см или глубокая – на 4 см и 5 см снижали урожайность семян соответственно на 7 г/м², 6 г/м² и 11 г/м²

относительно контрольного варианта (НСР₀₅ – 6 г/м²). В 2021 г. при глубине посева на 3 см и 4 см урожайность семян 223 г/м² и 212 г/м² соответственно была наибольшей. При посеве на глубину 1 см, 2 см и 5 см урожайность семян была меньше на 20–33 г/м² или на 9–16 %, чем урожайность в контрольном варианте (НСР₀₅ – 15 г/м²).

Урожайность семян и волокна конопли сорта Надежда при разной глубине посева семян, г/м² (средняя за 2020-2022 гг.)

Глубина посева	Урожайность семян, г/м ²				Урожайность волокна, г/м ²			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее за 2020–2022 гг.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее за 2020–2022 гг.
1 см	70	190	111	124	99	76	137	104
2 см	75	197	127	133	103	78	148	110
3 см (к)	77	223	136	146	104	79	148	110
4 см	71	212	125	136	97	79	147	108
5 см	66	203	116	128	93	76	141	103
НСР ₀₅	6	15	7	7	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	9	5

В абиотических условиях вегетационного периода 2022 г. глубина посева на 3 см привела к значительному увеличению урожайности семян среднерусской однодомной конопли на 9–26 г/м² (НСР₀₅ – 7 г/м²), в сравнении с данным показателем в вариантах с глубиной посева 1 см, 2 см, 4 см и 5 см. В среднем за исследуемые года отклонение глубины посева семян на ± 1 ...2 см от контрольного варианта (3 см) снижало урожайность среднерусской однодомной конопли на 10–22 г/м² или на 7–15 % (НСР₀₅ – 7 г/м²).

В 2022 г. были установлены существенные изменения урожайности волокна в зависимости от глубины посева (таблица 2). Посев семян среднерусской однодомной конопли Надежда на 1 см снизил урожайность волокна на 11 г/м² по сравнению с урожайностью в варианте с посевом на 3 см (НСР₀₅ – 9 г/м²). Между урожайностью волокна в вариантах с

посевом на 2 см, 3 см, 4 см и 5 см существенного изменения не выявлено. В среднем за 2020–2022 гг. урожайность волокна конопли Надежда при посеве на глубину 2–3 см была выше на 6 и 7 г/м², чем при посеве на 1 см и на 5 см соответственно (НСР₀₅ – 5 г/м²). Глубина посева семян конопли на 4 см существенно не повлияла на изменение урожайности волокна, относительно аналогичного показателя при посеве на глубину 2-3 см.

Различия в урожайности семян конопли по вариантам опыта с глубиной посева обусловлены изменением густоты стояния растений перед уборкой. Выявлена положительная сильная корреляция урожайности семян с густотой стояния растений ко времени уборки ($r = 0,95$). В среднем за три года исследований к уборке по вариантам опыта посева конопли сформировали 58–77 шт./га продуктивных растений (рисунок 3).

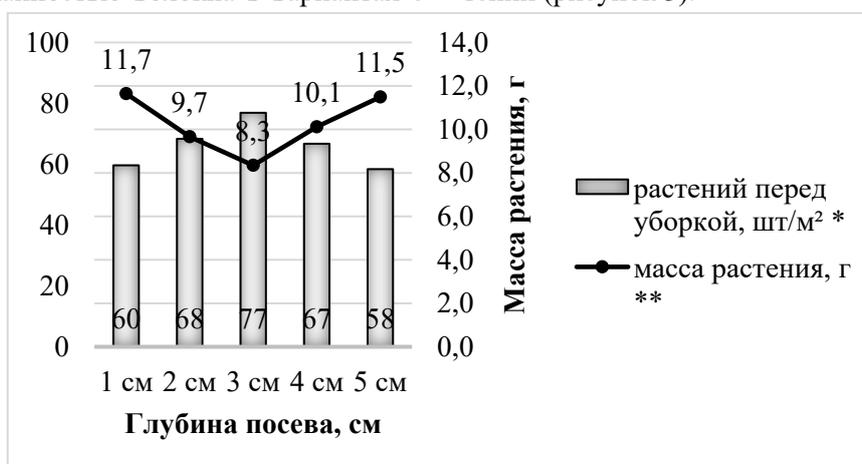


Рис 2. Густота стояния растений перед уборкой и масса растения конопли сорта Надежда при разной глубине посева семян (среднее за 2020–2022 гг., * НСР₀₅ – 2 шт./м²; ** НСР₀₅ – 0,5 г)

Fig. 2. Plant density before harvesting and weight of the Nadezhda hemp plant at different seeding depths (average for 2020-2022, * LSD₀₅ – 2 pcs./m²; ** LSD₀₅ – 0.5 g)

При глубине посева семян на 1–2 см и 4–5 см наблюдается снижение густоты стояния продуктивных растений к уборке, соответственно, на 9–17 шт./м² и 10–19 шт./м², относительно аналогичного показателя при посеве на глубину 3 см (НСР₀₅ – 2 шт./м²). Наибольшее количество растений – 77 шт./м² установлено в контрольном варианте. Загущение посевов конопли с 58–68

шт./м² до 77 шт./м² сопровождалось снижением массы растения на 1,4–3,4 г/м² (НСР₀₅ – 0,5 г).

Увеличение количества растений перед уборкой от посева на глубину 3 см обусловило достоверное снижение на 6,9–23,5 шт. семян (НСР₀₅ – 6,4 шт.) и на 0,10–0,29 г (НСР₀₅ – 0,06 г) их массы с растения (таблица 4).

Таблица 4

Продуктивность соцветия конопли сорта Надежда при разной глубине посева семян (средняя за 2020–2022 гг.)

Глубина посева	Семян на растении, шт.	Масса семян растения, г
1 см	143,4	1,96
2 см	135,9	1,87
3 см (контроль)	129,0	1,77
4 см	138,3	1,88
5 см	152,5	2,06
НСР ₀₅	6,4	0,06

Выводы. Относительно высокую урожайность семян 146 г/м² у среднерусской однодомной конопли сорта Надежда обеспечил посев на глубину 3 см при густоте стояния растений к уборке 77 шт./м², количестве семян на

растении – 129,0 шт. и их массе – 1,77 г. Урожайность волокна при соответствующей урожайности семян в данном варианте составила 110 г/м², которая была получена при массе растения 8,3 г.

Список источников

1. Смирнова Т. В., Барабанщикова И. С. Лубяные волокна (на примере конопли) в мире и России: история и перспективы развития // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2020. № 1. С. 10–14. DOI: 10.47367/2413-6514-2020-1-10
2. Росленконопля.рф – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/> (дата обращения: 15.06.2023).
3. Смирнов А. А., Серков В. А., Зеленина О. Н., Романенко А. А., Сухорада Т. И. О первоочередных мерах расширения посевов конопли в промышленных целях // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 20–22.
4. Дмитриев В. Л., Шашкаров Л. Г., Ложкин А. Г. Об усовершенствовании элементов в технологии возделывания безнаркотических сортов конопли в условиях лесостепной зоны Чувашской Республики // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 20–23.
5. Wang X., Wu Z., Li Q.X., Heidel M., Yoshimoto A., Leong G., Ako H., Pan D. Comparative evaluation of industrial hemp varieties: field experiments and phytoremediation in Hawaii // Industrial Crops and Products. 2021. Т. 170. С. 113683. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113683
6. Popov R. A., Krupnov A. V. Research impact of cutting tooth shapes on energy consumption when cutting technical hemp stems // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. № 2 (30). С. 103–110.
7. Trukhachev V.I., Dmitrevskaya I.I., Belopukhov S.L., Zharkikh O.A. Quality control of industrial hemp seed products, varietal responsiveness of hemp seeds to bioregulator action // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2021. Т. 19. № 5. С. 921–928. DOI: 10.22124/cjes.2021.5267
8. Гореева В. Н., Корепанова Е. В., Фатыхов И. Ш., Исламова Ч. М., Галиева Г. Р. Качество семян лубяных и масличных культур // Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 30–37. DOI: 10.47737/2307-2873-2021-36-30
9. Omarkulov E., Tausarova B. Influence of surface treatment of hemp insulation material on fiber morphology and water absorption // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2023. № 105. С. 4–5. DOI: 10.5281/zenodo.7778783
10. Степанов Г. С., Фадеев А. П., Романова И. В. Селекция коммерческих сортов безнаркотической конопли // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. № 6. С. 52–55.
11. Korepanova E. V., Fatykhov I. S., Goreeva V. N., Islamova C. M. Assessment of fiber flax varieties according to the parameters of ecological plasticity in the conditions of the ural region of the non-chernozem zone of Russia // Earth and Environmental Science. Ser. International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, Daicra 2021. 2022. С. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012081

12. Goreeva V., Korepanova E., Fatykhov I., Islamova C. Response of oil flax varieties to abiotic conditions of the middle Cis-Ural region by formation of seed yield // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020. Т. 48. № 2. С. 1005–1016. DOI: 10.15835/nbha48211895
13. Гореева В.Н., Кошкина К.В., Корепанова Е.В. Реакция льна масличного ВНИИМК 620 на глубину посева семян // *Пермский аграрный вестник*. 2013. № 4(4). С. 11–14.
14. Корепанова Е. В., Сибгатуллин Р. Н. Влияние глубины посева семян на урожайность и качество льна-долгунца Восход // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2007. № 3(13). С. 8–12.
15. Погода и климат – [Электронный ресурс]. – URL: www.pogodaiklimat.ru/ (дата обращения: 30.11.2023).

INFLUENCE OF SEEDING DEPTH ON THE PRODUCTIVITY OF MID-RUSSIAN MONOECIOUS HEMP NADEZHDA IN THE MIDDLE PREDURALIE

©2023. Elena V. Korepanova¹, Gulzira R. Galieva^{2✉}, Vera N. Goreeva³, Chulpan M. Islamova⁴,
Ildus Sh. Fatykhov⁵

^{1,2,3,4}Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

¹gulzira.galieva@gmail.com

Abstract. The article presents the results of the study to identify the optimal depth of sowing seeds as an element of the technology of cultivation of Mid-Russian monoecious hemp. The Mid-Russian monoecious hemp, the most common in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation, is one of the most important technical crops. Despite the widespread use of technical hemp in various fields of activity, it is not often cultivated, the main reason for this fact is that agricultural producers have doubts about the use of this crop and elements of adaptive agrotechnology of cultivation have not been developed. The research was carried out with the Nadezhda variety in cultivation technology for two-way use (seeds + fiber). In the abiotic conditions of the Middle Preduralie, the highest seed yield in hemp of the Nadezhda variety (146 g/m²) corresponded to a fiber yield of 110 g/m², which were obtained when sowing hemp seeds to the depth of 3 cm with 77 pcs./m² of plants for harvesting, 8.3 g plant weight, 129.0 seeds and 1.77 g of their weight per plant. There were also changes in the yield of seeds and fiber depending on meteorological conditions. Hot and dry summer of 2021, regardless of the depth of sowing, contributed to the formation of a relatively high seed yield (205 g/m²) and did not favorably affect the yield of fiber (78 g/m²). Combination of warm and humid weather in the first half of the growing season in 2022, during the period of active hemp growth, led to the formation of fiber yields on average 144 g/m², seeds – 123 g/m². Relatively cold weather in the first half of the vegetation period with rough temperature changes in the second half of 2020 contributed to the yield of hemp seeds 72 g/m², of fiber – 99 g/m².

Key words: hemp, variety, seeding depth, yield, yield structure, seeds, fiber, abiotic conditions

References

1. Smirnova T. V., Barabanshikova I. S. Lujbanyevolokna (naprimerekonopli) v mire iRossii: istorijai perspektivy razvitiya (Bast fibers (on the example of hemp) in the world and in Russia: history and prospects of development) // *Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)*. 2020. № 1. P. 10-14. DOI: 10.47367/2413-6514-2020-1-10. (In Russian.)
2. Roslenkonoplya.RF – [Electronic resource]. – URL: <https://www.rosflaxhemp.ru/> (date of address: 11/15/2021). (In Russian.)
3. Smirnov A. A., Serkov V. A., Zelenina O. N., Romanenko A. A., Sukhorada T. I. O pervoocherednykh merakh dlyarasshireniyaposevovkonopli v promyshlennykh tselyakh // *Vestnikrossiyskoysel'skokhozyaystvennoynauki* (On priority measures to expand cultivation of hemp for industrial purposes) // *Bulletin of the Russian Agricultural Science*. 2017. № 2. P. 20-22. (In Russian.)
4. Dimitriev V. L., Shashkarov L. G., Lozhkin A. G. Ob usovershenstvovaniielementov v tekhnologiiivozdelyvaniyabeznarkoticheskikh sortovkonopli v usloviyakh lesostepnoy zony Chuvashskoy Respubliki (On the improvement of elements in the technology of cultivation of drug-free hemp varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the Chuvash Republic) // *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2019. № 4 (52). P. 20–23. (In Russian.)
5. Wang X., Wu Z., Li Q.X., Heidel M., Yoshimoto A., Leong G., Ako H., Pan D. Comparative evaluation of industrial hemp varieties: field experiments and phytoremediation in Hawaii // *Industrial Crops and Products*. 2021. Т. 170. С. 113683. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113683

6. Popov R. A., Krupnov A. V. Research impact of cutting tooth shapes on energy consumption when cutting technical hemp stems // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. № 2 (30). С. 103-110.
7. Trukhachev V.I., Dmitrevskaya I.I., Belopukhov S.L., Zharkikh O.A. Quality control of industrial hemp seed products, varietal responsiveness of hemp seeds to bioregulator action // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2021. Т. 19. № 5. С. 921-928. DOI: 10.22124/cjes.2021.5267
8. Goreeva V. N., Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh., Islamova Ch. M., Galieva G. R. Kachestvosemyanlubnyanykhi-maslichnykhkul'tur (Quality of seeds of bast and oil crops) // Perm Agrarian Bulletin. 2021. № 4 (36). P. 30-37. DOI: 10.47737/2307-2873-2021-36-30. (In Russian.)
9. Omarkulov E., Tausarova B. Influence of surface treatment of hemp insulation material on fiber morphology and water absorption // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2023. № 105. С. 4-5. DOI: 10.5281/zenodo.7778783
10. Stepanov G. S., Fadeev A. P., Romanova I. V. Selektsiyakommercheskikhsortovbeznarkoticheskoykonopli (Selection of commercial varieties of drug-free hemp) // Agrarian science of the Euro-North-East. 2005. № 6. P. 52-55. (In Russian.)
11. Korepanova E. V., Fatykhov I. S., Goreeva V. N., Islamova C. M. Assessment of fiber flax varieties according to the parameters of ecological plasticity in the conditions of the ural region of the non-chernozem zone of Russia // Earth and Environmental Science. Ser. International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, Daicra 2021. 2022. С. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012081. (In Russian.)
12. Goreeva V., Korepanova E., Fatykhov I., Islamova C. Response of oil flax varieties to abiotic conditions of the middle Cis-Ural region by formation of seed yield // NotulaeBotanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2020. Т. 48. № 2. С. 1005–1016. DOI: 10.15835/nbha48211895. (In Russian.)
13. Goreeva V.N., Koshkina K.V., Korepanova E.V. Reaktsiyal'namaslichnogo VNIIMK 620 naglubinuposevasemyan (Reaction of oil flax VNIIMK 620 to the seeding depth) // Perm Agrarian Bulletin. 2013. №. 4(4). P. 11-14. (In Russian.)
14. Korepanova E. V., Sibgatullin R. N. Vliyanieglubinyposevasemyannaurozhaynost' ikachestvol'na-dolguntsa Voskhod (Influence of seed sowing depth on the yield and quality of fiber flax Voskhod) // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2007. №. 3 (13). P. 8–12. (In Russian.)
15. Weather and climate – [Electronic resource]. – URL: www.pogodaiklimat.ru/ (date of access: 11.30.2023). (In Russian.)

Сведения об авторах

Е. В. Корепанова¹ – д-р с.-х. наук, доцент;

Г. Р. Галиева² – аспирант;

В. Н. Гореева³ – канд. с.-х. наук, доцент;

Ч. М. Исламова⁴ – канд. с.-х. наук, доцент;

И. Ш. Фатыхов⁵ – д-р с.-х. наук, профессор.

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «Удмуртский Государственный аграрный университет», ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069

²gulzira.galieva@gmail.com

Information about the authors

E. V. Korepanova¹ – Dr. Agr. Sci., Associate Professor;

G. R. Galieva² – Postgraduate Student;

V. N. Goreeva³ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

Ch. M. Islamova⁴ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

I. Sh. Fatykhov⁵ – Dr. Agr. Sci., Professor.

^{1,2,3,4} Udmurt State Agrarian University, 11, Studencheskaya Street, Izhevsk, Russia, 426069

²gulzira.galieva@gmail.com

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 24.07.2023; одобрена после рецензирования 26.08.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 24.07.2023; approved after reviewing 26.08.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 633.112.1

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_29

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

©2023. Александр Геннадьевич Ложкин^{1✉}, Владислав Львович Димитриев²,
Петр Николаевич Мальчиков³

^{1,2} Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

³ Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова – филиала Самарского научного центра Российской академии наук, Самарская область, пгт. Безенчук, Россия

¹lozhkin_tmvl@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты сравнительной оценки сортов яровой твердой пшеницы в условиях Чувашской Республики. Результаты исследований выявили, что наиболее высокорослым оказался сорт Безенчукская Золотистая – 104,1 см. Наименьшая высота в среднем за годы исследований отмечена у сорта Луч 25, где высота растения составила 81,5 см. Наибольшие показатели кущения следует отметить у стандартного сорта, где показатели общего и продуктивного кущения составили 1,8 и 1,7 соответственно и у сорта Луч 25 – 1,9 и 1,6 соответственно. Наименьшие показатели выявлены у растений сорта Каргала 223, где показатели составили соответственно 1,1 и 1,1. Наибольшее количество продуктивных стеблей к уборке сформировали сорта Безенчукской селекции; наименьший результат – 458 шт. на 1 кв.м. показал сорт Каргала 223. Лучшие показатели структуры урожайности в среднем за два года необходимо отметить у сортов Безенчукской селекции, где по длине колоса, числу зерен в колосе и массе зерна в колосе лучшие показатели отмечены у сорта Безенчукская 139 и Безенчукская Золотистая. Наименьшие показатели по структуре урожая отмечаются у сортов Каргала 223 и Аннушка. Луч 25 имел средние параметры по длине колоса – 5,50 см, числу зерен в колосе – 20,9 шт. и массе зерна – 0,81 г. Наиболее полновесное зерно в среднем за два года сформировали сорта Луч 25, где масса 1000 зерен составила 42,9 г, Аннушка – 42,4 г и Безенчукская Золотистая – 40,9 г. Однако наибольшую урожайность обеспечили сорта Безенчукская 139 – 34,1 ц/га и Безенчукская Золотистая – 31,9 ц/га. Рентабельность возделывания яровой твердой пшеницы по всем сортам составляет 20,5-48,3%. Наибольший показатель в среднем за два исследуемых года получен при возделывании сорта Безенчукская Золотистая, а наименьший экономический эффект – от возделывания сорта Аннушка и Каргала 223.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, сорта, кустистость, продуктивные стебли, длина колоса, число зерен, урожайность

Введение. Возделывание яровой твердой пшеницы не получило широкого распространения, так как культура очень требовательна к погодным условиям. Все же в некоторых регионах площади, занимаемые под твер-

дой пшеницей, довольно значительны. Как показывает статистика, каждый год на территории страны получают около 650 тысяч тонн зерна яровой твердой пшеницы [1, 2, 3, 4, 5].

Твердая пшеница ценится за свои диетические и питательные свойства. Твердые пшеницы используются предпочтительно при производстве макарон, а также при производстве других продуктов [6,7,8,9,10]. Но все-таки увеличения производства такого зерна не наблюдается.

Между тем, в настоящее время мнение многочисленных специалистов и экспертов сходятся на том, что ежегодно возрастает спрос на сорта твердых пшениц. Это объясняется тем, что постепенно, с каждым годом, повышается уровень жизни россиян, они стараются потреблять больше качественных макаронных изделий, которые изготавливаются из сортов твердых пшениц. В связи с прогнозируемым ростом спроса, некоторые крупные российские компании – производители стали осуществлять свои масштабные проекты, касающиеся интенсивного выращивания сортов твердых пшениц [11, 12, 13, 14, 15, 16].

В связи с вышеизложенным была поставлена задача выявить сорта яровой твердой пшеницы, наиболее пригодные для возделывания в условиях Чувашской Республики.

Методика. Экспериментальные работы проводились в 2020-2022 гг. на опытных участках в УНПЦ «Студенческий». Почва опытного участка светло-серая лесная, средне-суглинистого гранулометрического состава на покровных суглинках, с содержанием гумуса 2-3,5 %, фосфора – 150-170 мг/кг и калия – 130-160 мг/кг и рН сол. – 5,4-5,6. Метеорологические условия 2020-2022 гг. были разными, но в целом вполне благоприятными для роста и развития растений твердой пшеницы.

Однофакторный мелкоделяночный опыт заложен с пятью сортами яровой твердой пшеницы: Безенчукская 139 (стандарт), Безенчукская Золотистая, Луч 25, Каргала 223, Аннушка. Все сорта среднеспелой группы. Сорта Безенчукская 139 и Безенчукская Золотистая выведены группой ученых селекционеров Самарского НИИСХ и рекомендованы к возделыванию Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8) и Уральскому (9) регионам. Сорт

яровой твердой пшеницы Луч 25 выведен в НИИ сельского хозяйства Юго-Востока. Зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию с 2014 года по 8 региону. Сорт Каргала 223 создан селекционерами Актыбинской СХОС и Казахского НИИЗиР. Сорт допущен к использованию по Актыбинской и Западно-Казахстанской областям Республики Казахстан. Оригинатором сорта Аннушка является ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока". Включен в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону.

Посев опыта с яровой твердой пшеницей в 2020 году проведен 04 мая, в 2021 году – 11 мая, в 2022 году – 15 мая. Норма высева – 5 млн шт. всх. семян на 1 га. Варианты заложены в шестикратной повторности, расположение – систематическое. Площадь одной делянки 1,44 м². Общая площадь опытов с учетом защитных полос – 700 м².

Учет и уборку делянок провели в 2020 году 10 сентября, в 2021 году – 24 августа, в 2022 году – 29 августа. При этом были осуществлены следующие учеты и наблюдения: 1) определение густоты растений проводили путем подсчета количества растений на квадратный метр в четырех повторениях; 2) урожайность сортов твердой пшеницы определяли в шестикратной повторности; 3) определение высоты проводили путем измерения 25 растений с каждого повторения опыта перед уборкой; 4) математическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. Агротехника в опыте была общепрактикующая для нашего региона.

Результаты. В ходе наших исследований были определены следующие показатели яровой твердой пшеницы: высота растений, общая и продуктивная кустистость, биометрические и физические показатели основного колоса, а также масса 1000 зерен. Данные по биометрическим показателям и элементам структуры урожая яровой твердой пшеницы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Биометрические показатели яровой твердой пшеницы (среднее за 2020-2022 годы)

Сорт	Высота растения, см	Кустистость		Кол-во продуктивных стеблей, шт./м ²
		общая	продуктивная	
Безенчукская 139 (St)	98,1	1,8	1,7	614
Безенчукская Золотистая	104,1	1,4	1,4	590
Луч 25	81,5	1,9	1,6	559
Каргала 223	94,8	1,1	1,1	458
Аннушка	91,6	1,7	1,3	516
НСР ₀₅	5,2	0,2	0,1	16,7

Наиболее высокие растения сформированы у сорта Безенчукская Золотистая – 104,1 см. Наименьшая высота в среднем за годы исследований отмечена у сорта Луч 25, где высота растения составила 81,5 см. Наибольшие показатели кущения следует отметить у стандартного сорта, где показатели общего и продуктивного кущения составили 1,8 и 1,7 соответственно и у сорта Луч 25 – 1,9 и 1,6 соответственно. Наименьшие показатели выявлены у растений сорта Каргала 223, где показатели составили соответственно 1,1 и 1,1. Наибольшее количество продуктивных стеблей к уборке сформировали сорта Безенчукская 139 и Безенчукская золотистая, наименьший показатель – 458 шт./м² зафиксирован у сорта Каргала 223.

Продуктивность колоса является одним из главных элементов формирования урожая. Озерненность колоса в первую очередь определяется количеством колосков, образующихся на выступах колосового стержня. Чем больше колосков, тем больше зерен в колосе и значительнее масса зерна в колосе, которая за-

висит от нескольких факторов, таких как температура. При слишком высоких температурах и недостатке влаги формируется щуплое зерно, соответственно, уменьшается масса 1000 семян. Но в изучаемых годах погода в целом была благоприятной для выращивания твердой пшеницы. Результаты исследуемых показателей в среднем за 2020-2022 годы представлены в таблице 2.

Лучшие показатели продуктивности соцветия в среднем за два года необходимо отметить у сортов Безенчукская 139 и Безенчукская золотистая, где длина колоса составила 5,85 и 5,65 см, число зерен в колосе – 27,0 и 29,2 шт., масса зерна в колосе – 1,00 и 0,95 г соответственно. Наименьшие показатели по продуктивности соцветия отмечаются у сортов Каргала 223 и Аннушка. Луч 25 показал средние параметры по длине колоса – 5,50 см, числу зерен в колосе – 20,9 шт. и массе зерна – 0,81 г. Урожай является основным критерием оценки продуктивности сортов яровой твердой пшеницы (табл. 3).

Таблица 2

Структура урожая яровой твердой пшеницы (в среднем 2020-2022 годы)

Сорт	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерен в колосе, г
Безенчукская 139 (St)	5,85	27,0	1,00
Безенчукская Золотистая	5,65	29,2	0,95
Луч 25	5,50	20,9	0,81
Каргала 223	5,00	19,1	0,67
Аннушка	4,9	21,2	0,79
НСР ₀₅	0,3	2,8	0,09

Таблица 3

Урожайность и масса 1000 семян яровой твердой пшеницы (в среднем в 2020-2022 годы)

Сорт	Масса 1000 семян, г	Урожайность, г/м ²
Безенчукская 139 (St)	39,8	341
Безенчукская Золотистая	40,9	319
Луч 25	42,9	272
Каргала 223	34,7	207
Аннушка	42,4	239
НСР ₀₅	2,2	16,5

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что наиболее полновесное зерно в среднем за два года сформировали сорта Луч 25, где масса 1000 зерен составила 42,9 г, Аннушка – 42,4 г и Безенчукская Золотистая – 40,9 г. Однако наибольший выход урожайности обеспечили сорта Безенчукская 139 – 341 г/м² и Безенчукская Золотистая – 319 г/м².

Выводы. Проведенными исследованиями установлено, что наиболее пригодными для возделывания в условиях Чувашской Республики являются сорта Безенчукская 139 и Безенчукская Золотистая. Наибольшие показатели кушения следует отметить у стандартного сорта, где показатели общего и продуктивного

кушения составили 1,8 и 1,7 соответственно. Наибольшее количество продуктивных стеблей к уборке сформировали сорта Безенчукская 139 и Безенчукская Золотистая, наименьший показатель – 458 шт./м² имел сорт Каргала 223. Также наилучшие показатели продуктивности соцветия в среднем за два года необходимо отметить у сортов Безенчукская 139 и Безенчукская Золотистая. Наименьшие показатели по структуре урожая отмечаются у сортов Каргала 223 и Аннушка. Наибольший выход урожайности также обеспечили сорта Безенчукская 139 – 34,1 ц/га и Безенчукская Золотистая – 31,9 ц/га.

Список источников

1. Васильев О. А., Зайцева Н. Н., Кирьянов Д. П. Эффективность использования отходов биогазовой установки в качестве некорневой подкормки яровой пшеницы на серых лесных почвах // Вестник Башкирского государственного аграрного университета, 2016. № 4 (40). С. 7-12.
2. Шашкаров Л. Г., Малов Н. П. Густота всходов, полевая всхожесть и выживаемость растений яровой пшеницы в зависимости от сорта // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2018. Т. 13. № 3 (50). С. 65-68.
3. Бурунов А. Н. Структура урожая и продуктивность яровой твердой пшеницы при применении жидких минеральных удобрений Мегамикс // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 17-21.
4. Bousalhih B., Mekliche L., Aissat A. Halim, Sadek Benabbes Study of genetic determinism of harvest index in durum wheat (*Triticum durum* Desf) under semi-arid conditions African Journal of Biotechnology; Vol 15, No 47 (2016); 2671-2677 1684-5315.
5. Васин В. Г., Бурунов А.Н., Стрижаков А. О. Формирование агрофитоценоза и продуктивность яровой твердой пшеницы при применении минеральных удобрений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2021. № 1(53). С. 25-32. DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-25-32. EDN ZMFGGLF.
6. Bousalhih B. Study of genetic determinism of harvest index in durum wheat (*Triticum durum* Desf) under semi-arid conditions / B. Bousalhih, L. Mekliche, A. Aissat, B. Sadek //African Journal of Biotechnology. 2016. Vol 15. No 47. Pp. 2671—2677.
7. Belattar, Rima, Boudour, Leila; Chaib, Ghania Analyse De La. Variation Morpho-Phenologique Et Genetique De Vingt Accessions Du Ble Dur Algerien (*Triticum durum* D.E.S.F.) European Scientific Journal, ESJ; Vol 12, No 24 (2016): ESJ August Edition, Revista Cientifica Europea; Vol 12, No 24 (2016): ESJ August Edition.
8. Иванисова А. С., Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е. Урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы различных групп спелости [и др.] // Зерновое хозяйство России, 2023. Т. 15. № 1. С. 70-75.
9. Lozhkin A. G., Shashkarov L. G., Eliseeva L.V., Alexandrova A. N. Formation of elements of the harvesting structure of spring durum wheat in agroecological conditions of the Chuvash // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Macau, 21–24 July 2019. Macau: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054.
10. Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Макарова Т. С., Дубинина О. А. Новый сорт озимой твердой пшеницы Юбилярка // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4 (24). С. 62-71.
11. Lozhkin A. G., Malchikov P. N., Makushev A. E., Vasiliev O. A., Shashkarov L. G., Pushkarenko N. N. Evaluation of spring durum wheat varieties by yield, structure and grain quality // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience 2019, Cheboksary. Cheboksary: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012045.
12. 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.
13. Ложкин А. Г., Мальчиков П. Н. Продуктивность сортов яровой твердой пшеницы в Чувашской Республике // Аграрный научный журнал, 2018. № 12. С. 31-33.
14. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Дубинина О. А., Ионова Е. В., Макарова Т. С., Костыленко О. А., Каменева А. С., Кравченко Н. С. Эйрена – сорт озимой твердой пшеницы, адаптированный к абиотическим и биотическим факторам среды // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6 (66). С. 60-67.
15. Цыганков В. И., Губашева Б. Е., Аккереева Э. К., Цыганков А. В. Биохимическая и технологическая оценка зерна сортов яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Западного Казахстана // Наука и образование. 2022. № 2 (67). С. 130-139.

16. Yasmina Semiani, Marie Stella Bradea, Abdelkader Benbelkacem, Mohammed Semian. Comparative study of proline accumulation of Some varieties of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under water Stress Conditions. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Agriculture, Vol 73, Iss 2, P. 306-310 (2016).

COMPARATIVE ASSESSMENT OF SPRING DURUM WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE CHUVASH REPUBLIC

©2023. Alexander G. Lozhkin^{1✉}, Vladislav L. Dimitriev², Petr N. Malchikov³

^{1,2}Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

³Samara Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov - branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Bezenchuk, Samara region, Russia

¹lozhkin_tmvl@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of studies on the comparative assessment of varieties of spring durum wheat in the conditions of the Chuvash Republic. The results of the research showed that the Bezenchukskaya variety was the highest - 104.1 cm. The Luch 25 variety had the lowest average height over the years of research, where the plant height was 81.5 cm. The highest indicators of tilling capacity were noted in the standard variety, where the indicators of general and productive tillering were 1.8 and 1.7, respectively, and in the variety Luch 25 - 1.9 and 1.6, respectively. The lowest indicators were found in plants of the Kargala 223 variety, where the indicators were 1.1 and 1.1, respectively. The largest number of productive stems for harvesting was formed by the Bezenchukskaya variety, the smallest amount was 458 pcs. per 1 sq.m. and it was shown by the variety Kargala 223. The best indicators of the yield structure on average over two years were registered in the varieties of the Bezenchukskaya selection, where in terms of the length of the spike, the number of grains in the spike and the mass of kernels in the spike the best indicators were noted in the varieties Bezenchukskaya 139 and Bezenchukskaya Zolotistaya. The lowest results in terms of the yield structure were specified in the varieties Kargala 223 and Annushka. The Luch 25 variety showed average parameters for spike length - 5.50 cm, the number of grains in the spike - 20.9 pieces and the weight of kernels - 0.81 g. The most full-weight kern on average over two years was formed by the varieties Luch 25, where the weight of 1000 kernels was 42.9 g, Annushka - 42.4 g and Bezenchukskaya Zolotistaya - 40.9 g. However, the varieties Bezenchukskaya 139 and Bezenchukskaya Zolotistaya provided with the highest yield - 34.1 c/ha and 31.9 c/ha. The profitability of spring durum wheat cultivation for all varieties is 20.5-48.3%. On average the highest indicator for two years of the research was obtained when cultivating the Bezenchukskaya Zolotistaya variety and the lowest economic effect was from the cultivation of the Annushka and Kargala 223 varieties.

Key words: spring durum wheat, varieties, tilling capacity, productive stems, spike length, number of grains, yield

References

1. Vasiliev O. A., Zaitseva N. N., Kiryanov D. P. Effektivnost' ispol'zovaniya otdobv biogazovojustanov-ki v kachestvenekornevojpodkormkiyarovojpshenicynaseryhlesnyhpochvah (Efficiency of using biogas plant waste as foliar feeding of spring wheat on gray forest soils) // NauchnyzhurnalVestnik Bash-kirskogogosudarstvennogoagraragogouniversiteta. 2016. No. 4 (40). pp. 7-12.

2. Shashkarov L.G., Malov N.P. Gustotavskhodov, polevayavskhozhest' ivyzhivaemost' rastenijyarovojshe-nicy v zavisi-mostiotsorta (Seedling density, field germination and survival of spring wheat plants depending on the variety) // NauchnyzhurnalVestnikKazanskogogosudarstvennogoagraragogouniversiteta. 2018. T. 13. No. 3 (50). pp. 65-68.

3. Burunov A. N. Strukturaurozhayaiproduktivnost' yarovojtvyordojpshenicypriprimeneniizhidkih mi-neral'nyhudobrenij-Megamiks (Yield structure and productivity of spring durum wheat when using liquid mineral fertilizers Megamix) // NauchnyzhurnalPlodorodie. 2021. No. 2(119). pp. 17-21.

4. Bousalhih B., Mekliche L., Aissat A. Halim, Sadek Benabbes Study of genetic determinism of harvest index in durum wheat (*Triticum durum* Desf) under semi-arid conditions, African Journal of Biotechnology, 2016, Vol 15, No 4, pp. 1684-5315.

5. Vasin V. G., Burunov A. N., Strizhakov A. O. Formirovaniyagrofitocenozaiproduktivnost' yarovojtvorodjopshenicyprimeneniimineral'nyhdobrenij (Formation of agrophytocenosis and productivity of spring durum wheat when using mineral fertilizers) // Nauchno-teoreticheskijzhurnalVestnikUl'yanov-skogjosudarstvennojsel'skohozyajstvennojakkademii. 2021. No. 1(53). pp. 25-32. DOI 10.18286/1816-4501-2021-1-25-32. EDNZMFGLF.
6. Bousalhih V. Study of genetic determinism of harvest index in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under semi-arid conditions, African Journal of Biotechnology, 2016, Vol 15, No 47. pp. 2671—2677.
7. Belattar, Rima, Boudour, Leila; Chaib, Ghania Analyze De La. Variation Morpho-Phenologique Et Genetique De Vingt Accessions Du Ble Dur Algerien (*Triticum durum* D.E.S.F.), 2016, European Scientific Journal, ESJ; Vol 12, No 24: ESJ August Edition, Revista Cientifica Euro.
8. Ivanisova A. S., Ilichkina N. P., Samofalova N. E. Urozhajnost' ikachestvozernaozimojtverdojopshenicy razlichnyhgrupp-spelosti [i dr.] (Yield and grain quality of winter durum wheat of different ripeness groups [and others]), Nauchno-prakticheskijzhurnalZernovoehozyajstvoRossii. 2023. T. 15, No. 1. P. 70-75.
9. Lozhkin A. G., Shashkarov L. G., Eliseeva L. V., Alexandrova A. N. Formation of elements of the harvesting structure of spring durum wheat in agroecological conditions of the Chuvash, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Macau, 21–24 July 2019, Macau: Institute of Physics Publishing, 2019, P. 012054.
10. Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Makarova T. S., Dubinina O. A. Novyj sort ozimojtverdojopshenicyYubilyarka (The new variety of winter durum wheat Yubilyarka), NauchnyjzhurnalTavriceskijvestnikagrarnojnauki. 2020. No. 4(24). pp. 62-71.
11. Lozhkin A. G., Malchikov P. N., Makushev A. E., Vasiliev O. A., Shashkarov L. G., Pushkarenko N. N. Evaluation of spring durum wheat varieties by yield, structure and grain quality, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference, AgroScience, 2019, Cheboksary, Cheboksary: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012045.
12. Lozhkin A.G., Vasiliev O.A., Dimitriev V.L., Kramarenko A.V. Vliyaniyepreparatov Bloom & Grow i Immune system naproduktivnost' yarovojtverdojimyagkojopshenicy v usloviyahChuvashskojRespubliki (The influence of Bloom & Grow and Immune system preparations on the productivity of spring hard and soft wheat in the conditions of the Chuvash Republic), Nauchno-prakticheskijzhurnalZernovoehozyajstvoRossii. 2020. No. 2(68). pp. 39-43.
13. Lozhkin A. G., Malchikov P. N. Produktivnost' sortovyarovojtverdojopshenicy v ChuvashskojRespublike (Productivity of spring durum wheat varieties in the Chuvash Republic), Agrarnyjnauchnyjzhurnal. 2018. No. 12. pp. 31-33.
14. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Dubinina O. A., Ionova E. V., Makarova T. S., Kostylenko O. A., Kameneva A. S., Kravchenko N. S. Ejrena – sort ozimojtverdojopshenicy, adaptirovannyj k abioticheskimi bio-ticheskimfaktoramsredy (Eirena – a variety of winter durum wheat, adapted to abiotic and biotic environmental factors), Nauchno-prakticheskij zhurnal Zernovoehozyajstvo Rossii. 2019. No. 6 (66). pp. 60-67.
15. Tsygankov V.I., Gubasheva B.E., Akkereeveva E.K., Tsygankov A.V. Biohimicheskayaitekhnologicheskayaocen-ka zernasortovyarovojtverdojopshenicy v zasushlivyhusloviyahZapadnogoKazahstana (Biochemical and technological assessment of grain of spring durum wheat varieties in arid conditions of Western Kazakhstan), Naukaioobrazovanie. 2022. No. 2(67). pp. 130-139.
16. Yasmina Semiani, Marie Stella Bradea, Abdelkader Benbelkacem, Mohammed Semian. Comparative study of proline accumulation of Some varieties of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) under water Stress Conditions, Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Agriculture, 2016, Vol 73, Iss 2, P. 306-310.

Сведения об авторах

А.Г. Ложкин¹ – канд. с.-х. наук, доцент;

В.Л. Димитриев² – канд. с.-х. наук, доцент;

П.Н. Мальчиков³ – доктор наук, профессор.

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса, 29, г. Чебоксары, Россия, 428003

³Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова – филиала Самарского научного центра Российской академии наук, ул. Карла Маркса, 41, Самарская область, пгт. Безенчук, Россия, 446254

Information about the authors

A.G. Lozhkin¹ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

V.L. Dimitriev² – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

P.N. Malchikov³ – Dr. Agr. Sci., Professor.

^{1,2}Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Chuvash State Agrarian University, 29, Karla Marxa St., Cheboksary, Russia, 428003

³Samara Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov - branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 41, Karla Marxa St., Bezenchuk, Samara region, Russia, 446254

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 05.06.2023; одобрена после рецензирования 22.06.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 05.06.2023; approved after reviewing 22.06.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 634.11:581.143.6

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_35

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗМНОЖЕНИЯ КЛОНОВОГО ПОДВОЯ ЯБЛОНИ 54-118 НА ОСНОВЕ *IN VITRO*

©2023. Анна Викторовна Никитина

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

anya-mashkovceva@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5926-3804

Аннотация. Садоводство – отрасль сельского хозяйства, главной задачей которой является получение биологически ценной высококачественной продукции. В настоящее время интенсивное и суперинтенсивное садоводство – это перспективное направление, позволяющее при высокой густоте посадки плодовых деревьев существенно поднять урожайность и снизить себестоимость продукции. Исследования в области питомниководства приобретают значимость в интенсификации садоводства, так как закладка интенсивных плодовых садов производится только высококачественным, выровненным посадочным материалом на клоновых подвоях, которые можно получить через культуру *in vitro*. В статье представлены результаты исследования технологического процесса клонального микроразмножения клонового подвоя яблони 54-118. Установлено, что лучшим сроком введения в культуру является период активного роста побегов. При двуступенчатой стерилизации жизнеспособных стерильных эксплантов получено 63 %. На этапе собственно микроразмножения оптимальной является среда Мурасиге – Скуга с добавлением 6-бензиламинопурина в концентрации 2 мг/л, на которой коэффициент размножения микрорастений составил – 6,0. Для элонгации яблони целесообразно концентрацию 6-бензиламинопурина снижать до 0,2 мг/л, а также добавлять в питательную среду гиббереллиновую кислоту 0,2 мг/л. На этапе ризогенеза предварительное замачивание микрочеренков в растворах стимуляторов роста ИМК 25 мг/л + ИУК 50 мг/л ускоряет развитие корневой системы микрочеренков до 81 %. Установлено, что микропобеги лучше адаптируются к условиям открытого грунта с применением кремнийсодержащего препарата силиплант: выход адаптированных микрорастений составил 76 %.

Ключевые слова: клональное микроразмножение, клоновый подвой яблони 54-118, стимуляторы роста

Введение. Яблоня – культура, занимающая ведущее место в многолетних насаждениях. Культура обладает рядом положительных биологических признаков и свойств и высокой устойчивостью к стрессам – засухе, морозу. Яблоня высокоурожайна, плоды её возможно хранятся долго, что увеличивает период потребления [1–4].

Повысить урожайность плодовых культур, в том числе яблони, возможно при помощи внедрения в производство оздоровлен-

ного высококачественного посадочного материала. Переход к безвирусному посадочному материалу имеет значимость в последние годы, на фоне широкого распространения в насаждениях вирусных инфекций [5–8].

Цель исследования – усовершенствование технологии клонального микроразмножения клонового подвоя яблони 54-118.

Методика. Технологию клонального микроразмножения подвоя яблони 54-118 реализовали согласно методическим рекомендациям О.В. Матушкиной и И.Н. Прониной [9].

Исследования проводились в течение 4 этапов клонального микроразмножения.

На этапе введения в стерильную культуру использовали побеги с вегетирующего растения в весенне-летний период [10]. Для удаления поверхностной загрязненности сегменты побегов промывали в мыльном растворе, затем – под проточной водой в течение 30 минут. В стерильных условиях ламинарного бокса обрабатывали спиртом этиловым 70 % (1 мин) с последующей обработкой диацидом 0,1 % (6 мин.). После экспланты промывали в стерильной дистиллированной воде. Культивировали 54-118 на питательной среде Мурасиге – Скуга (MS) с добавлением 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6-БАП), никотиновой кислоты, тиамина, пиридоксина по 0,5 мг/л, аскорбиновой кислоты 1,0 мг/л, сахарозы 25 г/л, агар-агара 5,0 г/л; pH 5,6–5,8. Пересадку на свежие питательные среды осуществляли каждые 30–35 сут.

На этапе **пролиферации** использовали минеральную основу сред MS (контроль) и Драйвера – Каниюки (DKW). На этапе изучали концентрацию 6-БАП. Для **элонгации** побегов использовали среду MS с добавлением 6-бензиламинопурина 0,2 мг/л. Исследовали гиббереллиновую кислоту (ГК) в различных концентрациях.

На этапе **ризогенеза** концентрация макросолей уменьшалась в два раза, сахара – 20 г/л. В качестве индуктора корнеобразования использовали ауксины 4(индол-3ил)-масляной кислотой (ИМК) и 3-индолилуксусной кислотой (ИУК).

На этапе **адаптации** пробирочные микрорастения вначале промывали в растворе марганцовокислого калия. Затем, в конце марта – начале апреля их переносили в почву с использованием верхового торфа. После этого микрорастения пересаживали в микропарники, наполненные грунтом, который предварительно обрабатывали биофунгицидом «Триходерма вериде». На этапе адаптации к почвенным условиям молодые растения систематически опрыскивали водой и микроудобрением «Силиплант» в дозе 1,5 мл/л.

Повторность опытов трёхкратная, по 15–30 шт. растений. Статистическая обработка полученных данных была проведена дисперсионным методом по Б.А. Доспехову [11]. Учитывали следующие параметры: длина микропобегов (см) и микрорастений (шт.), количество листьев (шт.), коэффициент размножения (шт.). Корневую систему оценивали по 4-х балльной шкале, от 0 до 3 баллов: 0 баллов – корни отсутствуют, 1 балл – корни развиты слабо, 2 и 3 балла – средне- и хорошо развитая корневая система, соответственно [12]. Успешность адаптации рассматривали как процентное соотношение адаптированных микрорастений к общему количеству высаженных в субстрат (%).

Результаты. Введение в культуру – существенный этап технологии клонального микроразмножения, целью которого является получение стерильной культуры и реализация морфогенетического потенциала меристематической ткани [13].

Срок введения в культуру является важным элементом технологии. Благоприятный период культивирования меристем подвоя яблони 54-118 выявлены – май и июнь [1]. Стерилизация этиловым спиртом (70 %, 1 мин) с последующей обработкой диацидом (0,1 %, 6 мин) способствовала получению 63 % жизнеспособных стерильных эксплантов (через 30 дней после введения в культуру *in vitro*). Инфицированность эксплантов составила 28 %, т. е. дезинфицирующий раствор не полностью справился с патогенами. Однако, количество погибших эксплантов составило 9 %, это указывает на то, что действие препарата на растительную ткань оказалось наиболее мягким.

В ходе исследований столкнулись с выделением продуктов метаболизма (фенолов) в питательную среду. Для снижения выделения фенолов экспланты выдерживались в 1–3 % стерильном растворе аскорбиновой кислоты, и проводились частые пересадки эксплантов на свежую питательную среду MS + 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л. Пересадка считается

успешным методом в борьбе с негативным воздействием окисленных фенольных соединений [13].

На этапе микроразмножения были использованы питательные среды Murashige – Skoog и Driver – Kuniyuki. Для индукции пролиферации пазушных меристем в среду вводят

вещества цитокининовой группы. Для подвоя 54-118 в среднем лучшей явилась контрольная среда по прописи Мурасиге – Скуга (таблица 1), на которой к четвертому пассажиру коэффициент размножения был на 0,8 шт. больше, чем при культивировании на среде Драйвера – Каниюки (контроль – 1,0; НСР₀₅ – 0,5 шт.).

Таблица 1

Влияние состава питательных сред и концентрации 6-БАП на коэффициент размножения, шт.

Содержание 6-БАП (фактор В)	Культивируемая среда (фактор А)		Фактор В	
	MS (контроль)	DKW	Среднее	Отклонение
Б/Г (контроль)	1,0	1,0	1,0	–
6-БАП 1 мг/л	3,7	2,7	3,2	2,2
6-БАП 2 мг/л	6,0	4,0	5,0	4,0
6-БАП 3 мг/л	3,0	3,0	3,0	2,0
Фактор А	Среднее	3,4	–	–
	Отклонение	–		
НСР ₀₅ частных различий		1,0		
НСР ₀₅ главных эффектов		0,5		0,7

Установлено, что все изучаемые концентрации 6-БАП по сравнению с безгормональным контролем способствовали существенному повышению эффективности размножения. Однако наибольший коэффициент размножения в среднем отмечен на средах с содержанием 6-БАП в концентрации 2 мг/л и составил 5,0 шт. (контроль – 1,0; НСР₀₅ – 0,7 шт.). Повышение концентрации 6-БАП от 1 до 3 мг/л приводило к увеличению коэффициента

размножения, но к уменьшению оптимальной длины для укоренения, что согласуется с данными О.В Матушкиной и И.Н. Прониной [9]. Анализируя рисунок 1, наблюдаем, что микропобеги, пригодные к укоренению, формировались на среде Мурасиге – Скуга. Питательная среда MS с содержанием 6-БАП в концентрации 1 и 2 мг/л способствовала получению микропобегов длиной 2,3–2,5 см.

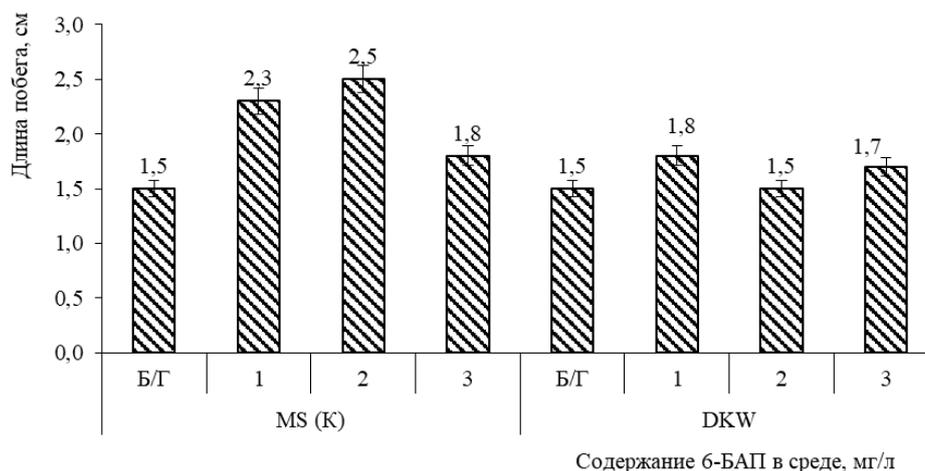


Рис 1. Влияние состава питательных сред и концентрации 6-БАП на среднюю длину побега
Fig. 1. Effect of the composition of nutrient media and 6-BAP concentration on the average shoot length

удлинения побега происходило на среде Мурасиге – Скуга с содержанием 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л. Добавление в питательную

среду гиббереллиновой кислоты, которая активизирует рост клеток путём растяжения, оказало существенное влияние на количество (таблица 2) и длину микропобегов.

Влияние концентраций гиббереллиновой кислоты на среднее количество побегов на среде для элонгации, шт.

Стимулятор роста	Количество побегов	Длина побегов
ГК 0,1 мг/л (контроль)	1,0	2,0
ГК 0,2 мг/л	4,0	3,5
ГК 1 мг/л	3,0	3,3
ГК 2 мг/л	1,0	2,7
Среднее	2,3	2,9
НСР ₀₅	1,0	0,5

Количество хорошо развившихся побегов, пригодных для укоренения, формируется у подвоя 54-118, и в среднем на один черенок и составляет 2,3 побега. При добавлении в среду гиббереллиновой кислоты в концентрации 0,2 и 1 мг/л отмечалось существенное увеличение числа побегов, соответственно, на 3,0 и 2,0 шт. (контроль – 1,0 шт., НСР₀₅ – 1,0 шт.). Исследования показали, что максимальная длина микропобегов формируется при включении в питательную среду ГК в концентрации 0,2 мг/л 3,5 см, что существенно выше, чем в контрольном варианте на 1,5 см (контроль – 2,0 см; НСР₀₅ = 0,5 см). Индуктором ризогенеза в условиях *in vitro* является ауксин, который

оказывает положительное действие на заложение корневых зачатков. Однако на рост корней ауксины действуют ингибирующе, что способствует каллусообразованию – воздействию ауксинов на микрочеренки в течение небольшого периода времени [9, 14, 15].

В опыте укоренение подвоя на безгормональной питательной среде не отмечено. Замачивание микропобегов в растворе ауксинов привело к существенному стимулирующему действию на количество корней и их длину. С применением ауксинов количество корней у подвоя составило соответственно от 2 до 5 шт. (таблица 3), что существенно выше контрольного варианта (контроль – 0,0 шт.).

Таблица 3

Последствие ауксинов на количество корней и качество корневой системы, шт.

Стимулятор роста	Количество корней, шт.	Средняя длина корней, см	Качество корневой системы, балл
Без гормонов (контроль)	0,0	0,0	0
ИМК 25 мг/л	2,0*	1,5*	2
ИУК 50 мг/л	4,0*	2,1*	2
ИМК 25 мг/л + ИУК 50 мг/л	5,0*	2,9*	2

Примечание: *существенно при 5 % уровне значимости.

Средняя длина корней, в зависимости от варианта опыта, варьировала от 1,5 до 2,9 см (таблица 3). Добавление к питательной среде ИМК в различных концентрациях оказало существенное влияние на среднюю длину корней подвоя 54-118. Наибольшая длина корней получена в варианте ИМК 25 + ИУК 50 мг/л – 2,9 см. Корневая система характеризовалась как среднеразвитая – 2 балла.

При совместном применении ауксинов отмечается существенное увеличение длины побега на 0,7 см (контроль – 2,0 см; НСР₀₅ – 0,4 см; таблица 4). Замачивание в ИУК 50 мг/л и ИМК 25 мг/л + ИУК 50 мг/л существенно увеличило облиственность побега, соответственно, на 1,0 и 2,0 шт. (контроль – 5,0 шт.; НСР₀₅ – 1,0 шт.).

Таблица 4

Последствие ауксинов на морфометрические показатели микрочеренков на этапе ризогенеза

Стимулятор роста	Средняя длина побега, см	Количество листьев, шт.
Без гормонов (контроль)	2,0	5,0
ИМК 25 мг/л	2,0	5,0
ИУК 50 мг/л	2,2	6,0
ИМК 25 мг/л + ИУК 50 мг/л	2,7	7,0
НСР ₀₅	0,4	1,0

Продолжительность укоренения микрочеренков составила 30 суток (рисунок 2). Начало корнеобразования микрочеренков зафиксировано через 10 дней после посадки на питательную среду, при этом процент укореняемости варьировал от 29 до 41 %.

Спустя 20 дней после посадки, укоренение составило 81 % в варианте с 4(индол-3ил)-масляной кислотой (25 мг/л) + 3-индолилуксусной кислотой (50 мг/л; рисунок 3). В контрольном варианте корнеобразование не отмечено.

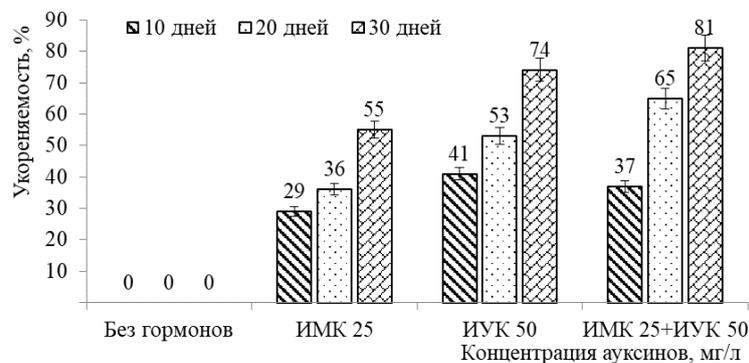


Рис 2. Укореняемость клонового подвоя 54-118 в зависимости от использования стимулятора роста, %

Fig. 2. Rooting capacity of clonal rootstock 54-118 depending on the use of growth additives, %

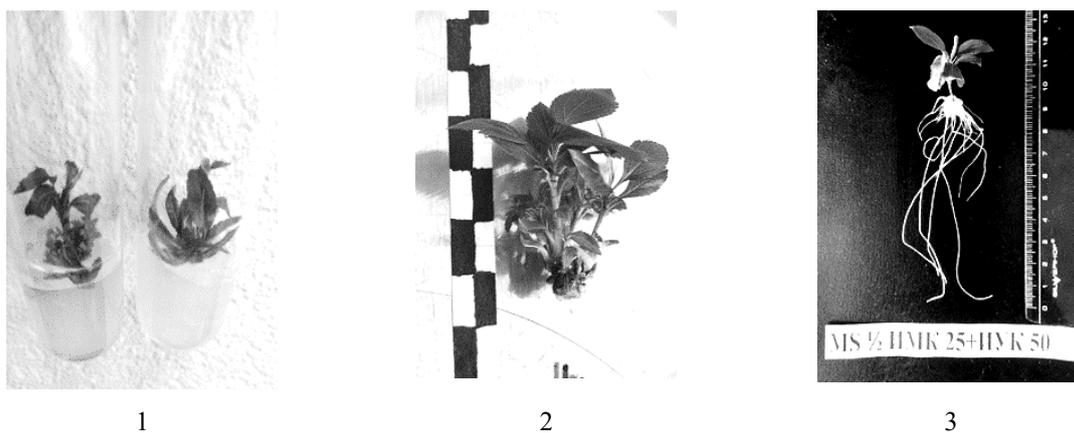


Рис 3 Внешний вид клонового подвоя яблони 54-118

1. Нормально развивающиеся микропобеги после введения в культуру in vitro;
2. Микропобеги при добавлении в питательную среду ГК 0,2 мг/л;
3. Микрочеренков укоренённый на питательной среде с добавлением в среду ИМК+ИУК

Fig. 3. Appearance of clonal apple tree rootstock 54-118

1. Normally developing microshoots after introduction into invitro culture;
2. Microshoots when HA 0.2 mg/l is added to the nutrient medium;
3. Microcutting rooted on the nutrient medium with the addition of IBA + IAA to the medium

Процесс адаптации растений зависит от различных факторов: срока высадки растений, почвенного субстрата, влажности воздуха, температурного и светового режимов [15, 16].

На этапе адаптации использовали субстрат на основе верхового торфа и растения высаживали в микропарники. Высокая влажность в микропарниках поддерживалась опрыскиванием растений водой два раза в сутки, полив проводился по мере необходимости. После двух–трехнедельной адаптации в микропарниках постепенно уменьшали влажность, прово-

дили проветривание. В дальнейшем для доращивания микрорастения пересаживали в стаканчики объемом 0,5 л для подращивания (рисунк 4). С целью повышения адаптации нами проводилась некорневая обработка растений в микропарниках кремнийсодержащим микроудобрением «Силиплант», в качестве контрольного варианта использовалась вода. Кремний является одним из важных элементов, который формирует механизм защиты от неблагоприятных факторов. Одна из функций кремния – стимуляция развития корневой системы [17].



Рис 4 Внешний вид клонового подвоя яблони 54-118

Fig. 4. Appearance of clonal apple tree rootstock 54-118

В опыте при опрыскивании силиплантом, который способствовал существенному выходу адаптированных, составило 60 %, что на 15 % выше, чем при опрыскивании водой (45 %). Таким образом, с целью повышения приживаемости микросаженцев опрыскивание следует проводить микроудобрением «Силиплант».

Выводы. На этапе введения в стерильную культуру *in vitro* клонового подвоя яблони 54-118 лучшим сроком является период активного роста побегов. В условиях Среднего Предуралья этот период приходится на конец мая – начало июня. При использовании стерилизующего агента – этилового спирта (70 %, 1 мин) с последующей обработкой диацидом (0,1 %, 6 мин) получено 63 % жизнеспособных стерильных эксплантов.

На этапе собственно микроразмножения оптимальной является среда Мурасиге – Скуга

с добавлением 6-БАП в концентрации 2 мг/л, на которой коэффициент размножения микрорастений составил 6,0. Для элонгации яблони целесообразно концентрацию 6-БАП снижать до 0,2 мг/л и добавлять гиббереллиновую кислоту в концентрации 0,2 мг/л, что стимулирует рост и обеспечивает выход микропобегов длиной 3,5 см. На этапе ризогенеза предварительное замачивание микрочеренков в растворах стимуляторов роста 4(индол-3ил)-масляной кислоты (25 мг/л) + 3-индолилуксусной кислоты (50 мг/л) ускоряет развитие корневой системы микрочеренков: через 30 дней укореняемость существенно превысила контрольный вариант, составив у подвоя 54-118 – 81 %.

Установлено, что микропобеги лучше адаптируются к условиям открытого грунта с применением кремнийсодержащего препарата Силиплант: выход адаптированных микрорастений составил 76 %.

Список источников

1. Минаков И. А., Азжеурова М. В. Стратегия пространственного развития садоводства России // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 4(59). С. 135–140.
2. Jeberean M. G. Results regarding the effect of cutting length on the rooting percentage with *campsis radicans* // Nano, bio and green— technologies for a sustainable future Albena, Bulgaria, 02–08 July. 2018. P. 549–556.
3. Матушкина О. В., Пронина И. Н. Особенности размножения сортов яблони *in vitro* // Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. 2015. Т. 8. С. 110–114.
4. Wang M. R. Cryobiotechnology of apple (*malus spp.*): development, progress and future prospects // Hyperlink. 2018. Т. 37. №5. P. 689–709.
5. Бунцевич Л. Л., Винтер М. А. Производство исходного посадочного материала косточковых культур *in vitro*, особенности технологии // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2(26). С. 177–180.
6. Кухарчик Н. В. Получение посадочного материала плодовых и ягодных растений *in vitro* // Наука и инновации. 2019. № 6 (196). С. 17–21
7. Упадышев М. Т., Донецких В. И., Упадышева Г. Ю., Бьядовский И. А. Особенности оздоровления от вирусов клоновых подвоев семечковых и косточковых культур // Плодводство и яговодство России. 2013. №2. С. 270–275.
8. Shamshin I. N. Assessment of fire blight resistance in apple clonal rootstocks using molecular markers, proceedings on applied botany // Genetics and breeding. 2020. Т.118. №4. P. 185–191.
9. Матушкина О. В., Пронина И. Н. Технология клонального микроразмножения яблони и груши (методические рекомендации) // Мичуринск : ВСТИСП. 2008. 32 с.
10. Никитина А. В., Ленточкин А. М., Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Влияние способа стерилизации и срока введения в культуру *in vitro* на жизнеспособность эксплантов клонового подвоя яблони 54-118 // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30. № 4. С. 411–416.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) – 5-е изд. перераб. и доп. Москва : Колос, 1985. 351 с.
12. Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Совершенствование технологии размножения винограда *in vitro* // Аграрный вестник Урала. 2020. № 09 (200). С. 55–62.
13. Беседина Е. Н., Бунцевич Л. Л. Усовершенствование технологии клонального микроразмножения подвоев яблони на этапе введения в культуру *in vitro* // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №111. С. 1716–1734.
14. Муратова С. А. Биотехнологические аспекты размножения плодовых и ягодных культур // Сборник научных трудов государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 144-2. С. 84–89.
15. Акимова С. В., Киркач В. В., Аладина О. Н., Деменко В. И., Стрелец В. Д., Паничкин Л. А., Воскобойников Ю. В., Скрипицына Е. К. Применение препаратов "Силиплант" и "Экофус" на этапе адаптации к нестерильным условиям клонового подвоя яблони 54-118 / С. В. Акимова, В. В. Киркач, О. Н. Аладина [и др.] // Плодводство и яговодство России. 2019. Т. 59. С. 11–18.
16. Деменко В.И., Шестибратов К. А., Лебедев В. Г. Укоренение – ключевой этап размножения растений *in vitro* // Известия ТСХА. 2011. С. 60–71.
17. Матыченков В. В., Бочарникова Е. А., Кособрюхов А. А., Биль К. Я. О подвижных формах кремния в растениях // Доклады Академии наук. 2008. Т. 418. № 2. С. 279–281.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PROPAGATION OF APPLE CLONAL ROOTSTOCK 54-118 BASED ON IN VITRO

©2023. Anna Viktorovna Nikitina

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia,
 anya-mashkovceva@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5926-3804

Abstract. Horticulture is a branch of agriculture, the main task of which is to obtain biologically valuable high-quality products. Currently, intensive and super-intensive horticulture is a promising direction that can significantly increase yields and reduce production costs at a high planting density of fruit trees. Nursery research is gaining importance in the intensification of horticulture, since the establishment of intensive fruit orchards is carried out only with high quality, leveled planting material on clonal rootstocks, which can be obtained through *in vitro* culture. The article presents the results of the study of the technological process of clonal micropropagation of apple clonal rootstock 54-118. It has been established that the best time for introduction to *in vitro* culture is the period of active growth of shoots. Two-stage sterilization made it possible to obtain 63% of viable sterile explants. Murashige–Skoog medium with the addition of 6-benzylaminopurine at the concentration of 2 mg/l is optimal at the stage of micropropagation. The multiplication factor of microplants on this medium was 6.0. For the elongation of the apple tree, it is advisable to reduce the concentration of 6-benzylaminopurine to 0.2

mg/l, and also add gibberellic acid 0.2 mg/l to the nutrient medium. Preliminary soaking of microcuttings at the stage of rhizogenesis in solutions of growth additives (indolyl-butyric acid 25 mg/l + indolyl-acetic acid 50 mg/l) accelerates the development of the root system of microcuttings up to 81%. It has been established that microshoots adapt better to open ground conditions with the use of a silicon-containing preparation siliplant: the yield of adapted microplants was 76%.

Key words: clonal micropropagation, apple clonal rootstock 54-118, growth additives

References

1. Minakov I. A., Azzheurova M. V. StrategijaprostranstvennogorazvitiyasadovodstvaRossii (Strategy for the spatial development of horticulture in Russia) // VestnikMichurinskogogosudar-stvennogoagrar-nogouniversiteta. 2019. № 4(59). S. 135–140.
2. Jeberean M. G. Results regarding the effect of cutting length on the rooting percentage with *campsis radicans* // Nano, bio and green– technologies for a sustainable future Albena. Bulgaria, 02–08 July. 2018. R. 549–556.
3. Matushkina O. V., Pronina I. N. Osobennostirazmnozhenijasortovjabloni in vitro (Features of invitro propagation of apple tree varieties) // Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo zonal'nogonauchno-issledovatel'skogoinstitutasadovodstvaivinoogradarstva. 2015. T. 8. S. 110–114.
4. Wang M. R. Cryobiotechnology of apple (*malus spp.*): development, progress and future prospects // Hyperlink. 2018. T. 37. №5. R. 689-709.
5. Buncevic L. L., Vinter M. A. Proizvodstvoishodnogoposadoch-nogomaterialakostochkovyhkul'tur in vitro, osobennosti tehnologii (Invitro production of initial planting material for stone fruit crops, technology features) // Vestnik APK Stavropol'ja. 2017. № 2(26). S. 177–180.
6. Kuharchik N. V. Poluchenieposadochnogomaterialaplodovyhijagodnyhrastenij in vitro (Obtaining planting material for fruit and berry plants) // Nauka iinovacii. 2019. № 6 (196). S. 17–21
7. Upadyshev M. T., Doneckih V. I., Upadysheva G. Ju., B#jadovskij I. A. Osobennostiozдорovlenijaotvirusovklonovyhpodvoevsemechkovyhikostochkovyhkul'tur (Features of recovery from viruses of clonal rootstocks of pome and stone fruit crops) // Plodvodstvojagodovod-stvoRossii. 2013. №2. S. 270–275.
8. Shamshin I. N. Assessment of fire blight resistance in apple clonal rootstocks using molecular markers, proceedings on applied botany // Genetics and breeding. 2020. T.118. №4. P. 185-191.
9. Matushkina O. V., Pronina I. N. Tehnologija klonal'nogo mikrorazmnozenija jabloni i grushi (Technology of clonal micropropagation of apple and pear trees) (metodicheskie rekomendacii) // Michurinsk : VSTISP. 2008. 32 s.
10. Nikitina A. V., Lentochkin A. M., Lekonceva T. G., Fedorov A. V. Vlijaniesposobasterilizaciiisrokavvedenija v kul'turu in vitro nazhiznesposobnost' jeksplantovklonovogopodvojjabloni 54-118 (The influence of the sterilization method and the timing of introduction into in vitro culture on the viability of explants of clonal apple rootstock 54-118) // VestnikUdmurtskogouniversiteta. SerijaBiologija. Nauki o Zemle. 2020. T. 30. № 4. S. 411–416.
11. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) (Methodology of field experience: (with the basics of statistical processing of research results) – 5-e izd. pere-rab. i dop. Moskva : Kolos, 1985. 351 s.
12. Lekonceva T. G., Fedorov A. V. Sovershenstvovanietehnologiiirazmnozhenijavinogradain vitro (Improving *invitro* grape propagation technology) // AgrarnyjvestnikUrala. 2020. № 09 (200). S. 55–62.
13. Besedina E. N., Buncevic L. L. Usovershenstvovanietehnolo-giiklonal'nogomikrorazmnozenijapodvoevjabloninajetapevedenija v kul'turu in vitro (Improving the technology of clonal micropropagation of apple tree rootstocks at the stage of introduction into invitro culture) // Politematicheskijsetevojjelek-tronnyjnauchnyjzhurnalKubanskogogosudarstvennogoagrar-nogouniversiteta. 2015. №111. S. 1716–1734.
14. Muratova S. A. Biotehnologicheskieaspektyrazmnozhenijaplodovyhijagodnyhkul'tur (Biotechnological aspects of propagation of fruit and berry crops) // Sborniknauchnyhtrudovgosu-darstvennogoNikitskogobotanicheskogosada. 2017. T. 144-2. S. 84–89.
15. Akimova S. V., Kirkach V. V., Aladina O. N., Demenko V. I., Strelec V. D., Panichkin L. A., Voskoboynikov Ju. V., Skripicyna E. K. Primeneniepreparatov "Siliplant" i "Jekofus" najetapeadaptacii k nesteril'nymslovijamklonovogopodvoja jabloni 54-118 (The use of preparations "Siliplant" and "Ecofus" at the stage of adaptation to non-sterile conditions of clonal apple rootstock 54-118) // S. V. Akimova, V. V. Kirkach, O. N. Aladina [i dr.] // PlodvodstvojagodovodstvoRossii. 2019. T. 59. S. 11–18.
16. Demenko V.I., Shestibratov K. A., Lebedev V. G. Ukorenenie – kljuchevojjetaprazmnozhenijarastenij in vitro (Rooting is a key stage in *invitro* plant propagation) // Izvestija TSHA. 2011. S. 60–71.
17. Matyuchenkov V. V., Bocharnikova E. A., Kosobryuhov A. A., Bil' K. Ja. O podviznyh formah kremniya v rastenijah (About mobile forms of silicon in plants) // Doklady Akademii nauk. 2008. T. 418. № 2. S. 279–281.

Сведения об авторах

А. В. Никитина – ассистент.

ФГБОУ ВО Удмуртский государственный аграрный университет, 426033, г. Ижевск, ул. Кирова, 16

Information about the author

A. V. Nikitina – Assistant.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Udmurt State Agrarian University, 16, Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033

одобрена после рецензирования 23.06.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 20.05.2023; approved after reviewing 23.06.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 631.52:633.111.1

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_43

КОЛЛЕКЦИЯ ВИР КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

©2023. Ирина Валерьевна Торбина

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения наук Российской академии наук, Ижевск, Россия, torbinaiv@udman.ru

Аннотация. Исследования проводили с целью выделения источников хозяйственно-ценных свойств для создания генетической коллекции озимой пшеницы в Среднем Предуралье. Материалом для исследований служил 41 сортообразец озимой пшеницы из коллекции генетических ресурсов ВИР. Работу проводили в 2015-2017 и 2021-2022 гг. в Завьяловском районе Удмуртии. Почва опытного участка хорошо окультуренная дерново-подзолистая среднесуглинистая. В среднем за три года урожайность выше стандарта – 754-822 г/м² имели сорта СТН-346 (Польша), Lyubava odes'ka (Украина), Tsyghanka (Украина), Sjuita и Uzljot из Белоруссии. Выделены генетические источники повышенной зимостойкости сорта СТН-346 и Uzljot (перезимовка 60 %). К неблагоприятным условиям зимовки 2015-2016 гг., когда складывались условия для выпревания озимой пшеницы, более устойчивыми были сорта Дон 107, Донской маяк, Дон 105, Спартак, Kyivs'ka ostista, Uzljot. Повышенной продуктивной кустистостью обладали сорта Kyivs'ka ostista и Culver (3,96 и 5,27 шт. продуктивных стеблей на растение, соответственно). Более высокую массу 1000 зёрен (45,0-46,2 г) имели сортообразцы СТН-346, Lyubava odes'ka и Simval (стандарт – 42,7 г). Озернённость колоса сортообразцов Sakwa, Ukrainka odes'ka, Tsyghanka, Kanveer, Oda, Simval, Sjuita в среднем за три года составила 38,0-50,2 шт., у стандарта – 32,1 шт. Выделены низкорослые сорта (66-80 см) Дар Зернограда, Донской маяк, Ростовчанка 7, Зерноградка 10, СТН-346, Nutka, Nurnia, Ivanivs'ka ostista, Kyivs'ka ostista, Lyubava odes'ka, Sjuita, Uzljot, Culver, сформировавшие урожайность выше среднего по опыту, что может служить ценным исходным материалом для селекции озимой мягкой пшеницы при сочетании низкостебельности и повышенной урожайности в условиях Среднего Предуралья.

Ключевые слова: озимая пшеница, коллекция генетических ресурсов ВИР, урожайность и её структура, перезимовка, высота растений

Введение. Озимая пшеница – высокопродуктивная ценная продовольственная культура, но в Удмуртской Республике малораспространенная. Одним из факторов, сдерживающих выращивание этой культуры на больших площадях, является нестабильная ее перезимовка по годам. Это определило адаптивную направленность селекции озимой пшеницы в регионе. Причём, в условиях изменения климата, когда создаются новые проблемы, свя-

занные с неопределённостью производственных экосистем, создание новых сортов растений является ключом к устойчивому сельскому хозяйству [1].

Генетические ресурсы растений являются базой исходного материала для селекции благодаря наличию генетической изменчивости для эффективного использования в программах селекции [2, 3]. Современное направление изучения генетических ресурсов – использование достижений в области геномики

таких как высококачественные эталонные геномы, платформы для секвенирования и повторного секвенирования с уменьшенной стоимостью, платформы для отбора с помощью маркеров и QTL, геномной селекции и платформы для генотипирования на популяционном уровне. Геномные инструменты позволяют ускорить отбор генетических ресурсов растений по интересующим признакам, сокращают период в цикле селекции для подтверждения интересующего гена в промежуточном материале и подтверждения переноса интересующего гена в культивируемом генофонде [4].

Цель исследований – изучить по комплексу хозяйственно-ценных признаков набор образцов, пополнивших в последние годы коллекцию озимой мягкой пшеницы и выявить наиболее ценные образцы для селекции культуры в Удмуртской Республике.

Методика. Изучение 41 образца озимой пшеницы нового набора из коллекции генетических ресурсов ВИР проводили в 2015-2016, 2016-2017 и в 2021-2022 гг. Оценку набора проводили по зимостойкости, урожайности и её структуре, высоте растений, полевой устойчивости к болезням (снежная плесень, склеротиниоз, мучнистая роса, бурая ржавчина), вступлении в фазу колошения. Посевы располагали на опытном поле института. Закладку полевых опытов, наблюдения и учётыв проводили согласно Методике государственного сортоиспытания (1989) и методическим указаниям «Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале» (1999). Посев осуществляли сеялкой СР-1 на деланках площадью 1,0 м² по занятому пару (клевер, однолетние травы) в первой декаде сентября. Норма высева – 4 млн шт. всхожих семян на 1 га. Убирали образцы вручную по мере созревания. Почва опытного участка хорошо окультуренная дерново-подзолистая среднесуглинистая, слабокислая, со средним содержанием гумуса, очень высоким содержанием подвижного фосфора, высоким – обменного калия.

Для выделения лучших сортов в селекции применяли стандартный сорт. Так как изучение коллекции проводилось в однократной повторности, ошибкой опыта является среднее квадратическое (стандартное) отклонение. Для анализа хозяйственно-биологических показателей изучаемых сортообразцов использовали также среднее генеральной совокупности (μ) и доверительный интервал генеральной средней для 5%-ого уровня значимости ($\mu \pm t_{05} s_x$), где t_{05} – теоретические значения критерия Стьюдента при 5%-ном уровне значимости, s_x – ошибка выборочного среднего. Коэффициенты вариации и корреляции, существенность коэффициента корреляции определяли по Б.А. Доспехову (1985).

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались условиями перезимовки. Тёплая, с частыми оттепелями зима 2015-2016 гг. привела к выпреванию и значительному изреживанию посевов. Перезимовка сортов была очень низкой (0-10%, у стандарта – 6%). Однако ранний сход снега с полей (10 апреля), тёплый и дождливый апрель, тёплый май способствовали отрастанию растений и интенсивному весеннему кущению. Формирование и налив зерна проходили в условиях достаточного увлажнения (июнь ГТК 1,4). 2016-2017 сельскохозяйственный год характеризовался благоприятным началом зимовки озимой пшеницы – снег лёг на стылую почву, был с довольно холодной, многоснежной зимой и прохладным, влажным летом. Среднесуточная температура воздуха с апреля по июль была на 0,4...2,1 °С ниже нормы, осадков выпало 107-222 % нормы. Зима 2021-2022 гг. была тёплой и многоснежной. Температура воздуха в январе и феврале наблюдалась выше среднего на 1,5-2 и 6,5-7,5 °С соответственно). С конца февраля складывались условия для выпревания культуры – минимальная температура почвы на глубине узла кущения от -1°С и выше. Сход снежного покрова был позднее многолетних сроков на неделю (21-23 апреля). В мае и июне наблюдали прохладную и влажную погоду. Условия увлажнения в мае и июне были избыточными (ГТК 1,5 и 2,33). В июле

температура воздуха в среднем по республике оказалась выше обычного на 1-2°C. Лето оказалось засушливым – ГТК 0,40. Созревание сортов озимой пшеницы наступило 25-29 июля.

Результаты. В среднем за 2016-2017, 2022 годы высокую урожайность (608-874 г/м²) сформировали сорта из Ростовской области – Дар Зернограда, Донской маяк, Ростовчанка 7, Зерноградка 10; из Польши – СТН-346, Nutka и Nurnia; с Украины – Ivanivs'ka ostista, Kyivs'ka ostista, Lyubava odes'ka, Tsyghanka; из Белоруссии – Sjuita и Uzljot; из Германии – Culver, а также стандарт (таблица 1). Урожайность по этим сортам была выше средней по опыту (доверительный интервал среднего 572±34 г/м²). В среднем за три года урожайность выше стандарта – 754-822 г/м² имели сорта СТН-346, Lyubava odes'ka, Tsyghanka, Sjuita и Uzljot. Вариабельность урожайности всех сортов была высокой ($V=57-154\%$).

Распространению озимой пшеницы по Удмуртии препятствуют метеорологические

условия, складывающиеся в отдельные годы, когда происходит значительное изреживание посевов, гибель культуры. В неблагоприятном 2016 году урожайность стандарта находилась в интервале среднего показателя всей совокупности изучаемых сортов – 111 г/м² (доверительный интервал генеральной совокупности 110±16 г/м²). Урожайность выше стандарта (145-284 г/м²) получена по сортообразцам Донской маяк, СТН-346, Kyivs'ka ostista, Nakhodka 4, Tsyghanka, Oda, Fantazija, Ehlegija. Эти сортообразцы были более устойчивыми к выпреванию. Благоприятный 2022 год позволил выделить высокопродуктивные образцы – сорта Дар Зернограда, Донской маяк, Ростовчанка 7, Зерноградка 10, СТН-346, Ivanivs'ka ostista, Kyivs'ka ostista, Lyubava odes'ka, Nutka, Nurnia, Tsyghanka, Uzljot. Урожайность этих сортов была выше стандарта и составила 1590-1852 г/м². Данный показатель стандарта был на уровне среднего по опыту (1268 г/м², доверительный интервал средней при 5%-ом уровне значимости 1181÷1367 г/м²).

Таблица 1

Урожайность выделенных сортов озимой пшеницы коллекции ВИР (2016-2017, 2022 годы)

№ по каталогу ВИР	Сорт	2016	2017	2022	Среднее
65370	Дон 107	145	246	1312	568
65371	Дар Зернограда	51	396	1590	679
65372	Донской маяк	165	312	1590	689
65377	Ростовчанка 7	79	217	1794	697
65380	Зерноградка 10	35	266	1724	675
65620	СТН-346	202	506	1629	779
65625	Ivanivs'ka ostista	58	403	1673	711
65626	Kyivs'ka ostista	180	138	1595	638
65628	Lyubava odes'ka	121	500	1812	811
65632	Nutka	106	42	1852	667
65634	Ukrainka odes'ka	136	548	937	540
65635	Nurnia	23	364	1628	672
65639	Tsyghanka	224	448	1627	766
65643	Oda	185	291	916	464
65646	Simval	157	331	1236	574
65648	Sjuita	115	643	1505	754
65650	Uzljot	139	651	1676	822
65651	Fantazija	284	400	831	505
65652	Ehlegija	171	496	1121	596
65653	Culver	162	287	1481	644
Стандарт		111	446	1268	608
Стандартное отклонение (σ)		53	99	291	107
Доверительный интервал средней по опыту при 5% уровне значимости		94÷126	301÷361	1181÷1367	538÷606

Урожайность – это комплексный показатель, зависящий от многих факторов и признаков, в том числе от количества колосьев на единице площади, числа зёрен в них и массы 1000 зёрен. Анализ структуры урожайности даёт возможность установить закономерности ее формирования в зависимости от генотипа и действия факторов внешней среды. Поэтому ее элементы могут служить объектом не только для анализа, но и синтеза новых сортов и технологий, при корректировке селекционных программ [5, 11].

Результаты корреляционного анализа урожайности с элементами её структуры и высоты представлены в таблице 2. Как и ожидалось, по результатам предыдущих исследований [6, 7] сильное существенное влияние на урожайность как по годам, так и в среднем за

годы исследования оказывала густота продуктивного стеблестоя ($r = 0,71...0,96$). Сильное существенное влияние перезимовки отмечено по данным за три года ($r = 0,80$). Выявлена средняя существенная положительная взаимосвязь урожайности с озернёностью колоса (2016-2017, 2022 гг.), с продуктивной кустистостью (2016 и 2022 годы), массой 1000 зёрен (2022 г.). Однако при анализе данных показателей за три года корреляция отрицательная слабая по массе 1000 зёрен и средняя существенная по количеству зёрен в колосе и продуктивной кустистости. Это связано с тем, что в разреженных посевах неурожайного 2016 г. крупность зерна, озернёность колоса, продуктивная кустистость были выше, чем в густых посевах урожайного 2022 г. (45,0 и 40,2 г, 39,3 и 28,1 шт., 3,80 и 2,25 продуктивных стеблей на растение, соответственно).

Таблица 2

Корреляция урожайности с элементами её структуры

Год	Перезимовка	Густота продуктивного стеблестоя	Масса 1000 зерен	Количество зерен в колосе	Продуктивная кустистость	Высота растения
2016	0,38*	0,82*	0,16	0,41*	0,46*	0,36*
2017	0,59*	0,73*	0,26	0,50*	0,23	0,44*
2022	-0,05	0,71*	0,40*	0,30*	0,61*	0,20
Среднее	0,80*	0,96*	-0,18	-0,35*	-0,39*	0,79*

* - корреляция существенна при 5% уровне значимости.

Густота продуктивного стеблестоя является комплексным показателем. Формирование его происходит в течение всего периода вегетации. На него влияют норма высева, полевая всхожесть, перезимовка, выживаемость в течение вегетации, продуктивное кущение. Густота продуктивного стеблестоя колебалась в 2016 г. от 4 до 148, в 2017 г. – от 106 до 487, в 2022 г. – от 650 до 1924 шт./м², в среднем – от 287 до 818 шт./м². У стандарта он составил соответственно 70, 321, 1140 и 510 шт./м², что на уровне среднего по опыту в 2016 и 2022 годах, выше среднего – в 2017 году. В среднем за три года густоту продуктивного стеблестоя значительно выше стандарта сформировали образцы СТН-346, Lada odes'ka, Lyubava odes'ka, Uzljot и Culver (602-818 шт./м², $\sigma = 86$

шт./м²). Данный показатель был выше стандарта в 2016 году у сортов Дон 107, Донской маяк, Дон 105, KS91WGRC11, Kyivs'ka ostista, Fantazija, Culver (102-148 шт./м², $\sigma = 28$ шт./м²); в 2017 г. - Lyubava odes'ka, Ukrainka odes'ka, Uzljot, Ehlegija и Culver (349-487 шт./м², $\sigma = 62$ шт./м²); в 2022 г. - Ростовчанка 7, Зерноградка 10, СТН-346, Ivanivs'ka ostista, Lada odes'ka, Lyubava odes'ka, Navina, Uzljot и Culver (1394-1924 шт./м², $\sigma = 229$ шт./м²).

Зимостойкость – свойство растений противостоять комплексу воздействий внешней среды на протяжении зимнего и ранневесеннего периодов. Немаловажную роль в устойчивости условиям зимовки имеет сорт (генотип), в экстремальные по погодным условиям годы ему принадлежит решающая роль. Факторов, повреждающих зерновые озимые культуры в

холодный период, много: низкие отрицательные температуры, переувлажнение и др. Соответственно и генетические системы устойчивости к отрицательным условиям различны [8]. Тип зимостойкости зависит от эколого-географического происхождения экотипа, где естественный отбор стимулировал выживание устойчивых форм. При анализе генотипов по годам необходимо учитывать, какие факторы среды оказали решающее влияние на дифференциацию их по перезимовке. В Удмуртии наиболее часто причиной изреживания озимой пшеницы является выпревание, которое происходит ежегодно [9]. Выпревание культуры тесно связано с поражением растений снежными плеснями: розовой и склероциальной снежной плесенью, тифулезом [10]. В последние годы увеличение вероятности гибели посевов от выпревания в результате существенного повышения температуры воздуха в зимне-весенний период отмечено и в лесостепи Среднего Поволжья [11].

Перезимовка озимой пшеницы в 2016 году была очень низкой (0-10 %) в результате выпревания и массового поражения снежной плесенью. Перезимовка в 2017 году колебалась от 40 до 80 % (от ниже среднего до высокой), в 2022 году была высокой – 80-97 %. Данный показатель стандарта составил соответственно 6, 73 и 90 % (таблица 3). В среднем за

годы исследований наиболее зимостойкими были сорта СТН-346 и Uzljot, обеспечив перезимовку 60 % (значительно выше стандарта). К неблагоприятным условиям зимовки 2015-2016 гг., когда складывались условия для выпревания озимой пшеницы, более других устойчивыми были сорта Дон 107, Донской маяк, Дон 105, Спартак, Kyivs'ka ostista, Uzljot. В 2017 году превысили по зимостойкости стандарт сорта СТН-346 и Uzljot (перезимовка 80 %). Условия зимовки 2021-2022 г. были благоприятнее для образцов Донской маяк, Дон 105, Ростовчанка 5, Зерноградка 10, KS96WGRC36, Sakwa, СТН-346, Pochana, Nurnia, Navina и Simval (перезимовка 95-97 %, что выше стандарта).

Если в 2016 г. поражение снежной плесенью было массовым, то в 2017 г. колебалось от 0 до 40 %, в 2022 году – от 1 до 15 %. Данный показатель стандарта составил соответственно 8 и 9 %. В среднем за три года менее стандарта поразились сорта Дон 105, Sakwa, Dekan, Ivanivs'ka ostista, Oda, Simval (менее 5 %). Распространённость склеротиниоза в 2017 и 2022 годах составила от 0 до 50 %, у стандарта - 21 и 7 % соответственно. В среднем за три года более устойчивыми были сорта Зерноградка 11, Sakwa и СТН-346, поражение растений данной болезнью – 0-8% (стандарт 14 %).

Таблица 3

Выделенные по зимостойкости сортообразцы озимой пшеницы коллекции ВИР (2016-2017, 2022 годы)

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	2016	2017	2022	Среднее
65370	Дон 107	Ростовская обл.	10	50	90	50
65372	Донской маяк	Ростовская обл.	10	40	95	48
65375	Дон 105	Ростовская обл.	10	60	95	55
65376	Спартак	Ростовская обл.	10	50	90	50
65377	Ростовчанка 5	Ростовская обл.	5	70	95	57
65380	Зерноградка 10	Ростовская обл.	5	60	95	53
65618	KS96WGRC36	США	5	60	95	53
65619	Sakwa	Польша	0	60	95	52
65620	СТН-346	Польша	5	80	95	60
65626	Kyivs'ka ostista	Украина	10	70	85	55
65633	Pochana	Украина	5	50	97	51
65635	Nurnia	Польша	5	70	95	57
65642	Navina	Белоруссия	0	60	95	52
65646	Simval	Белоруссия	0	60	95	52
65650	Uzljot	Белоруссия	10	80	90	60
Стандарт			6	73	90	56
Стандартное отклонение σ			1	7	3	3
Доверительный интервал генеральной средней для 5% уровня значимости			5÷6	58÷62	89÷91	51÷53

Продуктивная кустистость зависит от генетических особенностей сорта, площади питания и устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среды [12]. Продуктивная кустистость сортов озимой пшеницы колебалась в 2016 г. от 1,70 до 7,40, в 2017 г. – от 1,76 до 6,62, в 2022 г. – от 1,20 до 3,50, в среднем – от 1,64 до 5,27 продуктивных стеблей на растение, у стандарта 4,80, 3,40, 2,08 и 3,43 соответственно. В среднем за три года данный показатель был выше стандарта у сортов Kyivs'ka ostista (3,96) и Culver (5,27, σ – 0,45 шт. продуктивных стеблей на растение).

Характеристика коллекции по крупности зерна представлена в таблице 4. В изрежен-

ных посевах 2016 года высокую массу 1000 зерен (46,3-50,9 г) сформировали сорта Донской маяк, Спартак, Зерноградка 10, KS96WGRC36, STH-346, Victoria odes'ka, Lyubava odes'ka, Certo, Tsyghanka, Kanveer, Navina, Simval, Spektr, Sjuita и Uzljot. Данный показатель стандарта Московская 39 составил 43,3 г. В 2017 г. крупное зерно сформировали образцы STH-346, Ivanivs'ka ostista, Navina, Simval (43,9-46,2 г, у стандарта Московская –39- 41,3 г). В 2022 г. этот параметр по сортам коллекции был на уровне и меньше стандарта. В среднем за три года выделены сорта STH-346, Lyubava odes'ka и Simval с массой 1000 зерен 45,0-46,2 г (стандарт – 42,7 г).

Таблица 4

Характеристика озимой пшеницы коллекции ВИР по массе 1000 зёрен (2016, 2017, 2022 гг. и в среднем)

Показатели	2016 г.	2017 г.	2022 г.	В среднем за 2016-2017, 2022 гг.
Минимум	34,3	30,7	31,2	36,9
Максимум	50,9	46,2	46,1	46,2
Стандарт	43,3	41,3	43,6	42,7
Стандартное отклонение	2,8	2,5	3,2	2,0
Среднее	45,0	39,5	40,2	41,5
Доверительный интервал для среднего при 5%-ном уровне значимости	44,2÷45,8	38,7÷40,3	39,2÷41,2	40,9÷42,1

Озернённость колоса по годам значительно колебалась, в 2016 г. – от 20,7 до 74,4 шт., в 2017 г. – от 5,4, до 53,7 шт., в 2022 г. – от 19,3 до 43,8 шт. (таблица 5). Данный показатель у стандарта составил соответственно 36,0 шт., 34,1 и 26,1 шт., что на уровне среднего по коллекции. В 2016 г. превысили стандарт 14, в 2017 г. - 9, в 2022 г. – 12 сортообразцов, в среднем за годы – 13 сортов. Сортообразцы Sakwa,

Ukrainka odes'ka, Tsyghanka, Kanveer, Oda, Simval, Sjuita превысили уровень стандарта хотя бы в двух из трёх лет исследований и в среднем за три года. За годы исследований среднее количество зёрен в колосе у этих сортов составило 38,0-50,2 шт., у стандарта – 32,1 шт. (σ – 4,3 шт.).

Таблица 5

Характеристика озимой пшеницы коллекции ВИР по количеству зёрен в колосе (2016, 2017, 2022 гг. и в среднем)

Показатели	2016 г.	2017 г.	2022 г.	В среднем за 2016-2017, 2022 гг.
Минимум	20,7	5,4	19,3	22,5
Максимум	74,4	53,7	43,8	50,2
Стандарт	36,0	34,1	26,1	32,1
Стандартное отклонение	8,8	5,8	4,4	4,3
Среднее	39,3	34,7	28,1	34,0
Доверительный интервал для среднего при 5%-ном уровне значимости	36,5÷42,1	32,9÷36,5	26,7÷29,5	32,6÷35,4

В течение весенне-летней вегетации в коллекционном питомнике учитывали пораженность растений листостебельными болезнями. Известно, что усилению мучнистой росы способствует влажная, тёплая погода и загущение посевов. Устойчивость сортов в 2017 и 2022 годах колебалась от средней (5 баллов) до очень высокой (9 баллов). В среднем за три года высокой устойчивостью обладало большинство образцов (38), средней устойчивости были сорта Дон 107, Дар Зернограда и Culver.

Оптимальными условиями для развития бурой ржавчины являются повышенная температура воздуха и наличие капельной жидкости. Поражение растений озимой пшеницы бурой ржавчиной в 2017 году было выше, устойчивость 22-х сортов была высокой и 19-и сортов – средней. В 2022 г. все сорта были высокоустойчивыми.

Дата наступления фаз развития в значительной мере зависит от метеорологических условий. В 2017 г. фаза колошения стандарта Московская 39 наступила 22 июня, а в 2022 г. – на неделю раньше, 16 июня. Раньше стандарта (в 2017 г. – на 4-5 дней, в 2022 г. – на 3-4 дня) вступали в данную фазу сортообразцы Дон 107, Дар Зернограда, KS96WGRC36, Culver. Позже стандарта (на 4-5 дней в 2017 г. и 5-6 дней в 2022 г.) закосились сорта STH-346, STH-568, Certo, Kanveer, Navina, Oda, Sjuita, Uzljot и Fantazija.

Высота растений – признак, в значительной мере связанный с устойчивостью к полеганию. Считается, что широкое использование в сельскохозяйственном производстве короткостебельных растений мягкой пшеницы являлось ключевым моментом успеха селекции пшениц в ходе “зелёной революции” и обуславливало повсеместное увеличение урожайности, связанное в первую очередь с устойчивостью растений новых сортов к полеганию при применении высоких доз минеральных удобрений [13].

Высота растений изучаемой коллекции в 2016 году была от 37 до 68 см, в 2017 г. – от 60 до 107 см, в 2022 г. – от 78 до 122 см. Вариация её по сортам была высокой – 21-44 %. Полегания

в годы исследований не наблюдали, устойчивость сортов коллекции была высокой (7 баллов) и очень высокой (9 баллов).

Так как формирование высоты растений и числа листьев начинается с фазы кущения [14], для озимых культур – с осени, и достигает максимума в фазе колошения в весенне-летний период, разные метеорологические условия указанных периодов в годы исследований влияли на рост растений. Варьирование высоты растений по годам и большая зависимость её от условий вегетации пшеницы отмечается многими исследователями [13 и др.].

Корреляционная зависимость урожайности от высоты растений за три года изучений сильная положительная ($r=0,79$), существенная при 5%-ном уровне значимости, по годам – средняя существенная в 2016 г. ($r=0,36$) и 2017 г. ($r=0,44$) и слабая несущественная – в 2022 г. ($r=0,20$). Средняя зависимость урожайности от высоты растений даёт возможность формирования высокой урожайности у менее высоких сортов. Низкостебельные сорта пшеницы могут обладать более высокой облиственностью, продолжительностью работы фотосинтетического аппарата растений, хорошей аттракцией в период налива зерна [15].

Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Triticum* L. сорта пшеницы по высоте растений разделяются на длинностебельные (выше 95 см), среднерослые (81-95 см); низкорослые (66-80 см); полукарлики (51-65 см), карлики (менее 50 см). В среднем за три года набор сортообразцов состоял из трех полукарликов – Спартак, Ростовчанка 5 и Fantaziya odes'ka (61-65 см), 35 низкорослых растений (66-80 см), среднерослого сорта Tsyghanka (87 см), одного высокорослого сорта Fantazija (Белоруссия, 97 см). Среди изученных пшениц различного эколого-географического происхождения выделены низкорослые сорта Дар Зернограда, Донской маяк, Ростовчанка 7, Зерноградка 10, STH-346, Nutka, Nurnia, Ivanivs'ka ostista, Kyivs'ka ostista, Lyubava odes'ka, Sjuita, Uzljot, Culver, сформировавшие урожайность выше среднего по опыту. Они могут быть ценным исходным материалом для селекции озимой мягкой пшеницы

на сочетание низкостебельности и высокой урожайности в условиях Среднего Предуралья.

Выводы. Таким образом, испытание сортообразцов коллекции ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» в течение трех лет позволило выделить ценные генисточки по комплексу хозяйственно-полезных признаков – урожайности (STH-346, Lyubava odes'ka, Tsyghanka, Sjuita и Uzljot), повышенной зимостойкости (STH-346 и Uzljot), повышенной продуктивной кустистости (Kyivs'ka ostista и Culver), высокой массы 1000

зёрен (STH-346, Lyubava odes'ka и Simval), озернённости колоса (Sakwa, Ukrainka odes'ka, Tsyghanka, Kanveer, Oda, Simval, Sjuita). Выделены низкорослые сорта (66-80 см) Дар Зернограда, Донской маяк, Ростовчанка 7, Зерноградка 10, STH-346, Nutka, Nurnia, Ivanivs'ka ostista, Kyivs'ka ostista, Lyubava odes'ka, Sjuita, Uzljot, Culver как ценный исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на сочетание низкостебельности и повышенной урожайности в условиях Среднего Предуралья.

Список источников

1. Weissmann E., Yadav R., Seth R., Bhaskar K. Principles of Variety Maintenance for Quality Seed Production. DOI:10.1007/978-981-19-5888-5_8.
2. Митрофанова О. П., Хакимова А. Г., Пюккенен В. П. и др. Предселекционное изучение коллекции пшеницы ВИР: роль в современной селекции // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвященный 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы: Сборник тезисов Международного Конгресса, Санкт-Петербург, 18–22 июня 2019 года. Санкт-Петербург: ООО "Издательство ВВМ", 2019. С. 172.
3. Khalid M, Amjad I. Study of the genetic diversity of crops in the era of modern plant breeding URL: https://www.researchgate.net/publication/365773000_study_of_the_genetic_diversity_of_crops_in_the_era_of_modern_plant_breeding (дата обращения 05.05.2023)
4. Singh K., Kumar S., Subramani R., Singh M., Gupta K. Plant genetic resources management and pre-breeding in genomics era // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. April 2019. DOI: 10.31742/IJGPB.79S.1.1. URL: https://www.researchgate.net/publication/334396113_Plant_genetic_resources_management_and_pre-breeding_in_genomics_era. (дата обращения 15.04.2023).
5. Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Дёмина Е.А., Чекмасова К.Ю. Селекционная оценка признака масса 1000 зёрен в засушливых условиях // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 7-12. DOI: 10.17513/use.37384.
6. Туктарова Н. Г., Курьлева А. Г., Жирных С. С., Торбина И.В. Озимые зерновые культуры в Удмуртской Республике: монография; ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. Ижевск: ООО ПКФ «Буква», 2017. 124 с.
7. Торбина И. В., Фардеева И.Р. Адаптивность коллекционных образцов озимой пшеницы к условиям Среднего Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2(62). С. 43-48. DOI 10.12737/2073-0462-2021-43-48.
8. Нецветаев В. П., Нецветаева О. В. Выявление наследственной изменчивости зерновых по зимостойкости // Генетика. 2004. Т. 40. № 11. С. 1502-1508.
9. Туктарова Н. Г. Причины гибели озимой пшеницы в Удмуртской Республике // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2015. Т. 1, № 2(2). С. 55-59.
10. Ткаченко О.Б. Снежные плесени (история изучения, возбудители, их биологические особенности). Москва: Российская академия наук, 2017. 72 с. URL: <https://www.ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=01ff5022-7f1c-4f78-b96d-d522e90f1d9c> (дата обращения 15.02.2023).
11. Захарова Н.Н., Исайчев В.А., Захаров Н.Г. Основы адаптивной селекции озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья: монография. Ульяновск: УлГАУ, 2022. 216 с.
12. Захарова, Н.Н. Захаров Н.Г. Зимостойкость озимой мягкой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал. Ульяновск: УлГАУ, 2019. №3 (47). С. 66-71. DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-66-71. URL: <http://lib.ugsha.ru:8080/handle/123456789/21562> (дата обращения 2.04.2023).
13. Сухих И.С., Вавилова В.Ю., Блинов А.Г., Гончаров Н.П. Разнообразие и фенотипический эффект аллельных вариантов генов короткостебельности Rht у пшениц // Генетика. 2021. Том 57. № 2. С. 1-13.
14. Подлесных Н.В. Особенности прохождения этапов органогенеза, фаз роста и развития, урожайность и качество озимой твёрдой и мягкой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. №3. с. 12-22.
15. Захарова Н.Н., Захаров Н.Г., Бисенгалиева С.В. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на зимостойкость и урожайность в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 36–41. DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp36-41.

VIR COLLECTION AS AN INITIAL MATERIAL FOR BREEDING WINTER WHEAT IN THE MIDDLE PREDURALIE

©2023. Irina V. Torbina

Udmurt Federal research center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia, torbinaiv@udman.ru

Abstract. The purpose of the research is to identify sources of economically valuable properties for creating a genetic collection of winter wheat in the Preduralie. 41 varieties of winter wheat from the collection of genetic resources of VIR served as material for research. The work was carried out in 2015-17 and 2021-22 in the Zavyalovsky district of Udmurtia. The soil of the experimental plot is well cultivated sodpodzolic medium loamy. On average, over three years, varieties STH-346 (Poland), Lyubava odes'ka (Ukraine), Tsyghanka (Ukraine), Sjuita and Uzljot from Belarus showed the yield above the standard – 754-822 g/m². Genetic sources of increased winter hardiness of varieties STH-346 and Uzljot (overwintering 60%) were identified. The varieties Don 107, Donskoy Mayak, Don 105, Spartak, Kyivs'kaostista, Uzljot were the most resistant to the adverse wintering conditions of 2015-2016, when the conditions emerged for damping-out of winter wheat. The varieties Kyivs'kaostista and Culver had an increased productive tillering capacity (3.96 and 5.27 pcs. of productive stems per plant respectively). The samples of STH-346, Lyubava odes'ka and Simval (standard – 42.7 g) had the highest weight of 1000 kerns (45.0 - 46.2 g). On average of three years the ear grain content of the varieties Sakwa, Ukrainkaodes'ka, Tsyghanka, Kanveer, Oda, Simval, Sjuita was 38.0-50.2 pcs., in the standard – 32.1 pcs. Undersized varieties (66-80 cm) Dar Zernograda, Donskoy Mayak, Rostovchanka 7, Zernogradka 10, STH-346, Nutka, Nurnia, Ivanivs'kaostista, Kyivs'kaostista, Lyubava odes'ka, Sjuita, Uzljot, Culver were selected. They formed an above-average yield experimentally, so they can be used as a valuable initial material for breeding winter soft wheat owing to combination of short stems and high yields in the conditions of the Middle Preduralie.

Key words: winter wheat, VIR collection of plant genetic resources, yield and its structure, overwintering, plant height

References

1. Weissmann E., Yadav R., Seth R., Bhaskar K. Principles of Variety Maintenance for Quality Seed Production.
2. Mitrofanova O. P., Hakimova A. G., Pjukkenen V. P. i dr. Predselekcionnoeizucheniekollekciiipshenicy VIR: rol' v sovremennojselekcii, VII S#ezd Vavilovskogo obshhestvagenetikoviselekcionerov, posvjashhennyj 100-letiju kafedrygenetikiSPbGU, iassociirovannyesimpoziumy, SborniktezisovMezhdunarodnogoKongressa, Sankt-Peterburg, 18–22 ijunja 2019 goda (Pre-breeding study of the VIR wheat collection: role in modern breeding, VII Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders dedicated to the 100th anniversary of the Department of Genetics of St. Petersburg State University), Sankt-Peterburg, OOO "Izdatel'stvo VVM", 2019, p. 172.
3. Khalid M, Amjad I. Study of the genetic diversity of crops in the era of modern plant breeding.
4. Singh K., Kumar S., Subramani R., Singh M., Gupta K. Plant genetic resources management and pre-breeding in genomics era, Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, April 2019.
5. Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Dyomina E.A., Chekmasova K.Yu. Selekcionnajaocenkapriznakamassa 1000 zeren v zasushlivyhuslovijah (Breeding assessment of the trait of the mass of 1000 grains in arid conditions), Uspehisovremenngoestestvoznaniija, 2020, No. 5, pp. 7-12.
6. Tuktarova N. G., Kuryleva A. G., Zhirnyh S. S., Torbina I. V. Ozimyezernovyekul'tury v UdmurtskojRespublike, monografija (Winter grain crops in the Udmurt Republic, monograph), FGBNU Udmurtskij NIISH, Izhevsk, OOO PKF «Bukva», 2017, 124 p.
7. Torbina I. V., Fardeeva I.R. Adaptivnost' kollekcionnyhobrazcovozimjopshenicy k uslovijamSrednegoPredural'ja (Adaptability of winter wheat collection samples to the conditions of the Middle Preduralie), VestnikKazanskogogosudarstvennoagrarogouniversiteta, 2021, T. 16, No. 2(62), p. 43-48.
8. Necvetaev B. P., Necvetaeva O. V. Vyjavlenienasledstvennojizmenchivostizernovyh po zimostjokosti (Identification of hereditary variability of grain crops by winter hardiness), Genetika, 2004, T. 40, No. 11, pp. 1502-1508.
9. Tuktarova N. G. Prichinygibeliozimjopshenicy v UdmurtskojRespublike (Causes of death of winter wheat in the Udmurt Republic), Vestnik Marijskogogosudarstvennogouniversiteta, Serija: Sel'skohozejstvvennyenauki. Jekonomicheskienauki, 2015, T. 1, No. 2(2), pp. 55-59.

10. Tkachenko O.B. Snezhnyepleсени (istorijaizuchenija, vzbuditeli, ihbiologicheskieosobnosti) (Snow molds (history of study, pathogens, their biological characteristics), Moskva, Rossijskajaakademijanauk, 2017, 72 p.
11. Zaharova N.N., Isajchev V.A., Zaharov N.G. Osnovyadaptivnojselekciiozimojmjagkojpshenicy v lesostepiSrednegoPovolzh'ja, monografija (Fundamentals of adaptive breeding of winter soft wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region, monograph). Ul'janovsk, UIGAU, 2022, 216 s.
12. Zaharova N.N., Zaharov N.G. Zimostojkost' ozimojmjagkojpshenicy v lesostepiSrednegoPovolzh'ja (Winter hardiness of winter soft wheat in the forest-steppe of the Middle Volga region), VestnikUl'janovskojgosudarstvennojselekcionnojakademii: nauchno-teoreticheskijzhurnal, Ul'janovsk, UIGAU, 2019, No. 3 (47), pp. 66-71.
13. Suhiih I.S., VavilovaV.Ju., Blinov A.G., Goncharov N.P. Raznoobrazieifenoticheskijskoeffektallelnyhvariantovgenovkorotkostebel'nostiRht u pshenic (Diversity and phenotypic effect of allelic variants of Rxt short stem genes in wheat), Genetika, 2021, Tom 57, No. 2, p. 1-13.
14. Podlesnyh N.V. Osobennostiprohozhenijajetapovorganogeneza, fazrostairazvitija, urozhajnost' ikachestvoozimotverdojijagkojpshenicy v uslovijahlesostepivoronezhskojoblasti (Features of the passage of stages of organogenesis, phases of growth and development, productivity and quality of winter durum and soft wheat in the conditions of the forest-steppe of the Voronezh region), VestnikVoronezhskogogosudarstvennogoagrnogouniversiteta, 2015, No. 3, pp. 12-22.
15. Zaharova N.N., Zaharov N.G., Bisengalieva S.V. Ishodnyj material dljaselekciiozimojmjagkojpshenicyazimostojkost' iurozhajnost' v uslovijahlesostepiSrednegoPovolzh'ja (Source material for breeding winter soft wheat for winter hardiness and productivity in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region), Agrarnyjnauchnyjzhurnal, 2023, No. 2, pp. 36–41.

Сведения об авторах

И.В.Торбина – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник.

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения наук Российской академии наук, 426067 Российская Федерация, г. Ижевск, ул. Татьяны Барамзиной, 34

Information about the author

I.V. Torbina – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher.

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 34, Tatyany Baramzinoi St., Izhevsk, Russia, 426067

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 19.06.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 14.06.2023; approved after reviewing 19.06.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья
УДК 635.21:631.527
doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_53

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ГИБРИД КАРТОФЕЛЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

©2023. Алексей Геннадьевич Тулинов

Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Республика Коми, Россия,
toolalgen@mail.ru

Аннотация. В статье представлена основная информация о новом селекционном достижении Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар) – гибриде картофеля Печорский. Даны его полное описание и комплексная оценка по урожайности, качеству, полевой устойчивости к болезням в сравнении с сортом – стандартом Невский. В период 2008–2021 гг. по итогам завершения селекционного процесса было проведено полное описание гибрида Печорский для передачи его на государственное испытание и включения его в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации. Данный гибрид получен путем контролируемого скрещивания сортов Коскар×Крепыш в ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха (Россия, Московская область, п.г.т. Коренево) под номером 1657-1 и передан в 2008 году Институту агробиотехнологий для дальнейшего селекционного процесса. Описание проводилось на опытном поле института в питомнике динамического испытания в сравнении с районированным среднеранним сортом Невский. Посадку в питомнике динамического испытания осуществляли по схеме 70×30 см на глубину 8–10 см, площадь опытной делянки – 52,5 м² (250 клубней), повторность четырехкратная. Новый гибрид изучался по признакам урожайности, фракционного состава, качества клубней, устойчивости к болезням в течение всего селекционного процесса (2008–2021 гг.). Печорский – среднеранний гибрид картофеля столового назначения. Растение низкое, полураскидистое, клубни овальные, светло-бежевые с белыми глазками и белой мякотью, цветение среднепродолжительное и продолжительное, соцветия компактные с большим количеством цветков, ягоды образует редко. Урожайность до 36,0 т/га, масса клубня 55–70 г (фракционный размер калибровочного квадратного отверстия >35,0 мм и <80,0 мм, согласно ГОСТ 7176-2017), содержание крахмала 17,3%, сухого вещества – 24,1%, витамина С – 9,4 мг%. Полевая устойчивость ботвы и клубней к фитофторозу, ботвы – к альтернариозу, ризоктониозу и клубней – к парше обыкновенной высокая. В результате изучения дана характеристика нового перспективного гибрида картофеля Печорский по основным агрономическим признакам. Гибрид передан на государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, урожайность, качество, устойчивость, болезни, рак, нематода

Введение. Создание сорта картофеля занимает длительное время. В среднем на это уходит 10–12 лет, при этом из 60–80 тысяч исходных гибридных сеянцев до сорта доходят не больше 2–3 [1, 2]. За этот период гибриды

проходят сложный процесс всесторонней оценки по урожайности, качеству и устойчивости к грибным заболеваниям.

Одними из наиболее распространенных патогенов картофеля, поражающих его на всех

этапах жизненного цикла и, как следствие, снижающих урожайность данной культуры в мире, в том числе и в Республике Коми, следует считать фитофтороз (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), альтернариоз (*Alternaria solani* Sorauer.), ризоктониоз (*Rhizoctonia solani* Kühn) и паршу обыкновенную (*Streptomyces scabies* (Thaxter) Waksman et Henrici) [3–7].

Институтом агробιοтехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар) выведен новый столовый гибрид картофеля Печорский, прошедший селекционный процесс под номером 1657-1. Гибрид выведен согласно требованиям, предъявляемым к картофелю для его возделывания в условиях Севера России [8–10]. Сорта, возделываемые в данной климатической зоне, должны быть ранне- и среднеспелыми (срок созревания 70–90 дней), устойчивыми к неравномерному распределению влаги и тепла в период вегетации, резким климатическим перепадам [11]. Большие колебания температуры и влажности отмечаются не только в течение всего летнего полевого сезона, но и в течение суток, что приводит к вспышкам таких заболеваний, как фитофтороз, ризоктониоз и альтернариоз, поэтому устойчивость картофеля к ним является важным хозяйственным показателем [12, 13].

На основании результатов полевых и лабораторных исследований, гибрид Печорский был передан на государственное сортоиспытание (№ 85270/7853559 от 21.11.2021). Гибрид показывает высокую урожайность. Описание гибрида дано в сравнении с принятым для Республики Коми районированным среднеранним сортом – стандартом Невский.

Цель исследований – создание новых сортов картофеля, адаптированных к условиям Севера и Арктического региона России, с высокими показателями по урожайности и качеству.

Задачи исследований – определить раннюю и общую урожайность клубней картофеля, оценить резистентность растений к болезням и вредителям, провести оценку кулинарных качеств.

Методика. Исследования проводили в 2008–2021 гг. на опытном поле Института агробιοтехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар; кадастровый номер участка – 11:05:0104001:115; координаты – 61.661897, 50.762800). Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием в среднем за годы изучения: органического вещества – 6,1–8,2%, гумуса – 3,0–4,0%, рН_{кол.} – 5,6–6,4, Р₂О₅ – 500,0–1090,9 мг/кг, К₂О – 112,5–290,3 мг/кг почвы. Гибрид Печорский получен путем гибридизации в ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха (Россия, Московская область, п.г.т. Коренево) и передан для селекционного процесса в 2008 году под номером 1657-1. В качестве стандарта использовали районированный для Республики Коми (I Северный регион РФ) среднеранний сорт картофеля Невский, в сравнении с которым оценивали и устойчивость гибрида к фитопатогенам [14]. Посадку в питомнике динамического испытания (2013–2021 гг.) осуществляли по схеме 70×30 см на глубину 8–10 см, площадь опытной делянки – 52,5 м² (250 клубней), повторность четырехкратная [15]. Минеральные удобрения вносили во время вспашки в расчете по выносу, исходя из планируемого урожая в 25 т/га (согласно рекомендациям для Северо-Западного региона Российской Федерации) [16]. Следует отметить высокое содержание и накопление подвижных форм фосфора в почвах опытных участков, связанное с неполным использованием его растениями из удобрений на холодных почвах Севера [17].

Учет урожайности и фракционного состава клубней провели на 65-й и 85-й дни после посадки. На 85-й день осуществили полную уборку урожая с последующей закладкой на хранение и химический анализ клубней на содержание сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), крахмала (ГОСТ 26176-91), витамина С (ГОСТ 24556-89), нитратов (МУ 5048-89). Среднюю массу клубня определяли в фракционном размерном диапазоне калибровочных квадратных отверстий >35,0 мм и <80,0 мм (ГОСТ 7176-2017).

Резистентность к болезням (фитофтороз, альтернариоз, ризоктониоз, парша обыкновенная) по ботве и клубням определена согласно балловой шкале: 1 – очень низкая, 3 – низкая, 5 – средняя, 7 – высокая, 9 – очень высокая (в период с 2008 по 2021 гг.). Учет на альтернариозо- и фитофтороустойчивость проводился дважды: при явном поражении ботвы у стандартного сорта и перед уборкой. При определении ризоктонии учитывали растения с симптомами закручивания верхних листьев, антоцианового окрашивания, язв коричневого цвета на столонах и надземных стеблях. Устойчивость клубней к фитофторе, ризоктонии и парше обыкновенной определяли при уборке (визуально) [18].

Дополнительно микробиологическим методом (культивирование образцов в чашках Петри) подтверждали возбудителей заболеваний путем отбора листовых и клубневых проб картофеля при проведении лабораторных исследований. Для определения вида возбудителя использовалась специальная литература [19, 20].

Оценка кулинарных качеств столового картофеля проведена согласно буквенной шкале: А – салатный тип, Б – универсальный тип, С – мучнистый тип, Д – сильно мучнистый тип [18].

Результаты. Печорский – среднеранний гибрид картофеля столового назначения.

Гибрид получен путем контролируемого скрещивания сортов родителей Коскар×Крепыш (рис. 1). Растение низкое (40–50 см) полураскидистое, клубни овальные, светло-бежевые с белыми глазками и белой мякотью, цветение среднепродолжительное и продолжительное, соцветия компактные с большим количеством цветков, ягоды образует редко. По кулинарным качествам гибрид столового назначения, тип С [18] – мучнистый (пригоден для пюре и запекания), для которого характерна средняя развариваемость клубня, мягкая консистенция, и некоторая суховатость. При световой экспозиции в течение 24 часов мякоть отваренного клубня не темнеет.

Урожайность картофеля во многом зависит от количества закладываемых клубней и их фракционного состава. Анализ данного параметра проводили на 65-й (время закладки основного количества клубней) и 85-й (время формирования полного урожая) день после посадки (рис. 2). Новый гибрид в среднем формировал по 10 клубней и их количество в дальнейшем не изменялось, в то время как у стандарта сорта Невский на 65-й день формировалось по 10–12 клубней, а к 85-му дню их количество доходило до 15. При этом масса одного клубня гибрида Печорский на 65-й день составляла почти 30 г, а к 85-му дню – 62 г (НСР₀₅ – 7,5 г), что значительно превосходило стандартный сорт Невский, показатели которого составляли 25 и 41 г соответственно.



Рис 1. Растение гибрида картофеля Печорский в питомнике динамического испытания на 85-й день от посадки

Fig. 1. A plant of the potato hybrid Pechorsky in the dynamic test nursery on the 85th day from planting

Таким образом, если новый гибрид Печорский формировал урожай за счет закладки 10–12 клубней и дальнейшего наращивания их массы в течение последних 20 дней вегетации, то сорт стандарт Невский за весь период роста и развития наращивал как количество клубней, так и их массу. Это важный показатель для северных регионов России и Республики Коми, в

частности, где период между закладкой клубней и их вызреванием в среднем составляет 20 дней. Многолетние исследования показали, что формирование более, чем 12 клубней приводит к снижению товарности будущего урожая [7, 11, 13].

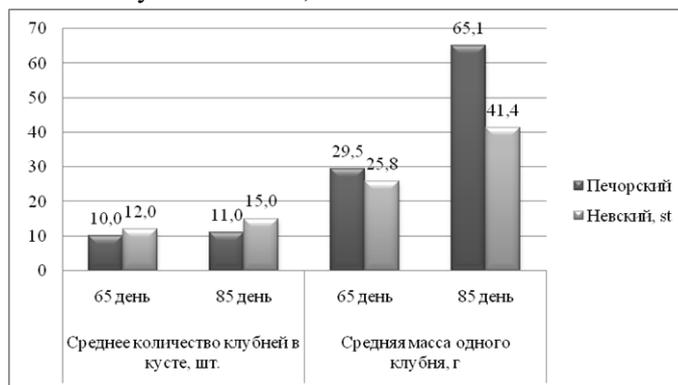


Рис 2. Структура урожая картофеля в питомнике динамического испытания

Fig. 2. Structure of the potato crop in the dynamic test nursery

Общую урожайность картофеля оценивали на 65-й и 85-й день после посадки (рис. 3). К 65-му дню урожайность стандартного сорта была немного выше, но разница была незначительна (0,7 т/га). На 85-й день новый гибрид

Печорский превышал по урожайности стандарт на 4,7 т/га (НСР₀₅ – 2,5 т/га), при этом товарность его клубней за счет их меньшего количества достигала 97%.

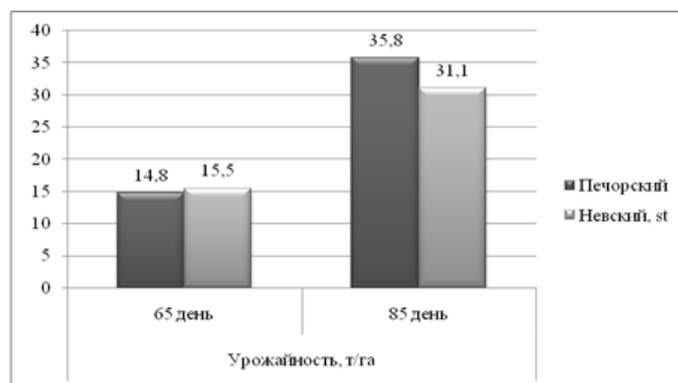


Рис 3. Показатели урожайности картофеля в питомнике динамического испытания

Fig. 3. Potato yield indicators in the dynamic test nursery

Химический анализ клубней проведен после учета полной урожайности (рис. 4). В целом по таким показателям, как содержание в клубнях сухого вещества и крахмала стандарт сорт Невский незначительно превосходил новый гибрид Печорский. Лишь по содержанию

витамина С новому гибриду удалось превзойти стандарт (НСР₀₅ – 0,5 мг%). В целом же гибрид, наравне со стандартным сортом, обладает хорошими показателями качества клубней.

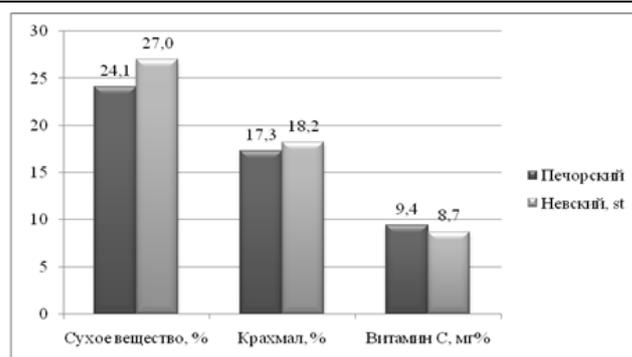


Рис 4. Химический состав клубней картофеля
Fig. 4. The chemical composition of potato tubers

В период всего селекционного процесса (2008–2021 гг.) новый гибрид оценивался на устойчивость к патогенам в сравнении с сортом стандартом Невский, выращиваемым на исследовательских полевых участках. Результаты учетов и наблюдений представлены в таблице 1.

Характеризуя развитие грибковых патогенов в условиях Республики Коми, нужно отметить, что начало развития альтернариоза

происходит на фоне повышенных температур и обильных осадков (в фазу бутонизации – начало цветения картофеля), а избыточная влажность и умеренные температуры во второй половине июля – I декаде августа благоприятствуют началу развития фитофтороза и ризоктониоза [7, 11, 13].

Таблица 1

Устойчивость перспективного гибрида и стандартного сорта картофеля к основным фитопатогенам, в баллах

Фитопатоген	Гибрид Печорский	Сорт Невский
По ботве		
Ризоктониоз	9	5
Фитофтороз	9	5
Альтернариоз	7–9	5–7
По клубням		
Ризоктониоз	9	7
Фитофтороз	9	5
Парша обыкновенная	7	5

У стандарта сорта Невский устойчивость к альтернариозу ботвы составляла 5–7 баллов, у гибрида Печорский – 7–9 баллов. Устойчивость ботвы к фитофторозу и ризоктониозу у сорта – стандарта была ниже и составила 5 баллов, в то время как новый гибрид показал высокую устойчивость к обоим патогенам, оцененную в 9 баллов (отсутствие симптомов). В период уборки проводили оценку клубней по поражаемости паршой обыкновенной и фитофторозом. У гибрида Печорский на 85-й день вегетации не отмечено поражения клубней фитофторозом, а

симптомы парши обыкновенной отмечены только на единичных клубнях – до 1% (балл 7), в то время как у стандарта сорта Невский симптомы парши занимали до 10% поверхности всех клубней (балл 5), а фитофторозом был поражен каждый второй клубень (балл 5). Гибрид Печорский показал высокую устойчивость как по ботве, так и по клубням ко всем основным фитопатогенам. По данным показателям, он значительно превосходит сорт Невский. Итоговая сравнительная характеристика гибрида и сорта стандарта представлена в таблице 2.

Основные хозяйственно ценные признаки картофеля гибрида Печорский

Параметры	Гибрид Печорский	Сорт Невский, стандарт
Морфологические и биологические особенности		
Срок созревания	Среднеранний	Среднеранний
Растение	Полураскидистое, высотой 40–50 см	Прямостоячее, высотой 40–50 см
Форма клубней	Овальные	Округло-овальная
Цвет кожуры клубней	Светло-бежевый	Светло-бежевый
Цвет мякоти	Белая	Кремовая
Количество клубней, шт./куст	10–12	12–15
Товарность, %	97%	80%
Урожайность, т/га	35,8	31,1
Средняя масса клубня, г*	55–70	40–45
Устойчивость клубней к механическим повреждениям	Высокая	Высокая
Химический состав клубней и потребительские качества		
Крахмал, %	17,3	18,2
Сухое вещество, %	24,1	27,0
Витамин С, мг%	9,4	8,7
Нитраты, мг/кг	71	70
Вкус	Хороший	Хороший
Кулинарные качества (тип)	С	С
Потемнение мякоти	отсутствует	отсутствует
Устойчивость к болезням		
Рак картофеля	Устойчив**	Устойчив [14]
Золотистая картофельная нематода	Устойчив**	Не устойчив [14]
Фитофтороз (ботва)	9 баллов	5 баллов
Фитофтороз (клубни)	9 баллов	5 баллов
Парша обыкновенная	7 баллов	5 баллов
Ризоктониоз (ботва)	9 баллов	5 баллов
Ризоктониоз (клубни)	9 баллов	7 баллов
Альтернариоз	7–9 баллов	5–7 баллов
Лежкость при хранении	Высокая	Хорошая

* определена для клубней в фракционном размерном диапазоне калибровочных квадратных отверстий >35,0 мм и <80,0 мм (ГОСТ 7176-2017).

** по результатам государственного испытания научного подразделения ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха «Всероссийский пункт по испытанию сортов на устойчивость к раку и нематоде» (справки № 466, 466/1 от 26.10.2015 и № 370, 370/1 от 27.09.2017).

Выводы. Новый среднеранний гибрид картофеля столового назначения Печорский по показателям урожайности и полевой устойчивости к болезням превосходит сорт стандарт Невский, а по качеству клубней находится с ним на сопоставимом уровне. Гибрид Печорский с урожайностью до 36 т/га и товарностью до 97% характеризуется не только высокой продуктивностью, но также высокой полевой устойчивостью к фитофторозу, альтернариозу, ризоктониозу, парше обыкновенной. Наличие высоких показателей продуктивности и устойчивости к вредным организмам позволяет использовать его в качестве исходного материала в дальнейшей гибридизации при создании сортов, адаптированных к природно-климатическим условиям Севера. Гибрид Печорский передан на государственное сортоиспытание для включения его в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № FUUU-2023-0001, Рег. № НИОКТР 123033000036-5.

Список источников

1. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Гайзатулин А.С. Развитие отечественной селекции и семеноводства картофеля на принципах государственно-частного партнерства // Картофель и овощи. 2021. № 12. С. 3–7. doi: 10.25630/PAV.2021.13.13.001.

2. Silva G.O., Pereira A.S., Azevedo F.Q., Carvalho A.D.F., Pinheiro J.B. Selection of Canadian potato clones for agronomic and frying quality traits // *Horticultura Brasileira*. 2019. № 37. С. 423–428. doi: 10.1590/S0102-053620190410.
3. Ahmad S., Aslam A., Iqbal Z., Ghazanfar M. U., Ahmad I., Ashraf E., Atiq M., Raza W., Muhammad Z. A., Asim M. Different methods used to control early blight of potato in laboratory conditions // *Asian Journal of Biological and Life Sciences*. 2019. № 8(2). С. 76–82.
4. Kaur A., Sharma V., Kumar A. Assessment of late blight resistance in Indian potato cultivars and associated biochemical changes during disease development // *Potato Research*. 2022. № 65. С. 863–879. doi: 10.1007/s11540-022-09553-0.
5. Keijzer P., van Bueren E.T.L., Engelen C.J.M., Hutten R.C.B. Breeding late blight resistant potatoes for organic farming – a collaborative model of participatory plant breeding: the Bioimpuls project // *Potato Research*. 2022. № 65. С. 349–377. doi: 10.1007/s11540-021-09519-8.
6. Тулинов А.Г., Лобанов А.Ю. Вычегодский – новый сорт картофеля для Республики Коми // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. № 182(2). С. 100–106. doi: 10.30901/2227-8834-2021-2-100-106.
7. Зайнуллин В.Г., Юдин А.А., Быков С.А. Картофель. Факторы урожайности: монография. Сыктывкар: ГОУ ВО КРАГСИУ, 2021. 160 с.
8. Сергеева З.Ф., Синцова Н.Ф., Лыскова И.В. Новый сорт картофеля Голубка // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014. № 4(41). С. 18–21.
9. Евдокимова З.З., Калашник М.В. Селекция сортов картофеля для условий Северо-Запада и Европейского Севера РФ // *Аграрная Россия*. 2015. № 4. С. 10–13.
10. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А. Сортосые ресурсы картофеля для целевого выращивания // *Картофель и овощи*. 2017. № 11. С. 24–26.
11. Шморгунов Г.Т., Тулинов А.Г., Конкин П.И., Коковкина С.В., Юдин А.А., Облизов А.В. Развитие агротехнологий повышения продуктивности картофелеводства в условиях Севера: монография. Сыктывкар: ФГБНУ НИИСХ Республики Коми; ГОУ ВО КРАГСИУ, 2016. 127 с.
12. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кузнецова М.А., Пляхневич М.П., Пшеченков К.А., Симаков Е.А., Складорова Н.П., Сташевски З., Усков А.И., Яшина И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Москва: Картофелевод, 2009. 272 с.
13. Шморгунов Г.Т., Тулинов А.Г., Булатова Н.В. Система земледелия Республики Коми: монография. Сыктывкар: ГОУ ВО КРАГСИУ, 2017. 225 с.
14. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Колос, 1979. 416 с.
16. Коршунов А.В. Картофель России. Том 2. М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2003. 324 с.
17. Журбицкий З.И. Влияние внешних условий на минеральное питание растений // *Агробиология*. 1965. № 3. С. 65–75.
18. Симаков Е.А., Складорова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. Москва: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. 70 с.
19. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Москва: Мир, 2001. 468 с.
20. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. Санкт-Петербург: ГНУ ВИЗР Россельхозакадемии, 2011. 71 с.

A PROMISING POTATO HYBRID FOR FOOD INDUSTRY FOR THE KOMI REPUBLIC

©2023. **Aleksei G. Tulinov**

Institute of Agro-Biotechnologies Federal Research Center of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russia, toolalgen@mail.ru

Abstract. The article presents the basic information about the new breeding achievement of the Institute of Agro-Biotechnologies of the Federal Research Center of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Russia, the Republic of Komi, Syktyvkar) – the potato hybrid Pechorsky. Its full description and a comprehensive assessment of yield, quality, field resistance to diseases in comparison with the standard variety Nevsky are given. In 2008–2021, following the completion of the breeding process, a full description of the Pechorsky hybrid was carried out in order to submit it for state testing and put it in the State register of breeding achievements approved for use in the Russian Federation. This hybrid was obtained by controlled crossing of varieties Koskar×Krepysh at the Russian Potato Research Center named after A.G. Lorkh (Russia, Moscow region, urban-type

village Korenevo) under the number 1657-1 and transferred in 2008 to the Institute of Agro-Biotechnologies for further breeding process. The description was carried out on the experimental field of the institute in the seed plot of dynamic testing in comparison with the zoned mid-early Nevsky variety. Planting in the dynamic test nursery was carried out according to the scheme 70×30 cm to a depth of 8–10 cm, the area of the experimental plot was 52.5 m² (250 tubers) with four replications. The new hybrid was studied in terms of yield, fractional composition, tuber quality, disease resistance throughout the entire breeding process (2008–2021). Pechorsky is a mid-early hybrid of table potatoes. The potato plant is low, semi-spreading, tubers are oval, light beige with white eyes and white flesh, flowering is medium and long, inflorescences are compact with a large number of flowers, it rarely forms berries. Productivity is up to 36.0 t/ha, tuber weight is 55–70 g (fractional size of the calibration square hole >35.0 mm and <80.0 mm, according to GOST 7176-2017), starch content is 17.3%, dry matter is 24.1%, vitamin C is 9.4 mg%. The field resistance of haulms and tubers to late blight, tops to alternaria and rhizoctoniosis, and tubers to common scab is high. As a result of the study, the characteristics of a new promising potato hybrid Pechorsky were specified according to the main agronomic features. This hybrid was taken for the state variety testing.

Keywords: *Solanum tuberosum*, productivity, quality, sustainability, diseases, wart disease, nematode

Acknowledgement: The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment No. FUUU-2023-0001, Reg. No. SREDTW 123033000036-5.

References

1. Simakov E.A., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Gaizatulin A.S. Razvitiyeotechestvennoy selektsii semenovodstv kartofelyanaprintsipakh gosudarstvenno-chastnogopartnerstva (Development of domestic potato breeding and seed production on the principles of public-private partnership), *Kartofel' i ovoshchi*, 2021, No. 12, pp. 3–7. doi: 10.25630/PAV.2021.13.13.001.
2. Silva G.O., Pereira A.S., Azevedo F.Q., Carvalho A.D.F., Pinheiro J.B. Selection of Canadian potato clones for agronomic and frying quality traits, *Horticultura Brasileira*, 2019, No. 37, pp. 423–428. doi: [10.1590/S0102-053620190410](https://doi.org/10.1590/S0102-053620190410).
3. Ahmad S., Aslam A., Iqbal Z., Ghazanfar M. U., Ahmad I., Ashraf E., Atiq M., Raza W., Muhammad Z. A., Asim M. Different methods used to control early blight of potato in laboratory conditions, *Asian Journal of Biological and Life Sciences*, 2019, No. 8(2), pp. 76–82.
4. Kaur A., Sharma V., Kumar A. Assessment of late blight resistance in Indian potato cultivars and associated biochemical changes during disease development, *Potato Research*, 2022, No. 65, pp. 863–879. doi: 10.1007/s11540-022-09553-0.
5. Keijzer P., van Bueren E.T.L., Engelen C.J.M., Hutten R.C.B. Breeding late blight resistant potatoes for organic farming – a collaborative model of participatory plant breeding: the Bioimpuls project, *Potato Research*, 2022, No. 65, pp. 349–377. doi: 10.1007/s11540-021-09519-8.
6. Tulinov A.G., Lobanov A.Yu. Vyehodskiy – novyy sort kartofelyadlya Respubliki Komi (Vyehodsky: a new potato cultivar for the Republic of Komi), *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2021, No. 182(2), pp. 100–106. doi: [10.30901/2227-8834-2021-2-100-106](https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-100-106).
7. Zajnullin V.G., Yudin A.A., Bykov S.A. *Kartofel'. Faktoryurozhajnosti: monografiya* (Potato. Yield factors: monograph), Syktyvkar, GOU VO KRAGSiU, 2021, 160 p.
8. Sergeeva Z.F., Sintsova N.F., Lyskova I.V. Novyy sort kartofelya Golubka (A new potato variety Golubka), *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2014, No. 4(41), pp. 18–21.
9. Evdokimova Z.Z., Kalashnik M.V. Selektsiya sortov kartofelyadlya usloviy Severo-Zapadai Evropeiskogo Severa RF (Selection of potato varieties for the climatic conditions of the North-West and the European North of the Russian Federation), *Agrarnaya Rossiya*, 2015, No. 4, pp. 10–13.
10. Simakov E.A., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A. Sortovyeresursy kartofelyadlyatselevogovyrashchivaniya (Varietal resources of potato for targeted cultivation), *Kartofel' i ovoshchi*, 2017, No. 11, pp. 24–26.
11. Shmorgunov G.T., Tulinov A.G., Konkin P.I., Kokovkina S.V., Yudin A.A., Oblizov A.V. Razvitiye agrotekhnologii i povysheniya produktivnosti kartofelevodstva v usloviyakh Severa: monografiya (The development of agricultural technologies to increase the productivity of potato growing in the North: a monograph), Syktyvkar, FGBNU NIISKh Respubliki Komi, GOU VO KRAGSiU, 2016, 127 p.
12. Anisimov B.V., Belov G.L., Varitsev Yu.A., Elanskii S.N., Zhuromskii G.K., Zavriev S.K., Zeiruk V.N., Ivanyuk V.G., Kuznetsova M.A., Plyakhnevich M.P., Pshechenkov K.A., Simakov E.A., Sklyarova N.P., Stashevski Z., Uskov A.I., Yashina I.M. *Zashchita kartofelya ot bolezney, vreditel'nykh osornyakov* (Protection of potatoes from diseases, pests and weeds), Moscow, Kartofelevod, 2009, 272 p.
13. Shmorgunov G.T., Tulinov A.G., Bulatova N.V. Sistema zemledeliya Respubliki Komi: monografiya (Farming system of the Komi Republic: monograph), Syktyvkar, GOU VO KRAGSiU, 2017, 225 p.

14. Gosudarstvennyireestrseleksionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenii (ofitsial'noe izdanie) (State register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. «Plant varieties» (official edition)), Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021, 719 p.
15. Dospekhov B.A. Metodikapolevogoopyta s osnovamistatisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniia (Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results), Moscow, Kolos, 1979, 416 p.
16. Korshunov A.V. Kartofel' Rossii. Tom 2 (Potatoes in Russia. Volume 2), Moscow, LLC «Redaktsiyazhurnal «Dostizheniya nauki i tekhniki APK», 2003, 324 p.
17. Zhurbitskii Z.I. Vliyaniye vneshnikh usloviin amineral'noe pitaniye rastenii (The influence of environmental conditions on the mineral nutrition of plants), Agrokimiya, 1965, No. 3, pp. 65–75.
18. Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M. Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selektsionnogo protsessakartofelya (Methodical instructions on the technology of selection process of potato), Moscow, OOO «Redaktsiyazhurnal «Dostizheniya nauki i tekhniki APK», 2006, 70 p.
19. Satton D., Fotergill A., Rinaldi M. Opredelitel' patogennykh i slovnopatogennykh gribov (The determinant of pathogenic and opportunistic fungi). Moscow, Mir, 2001, 468 p.
20. Gannibal F.B. Monitoring al'ternariozov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i identifikatsiya gribov roda Alternaria. Metodicheskoe posobie (Monitoring of Alternariosis of agricultural crops and identification of fungi of the genus Alternaria. Methods handbook), Saint Petersburg, GNU VIZR Rossel'khozakademii, 2011, 71 p.

Сведения об авторах

А.Г. Тулинов – канд. с.-х. наук, научный сотрудник.

Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 167023

toolalgen@mail.ru

Information about the author

A.G. Tulinov – Cand. Agr. Sci., Researcher.

Institute of Agro-Biotechnologies Federal Research Center of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheinaya St., Syktyvkar, Komi Republic, Russia, 167023

toolalgen@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 16.05.2023; одобрена после рецензирования 26.08.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 16.05.2023; approved after reviewing 26.08.2023; accepted for publication 04.09.2023

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Научная статья

УДК 637.5'64.05:619:614.71

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_62

АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СВИНЕЙ, ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ПИЩЕВЫЕ КАЧЕСТВА МЯСА

©2023. Елена Николаевна Барзанова¹, Павел Николаевич Щербаков²,
Ксения Вадимовна Степанова^{3✉}

^{1,2,3} Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия,

³ deratizator@bk.ru

Аннотация. Представлена оценка влияния биологического деструктора навоза Микрозим на процессы образования и поступления токсичных газов в газозооветеринарное пространство в результате разложения органических азотобразующих веществ в условиях свиноводческих помещений; представлены данные химического состава мышечной ткани откормочных поросят. Исследование проводилось в условиях крупного свиноводческого комплекса Челябинской области, принадлежащего 4-му компартменту. В ходе эксперимента были сформированы опытная (n=1008) и контрольная (n=1198) группы с учётом возраста и живой массы свиней в период после отъема. Животные в период эксперимента имели одинаковые условия содержания и кормления. Биологический деструктор Микрозим был добавлен единожды в навозные ванны, навозоудаление осуществлялось один раз в две недели. Для определения концентрации газов аммиака и сероводорода использовали газоанализатор, измерение проводили на всех этапах выращивания товарного молодняка. В результате опыта было установлено, что добавление в навозные ванны свинарников деструктора снижало в воздухе опытного свинарника, по сравнению с контрольным, концентрацию аммиака и сероводорода на 30,17 - 41,79 и 13,99 - 50,48%. В мышечной ткани туш, полученных из опытных секций, количество влаги было меньше, в то же время количество сухого вещества превосходило своих контрольных аналогов на 3,64 %. Химический состав мышечной ткани показал, что существенные различия между группами были обнаружены только по содержанию сырого протеина. Наибольшее содержание сырого протеина показала опытная группа – на 3,01 %, что статистически достоверно (p<0,001).

Ключевые слова: свиньи, аммиак, токсиканты, оксигенация, мышечная ткань, пищевая ценность, деструкторы

Введение. Одной из причин сдерживания роста продуктивности животных – это несоблюдение параметров микроклимата. В настоящее время в отечественном свиноводстве ведётся целенаправленная работа по внедрению новых технологий содержания животных.

Создание и поддержание оптимальной окружающей среды является одним из резервов совершенствования технологии содержания животных и повышения экономической эффективности предприятия [1].

Среди факторов микроклимата, оказывающих влияние на жизнедеятельность животных, важное место занимает газовый состав вдыхаемого воздуха. Основным источником поступления токсичных газов в воздушное пространство свиноводческих комплексов является гнилостное разложение органических азотобразующих веществ (мочи, кала), выделяемых животными [2].

При продолжительном вдыхании воздуха с повышенной концентрацией аммиака (ПДК для откормочных свиней составляет 20 мг/м³), токсичный газ снижает содержание гемоглобина, вследствие чего возникает кислородное голодание [3]. В условиях снижения оксигенации тканей, когда нарушаются окислительно-восстановительные реакции в цикле Кребса, идет снижение синтеза белка [4], в результате чего не реализуется генетический потенциал роста свиней.

По мнению Л.А. Джигола, В.В. Шакировой, О.С. Садомцевой, М.В. Мажитовой серо-содержащие токсиканты, снижая оксигенацию тканей, блокируют SH-группы, поддерживающие структуру белковой молекулы, при этом нарушается агрегатное состояние и целостность мембран, что существенно влияет на интенсивность роста и качество мяса [5, 6, 7].

В сложившихся условиях, когда производитель крупных свиноводческих комплексов стремится к повышению рентабельности путем увеличения поголовья на производственных площадках, создаются условия избыточного поступления токсических газов (аммиака и сероводорода) во вдыхаемый воздух. На этом фоне особую актуальность в организации технологического процесса приобретает создание комфортной газовой среды в помещении свинарников. Поэтому целью нашей работы было изучить возможность из-

менения качества мяса путём изменения состава газовой среды животноводческих помещений.

Для решения поставленной цели было необходимо:

- определить влияние биологического деструктора на количество токсических газов (аммиак и сероводород) в воздушном пространстве свиноводческих помещений;

- определить влияние снижения количества токсических газов в воздушном пространстве свиноводческих помещений на химический состав мяса в тушах откормочного молодняка.

Методика. Исследование проведено на одном из свинокомплексов Челябинской области, специализирующимся на выращивании товарного молодняка. В условиях свиноводческого комплекса была сформирована опытная (n=1008) и контрольная (n=1198) группы после отъёма поросят по принципу пар-аналогов с учётом возраста и живой массы, трехфазная технология содержания животных. Микроклимат в свиноводческих помещениях поддерживался при помощи приточно-вытяжной вентиляции, температура воздуха в помещениях в зависимости от периода выращивания молодняка, держалась на уровне 21-23⁰С.

Пол в клетках щелевой, что обеспечивает возможность удаления навоза в навозные ванны, расположенные под полом и автоматически опорожняющиеся 1 раз в две недели. В навозные ванны под клетками поросят опытной группы однократно был внесён биологический деструктор Микрозим из расчёта 10 г на 1м³ жидкого навоза. Препарат состоит из смеси бактерий, которые при попадании во влажную среду активно размножаются за счет использования органических азотсодержащих соединений экскрементов животных.

Концентрацию аммиака и сероводорода в воздухе свиноводческих помещений определяли многоканальным газоанализатором «Комета-М» (Россия). Отбор проб воздуха проводился на расстоянии 5-10 см от щелевого пола, что соответствует уровню дыхания свиней в состоянии «лежа». Отбор проводили один раз

в три дня в соответствии с ГОСТ Р ИСО 16000-1 2007. Результат выражали в виде средней величины за период первого и второго доращивания, откорма.

Химический анализ мяса проводился в лаборатории ЮУрГАУ по общепринятым методикам. В мясе определяли: массовую долю сырого протеина по ГОСТ 25011-2017, массовую долю сырого жира – по ГОСТ 23042-2015, массовую долю сырой золы – по ГОСТ 31727-2012, сухое вещество определяли по ГОСТ 33319-2015.

Результаты. По данным авторов Е.П. Колеватых, Л.В. Пилип, Н.В. Сырчиной, В.А. Козволина, Т.Я. Ашихмина (2022), основным источником поступления запахообразующих и токсических веществ в воздушное пространство свиноводческих комплексов является микробиологическое разложение органических компонентов, содержащихся в животноводческих отходах [8, 9, 10, 11, 12].

Результаты наших исследований показали, что концентрация аммиака в воздухе свиноводческих помещений постепенно увеличивалась. Прирост уровня газа в свинарнике во весь период выращивания контрольной группы составил 5,18 раза ($P \leq 0,05$), опытной – 4,32 раза ($P \leq 0,05$). Следовательно, по мере роста и развития животных увеличивалось выделение в окружающую среду экскрементов из их организма, тем самым увеличивая образование и выделение аммиака и сероводорода в газозагрязненное пространство свинарника.

Сравнительный анализ свинарников опытной и контрольной групп по концентрации аммиака в воздухе показал, что добавление в навозные ванны биологического деструктора Микрозим способствовало снижению уровня газа в периоды выращивания свиней на 30,17 - 41,79% ($P \leq 0,05$). При этом различия между группами увеличивались по мере роста и развития животных. Концентрация аммиака в воздухе свиноводческих помещений в

периоды доращивания поросят, независимо от группы, была меньше ПДК в 2,92-4,60 раза, в опытной группе в период откорма показатели не превышали предельно допустимых значений.

Объем и состав выделяемых в атмосферу продуктов разложения зависит от видового состава микробиоты, населяющей органические отходы, накапливающиеся в навозных ваннах [14, 15, 16].

При сравнительном анализе воздуха свинарников опытной и контрольной групп в ходе выращивания молодняка свиней не было выявлено превышение ПДК по содержанию сероводорода, он был меньше ПДК в 2,91-9,25 раза. Однако в условиях добавления биодеструктора навоза в навозные ванны выделение сероводорода в окружающую среду снижалось на всем протяжении технологического цикла в среднем на 71,62%.

В работе Н.В. Сычина, Л.В. Пилип (2021) отмечено, что эмиссия сероводорода из свиных навозных стоков сопряжена с активностью анаэробных бактерий [13]. Поэтому мы предполагаем, что внесение в навозные ванны биологического деструктора ингибировало процессы жизнедеятельности данных микроорганизмов, способствуя снижению их способности продуцировать сероводород. По словам С.А. Грикшас, Г.А. Фуникова, М.Р. Аббасова, Н.С. Губановой, «...в обеспечении населения страны мясопродуктами особое место отводится свинине, которая характеризуется высокой биологической и пищевой ценностью» [10]. По данным Р.Г. Исхакова, В.И. Левахина, Е.А. Ахмулдинова, В.И. Швиндт, химический состав мяса не обладает постоянством, а изменяется под влиянием различных факторов, в том числе под действием зоотехнических и санитарно-гигиенических показателей [9]. Химический состав мышечной ткани молодняка свиней представлен в таблице 1.

Химический состав мышечной ткани молодняка свиной

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Сухое вещество,%	31,04±0,46	34,68±0,64*
Влага,%	68,96±1,00	65,32±0,31*
Сырой протеин,%	16,70±0,52	19,71±0,67***
Сырой жир, %	12,52±0,36	12,70±0,09
Сырая зола, %	1,10±0,04	1,4±0,43

Данные таблицы свидетельствуют, что наивысшее содержание влаги было отмечено в контрольной группе, а наибольшее количество сухого вещества – в опытной группе разница составила 3,64 % (p<0,06). Наибольшее содержание сырого протеина показывает опытная группа на 3,01 %, что статистически достоверно (p<0,001).

Выводы. Основываясь на результатах опыта, мы приходим к выводам, что внесение биологического деструктора привело к уменьшению выделения аммиака и сероводорода в газовой среде свиноводческого помещения, а в свою очередь изменение смеси вдыхаемого воздуха отразилось на химическом составе мышечной ткани опытной группы откормочных поросят.

Список источников

1. Базыкин В. И., Трифанов А. В. Минимизация негативного воздействия свиноводческих предприятий на окружающую среду // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 6 (10), ч. 1. С. 22-25.
2. Буевров А. О. Аммиак как нейро- и гепатотоксин: клинический аспект // Медицинский совет. 2015. № 13. С. 80-85.
3. Родин В. И., Яремчук В. П., Расторгуева П. С., Кужда И. И., Хоменец Н. Г. Влияние факторов внешней среды на состояние здоровья и продуктивность крупного рогатого скота // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агротехника и животноводство, 2012. № 2. С. 62-73.
4. Щербаков П. Н., Щербаков Н. П., Щербакова Т. Б., Степанова К. В. Воздействие токсичных газов на организм телят при холодном методе выращивания // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 16 (179). С. 90-101.
5. Джигола Л. А., Шакирова В. В., Садомцева О. С. Токсическое воздействие серы и ее производных на организм человека // Астраханский вестник экологического образования. 2019. № 1 (49). С. 152-160.
6. Шкуратова И. А., Соколова О. В., Рясосова М. В., Порываева А. П., Петропавловский М. В. Научное обеспечение ветеринарной безопасности на территории Уральского региона // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2020. № 2. С. 10-16.
7. Щербаков П., Абдыраманова Т., Щербакова Т., Степанова К. Метод снижения концентрации аммиака в микроклимате помещений для телят // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2021. № 2. С. 53-57.
8. Терентьев Ю. Н., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Пилип Л. В. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 113-120. DOI 10.25750/1995-4301-2019-2-113-120.
9. Исхаков Р. Г., Левахин В. И., Ажмулдинов Е. А., Швиндт В. И. Мясная продуктивность и качество мяса бычков различных генотипов в условиях промышленной технологии // Технология производства, качества продукции и экономики в мясном скотоводстве. 2013. № 2 (80). С. 57-61.
10. Грикшас С. А., Фуников Г. А., Аббасов М. Р., Губанова Н. С. Качество и технологические свойства мяса свиной канадской селекции // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5 (123). С. 36-39.
11. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Влияние подкисления на эмиссию сероводорода в органических отходах свиномкомплексов // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 102-106. DOI 10.24412/1728-323X-2021-4-102-106.
12. Трифанов А. В., Базыкин В. И., Ильин Р. М. Исследование параметров микроклимата в свинарнике // АгроЭко-Инженерия. 2021. № 1 (106). С. 107-118. DOI 10.24411/2713-2641-2021-10283.
13. Колеватых Е. П., Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Козвонин В. А., Ашихмина Т. Я. Трансформация микробиоты отходов животноводства под влиянием химических реагентов для устранения запаха // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 159-165. DOI 10.25750/1995-4301-2022-4-159-165.
14. Krempa N. U., Demchuk M. V. Microclimate and efficiency of ventilation system in the reconstructed space pigstran-sition and winter // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2012. Vol. 14, No. 2-3 (52). P. 83-87.
15. Kupina Z. P. Zoogigianichna basis ventilation heating in placing for pigs // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2009. Vol. 1. No. 2-4 (41). P. 121-126.
16. Сколздра С. В., Чайковский Б. П. Энергетичний розрахунок системи місцевого комбінованого електрообігріву свинарника-маточника // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2009. Vol. 11. No. 2-5(41). P. 100-104.

ADAPTIVE TECHNOLOGY OF PIG BREEDING, ITS INFLUENCE ON THE NUTRITIONAL QUALITIES OF MEAT

©2023. Elena N. Barzanova¹, Pavel N. Shcherbakov², Ksenia V. Stepanova³✉

^{1,2,3,4}South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

¹deratizator@bk.ru

Abstract. An assessment of the effect of the biological manure destructor Microzim on the formation and entry of toxic gases into the gas-air space as a result of the decomposition of organic nitrogen-forming substances in pig-breeding premises is presented; data on the chemical composition of the muscle tissue of feeder piglets are presented. The study was conducted in the conditions of a large pig breeding complex of the Chelyabinsk region, belonging to the 4th compartment. During the experiment, experimental (n=1008) and control (n=1198) groups were formed, taking into account the age and live weight of pigs after weaning. The animals had the same housing and feeding conditions throughout the entire experiment. The biological destructor Microzim was added once to the manure tubs, manure was removed once every two weeks. To determine the concentration of ammonia and hydrogen sulfide gases, a gas analyzer was used, the measurement was carried out at all stages of growing marketable young animals. As a result of the experiment, it was found that the addition of a destructor to the manure tubs in piggeries reduced the concentration of ammonia and hydrogen sulfide in the air of the experimental piggery, compared with the control one, by 30.17 - 41.79 and 13.99 - 50.48%. In the muscle tissue of carcasses obtained from experimental sections, the amount of moisture was less, at the same time, the amount of dry matter exceeded its control analogues by 3.64%. The chemical composition of the muscle tissue showed that significant differences between the groups were found only in the content of crude protein. The highest crude protein content was shown by the experimental group at 3.01%, which is statistically significant ($p < 0.001$).

Key words: pigs, ammonia, toxicants, oxygenation, muscle tissue, nutritional value, destructors

References

1. Bazykin V. I., Trifanov A. V. Minimizacija negativnogo vozdejstvija svinovodcheskih predpriyatij na okruzhajushhuyu sredu (Minimization of the negative impact of pig-breeding enterprises on the environment), *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2018, No. 6 (10), ch. 1, pp. 22-25.
2. Bueverov A. O. Ammiak kak nejro-i gepatotoksin: klinicheskij aspekt (Ammonia as a neuro- and hepatotoxin: clinical aspect), *Medicinskij sovet*, 2015, No. 13, pp. 80-85.
3. Rodin V. I., Jaremchuk V. P., Rastorgueva P. S., Kuzhda I. I., Homenec N. G. Vlijanie faktorov vneshnej sredy na sostojanie zdorov'ja i produktivnost' krupnogo rogatogo skota (Influence of environmental factors on the state of health and productivity of cattle), *Vestnik rossijskogo universiteta družby narodov. Serija : Agronomija i zhivotnovodstvo*, 2012, No. 2, pp. 62-73.
4. Shherbakov P. N., Shherbakov N. P., Shherbakova T. B., Stepanova K. V. Vozdejstvie toksichnyh gazov na organizm teljat pri holodnom metode vyrashhivaniya (Effect of toxic gases on the body of calves with the cold method of rearing), *Izvestija sel'skohozjajstvennoj nauki Tavridy*, 2018, No. 16 (179), pp. 90-101.
5. Dzhigola L. A., Shakirova V. V., Sadomceva O. S. Toksicheskoe vozdejstvie sery i ee proizvodnyh na organizm cheloveka (Toxic effects of sulfur and its derivatives on the human body), *Astrahanskij vestnik jekologicheskogo obra-zovanija*, 2019, No. 1 (49), pp. 152-160.
6. Shkuratova I. A., Sokolova O. V., Rjaposova M. V., Poryvaeva A. P., Petropavlovskij M. V. Nauchnoe obespechenie veterinarnoj bezopasnosti na territorii Ural'skogo regiona (Scientific provision of veterinary safety in the Ural region), *Izvestija Nacional'noj Akademii nauk Kyrgyzskoj Respubliki*, 2020, No. 2, pp. 10-16.
7. Shherbakov P., Abdyramanova T., Shherbakova T., Stepanova K. Metod snizhenija koncentracii ammiaka v mikroclimate pomeshhenij dlja teljat (Method of reducing the ammonia concentration in the microclimate of calf rooms), *Veterinarija sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh*, 2021, No. 2, pp. 53-57.
8. Syrchina N. V., Pilip L. V., Kolevatyh E. P. Regulirovanie jemissii zapohobrazujushhijh veshhestv iz navoznyh stokov (Regulation of the emission of odor-forming substances from manure), *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija*, 2019, No. 2, pp. 113-120.

9. Ishakov R. G., Levahin V. I., Azhmuldinov E. A., Shvindt V. I. Mjasnaja produktivnost' i kachestvo mjasa bychkov razlichnyh genotipov v uslovijah promyshlennoj tehnologii (Meat productivity and meat quality of gobies of different genotypes under industrial technology), *Tehnologija proizvodstva, kachestva produkcii i jekonomiki v mjasnom skotovodstve*, 2013, No. 2 (80), pp. 57-61.

10. Grikshas S. A., Funikov G. A., Abbasov M. R., Gubanova N. S. Kachestvo i tehnologicheskie svojstva mjasa svinej kanadskoj selekcii (Quality and technological properties of Canadian-selected pig meat), *Agrarnyj vestnik Urala*, 2014, No. 5 (123), pp. 36-39.

11. Syrchina N. V., Pilip L. V. Vlijanie podkisljenja na jemissiju serovodoroda v organicheskikh othodah svinokom-pleksov (Effect of acidification on the emission of hydrogen sulfide in organic waste of pig farms), *Problemy region-al'noj jekologii*, 2021, No. 4, pp. 102-106.

12. Trifanov A. V., Bazykin V. I., Il'in R. M. Issledovanie parametrov mikroklimate v svinarnike (Study of microclimate parameters in a pigsty), *AgroJekoInzhenerija*, 2021, No. 1 (106), pp. 107-118.

13. Kolevatyh E. P., Pilip L. V., Syrchina N. V., Kozvonin V. A., Ashihmina T. Ja. Transformacija mikrobioty othodov zhivotnovodstva pod vlijaniem himicheskikh reagentov dlja ustranjenja zapaha (Transformation of the microbiota of an-imal waste under the influence of chemical reagents to eliminate odor), *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija*, 2022, No. 4, pp. 159-165.

14. Krempa N. U., Demchuk M. V. Microclimate and efficiency of ventilation system in the reconstructed space pig-stran-sition and winter, *Naukovij visnik L'vivs'kogo nacional'nogo universitetu veterinarnoї medicini ta biotehnologij imeni S.Z. Izhic'kogo*, 2012, Vol. 14, No. 2-3 (52), pp. 83-87.

15. Kupina Z. P. Zoogigianichna basis ventilation heating in placing for pigs, *Naukovij visnik L'vivs'kogo nacional'nogo universitetu veterinarnoї medicini ta biotehnologij imeni S.Z. Izhic'kogo*, 2009, Vol. 11, No. 2-4 (41), pp. 121-126.

16. Skolozdra S. V., Chajkovsk'ij B. P. Energetic heating of the system of combined electric heating of the mother pigsty, *Naukovij visnik L'vivs'kogo nacional'nogo universitetu veterinarnoї medicini ta biotehnologij imeni S.Z. Izhic'kogo*, 2009, Vol. 11, No. 2-5 (41), pp. 100-104.

Сведения об авторах

Е.Н. Барзанова¹ – преподаватель;

П.Н. Щербakov² – д-р ветеринар. наук, доцент;

К.В. Степанова^{3✉} – канд. биол. наук.

^{1,2,3} ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет, г.Троицк, Челябинская область, ул. им. Ю.А. Гагарина, д. 13

¹ [lenabarzanova@mail.ru](mailto:enabarzanova@mail.ru)

² scherbakov_pavel@mail.ru

³ deratizator@bk.ru

Information about the authors

E.N. Barzanova¹ – Lecturer;

P.N. Shcherbakov² – Dr. Vet. Sci., Associate Professor;

K.V. Stepanova^{3✉} – Associate Professor.

^{1,2,3} South Ural State Agrarian University, 13, Yu.A. Gagarina St., Troitsk, Chelyabinsk region, Russia

¹ [lenabarzanova@mail.ru](mailto:enabarzanova@mail.ru)

² scherbakov_pavel@mail.ru

³ deratizator@bk.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 05.05.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 14.03.2023; approved after reviewing 05.05.2023; accepted for publication 04.09.2023

ЦИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕЙТРОФИЛОВ КРОВИ В ОЦЕНКЕ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ КОРОВ К ЛЕЙКОЗНОЙ ИНФЕКЦИИ

©2023. Евгений Алексеевич Вишневецкий¹, Василий Сергеевич Власенко^{2✉},

Евгений Степанович Борисов³, Татьяна Сергеевна Дудолодова⁴

^{1,2,3,4}Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

²vvs-76@list.ru

Аннотация. По результатам диагностических исследований крупного рогатого скота из неблагополучного по лейкозу хозяйства в реакции иммунной диффузии (РИД) и полимеразной цепной реакции (ПЦР) из 20 голов сформировали 3 группы: нереагирующие в РИД и ПЦР (n=3), реагирующие в РИД и ПЦР (n=10) и носители провирусной ДНК вируса лейкоза (n=7). У всех животных цитохимическим методом произвели оценку ферментной активности миелопероксидазы (МПО) и содержания катионных белков (КБ) нейтрофилов крови, учитывая процент клеток с высокой, средней и низкой активностью гранул с последующим подсчётом суммарного показателя – среднего цитохимического коэффициента (СЦК). Установлено, что у коров, имеющих положительную реакцию в РИД и ПЦР, регистрировали наименьшее число нейтрофилов с высокой активностью гранул с КБ и МПО и, как следствие, низкий СЦК КБ и СЦК МПО, соответственно 0,81 и 1,51. У ПЦР-позитивных, напротив, в мазках крови обнаруживали преимущественно высокоактивные клетки, при этом у некоторых индивидумов их количество было выше, чем у интактных животных. Обработка цитохимических показателей, с помощью дискретно-динамического анализа позволила выявить значимые сочетания параметров, с помощью которых можно провести дифференциацию коров с нарушением иммунной функции нейтрофилов. В частности, среди животных, реагирующих одновременно в РИД и ПЦР, функциональная недостаточность нейтрофилов установлена во всех случаях, а у реагирующих только в ПЦР, – только у 71,4% голов крупного рогатого скота. Выявленную дисфункцию у 66,66% нереагирующих животных можно рассматривать как предрасположенность к лейкозной инфекции.

Ключевые слова: лейкоз, крупный рогатый скот, нейтрофилы, миелопероксидаза, катионные белки, дискретно-динамический анализ

Введение. Одной из наиболее экономически значимых инфекционных болезней в молочном скотоводстве многих государств мира является лейкоз крупного рогатого скота [1-4], который, как свидетельствуют многочисленные исследования разных ученых, сопровождается сбоями в работе иммунной системы, в том числе нарушениями деятельности нейтрофилов, первыми мигрирующими в очаг инфекции и являющимися важнейшим компонентом врожденной иммунной защиты [5-8].

Для выполнения эффекторных функций нейтрофилы в значительной степени снабжены арсеналом токсических антимикробных средств (антимикробные пептиды и литические ферменты), хранящихся в разных типах гранул, которые имеют различия, в зависимости от содержания в них белка и синтеза во время гранулопоэза [9]. Основные врожденные функции нейтрофилов включают дегрануляцию, фагоцитоз и образование внеклеточной ловушки нейтрофильных клеток, главными

компонентами которой являются бактерицидные белки – миелопероксидаза, эластаза и дефензины, именуемые также катионными белками [10].

Дефекты в работе антимикробных систем нейтрофилов приводят к резкому снижению резистентности организма. В содержании микробицидных компонентов нейтрофилов крови у молодняка крупного рогатого скота разного возраста при лейкозной инфекции характерны существенные различия, характеризующиеся их активизацией на начальном этапе заражения и дальнейшим подавлением при прогрессировании болезни [11]. Учитывая неодинаковую реакцию организма животных, у которых в период от момента инфицирования до появления противовирусных антител происходит выраженная активизация бактерицидных систем нейтрофилов, а с развитием болезни, напротив, угасание их деятельности, весьма полезным инструментом для прогнозирования предрасположенности к заболеванию, а также дифференциации инфицированных от здоровых животных может служить математическое моделирование.

В связи с этим целью настоящей работы стало исследование показателей ферментной (миелопероксидаза) и неферментной (катионные белки) активности крупного рогатого скота из неблагополучного по лейкозу стада с помощью дискретно-динамического анализа.

Методика. Выявление носителей вируса лейкоза осуществляли с помощью реакции иммунодиффузии (РИД), обнаружение провирусной ДНК вируса лейкоза – полимеразной цепной реакцией (ПЦР) с использованием коммерческих наборов российского производства (ФКП «Курская биофабрика – фирма «Биок»; ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора) согласно инструкции по применению комплектов реагентов.

Аmplификацию осуществляли на анализаторе-термоциклере для детекции нуклеиновых кислот методом ПЦР в реальном времени ICycler iQ5 (BioRad, США).

Объектом исследования являлся клинически здоровый крупный рогатый скот чёрно-

пёстрой породы в возрасте от 3-х до 5-и лет, массой от 510 до 530 кг, принадлежащий сельскохозяйственному формированию Омской области с широким распространением лейкозной инфекции в стаде (более 50% вирусоносителей). На первом этапе исследований было отобрано 20 голов, из числа которых 10 реагировали в РИД, остальные 10 были РИД-негативными. По результатам последующего тестирования крови с помощью ПЦР было установлено 3 категории крупного рогатого скота с разным статусом: реагирующие одновременно в РИД и ПЦР (n=10); реагирующие только в ПЦР (n=7) и не реагирующие в РИД и ПЦР (n=3).

У всех животных оценено функциональное состояние бактерицидных систем нейтрофилов посредством цитохимического анализа катионных белков (КБ) и миелопероксидазы (МПО) в нейтрофилах крови: пробами с бромфеноловым синим по М.Г. Шубичу [12] и с бензидином по Грэхем-Кноллу [13]. При микроскопии мазков учитывали процент фагоцитов по степени активности гранул: малоактивные (единичные гранулы); среднеактивные (не более 50% цитоплазмы заполнено гранулами) и высокоактивные (от 50 до 100% площади цитоплазмы занята гранулами). Итоговый результат выражали в виде среднего цитохимического коэффициента (СЦК) в соответствии со стандартной методикой.

Обработку цифрового материала проводили с помощью дискретно-динамического анализа, автоматизированного разработанной нами компьютерной программой [14].

Результаты. Анализ цитохимических параметров показал, что у коров, реагирующих на оба диагностических теста, число фагоцитов с низкой активностью катионных белков в гранулах варьировало от 5 до 21%, со средней – от 0 до 13%, с высокой – от 9 до 25%, а общий показатель, выраженный в виде СЦК, находился в пределах от 0,47 до 1,08, что в среднем составило 0,81. Параметры ферментной деятельности миелопероксидазы были следующими: клетки с низкой плотностью гранул – от

3 до 11%, средней – от 7 до 17%, высокой от 21 до 48%, СЦК – от 1,04 до 1,90 (в среднем 1,51).

У коров, не реагирующих в РИД и ПЦР, отмечено преобладание клеток с высокой активностью КБ и МПО в гранулах (от 46% до 70%) и, как следствие, у них был значительно выше цитохимический коэффициент. Так, СЦК КБ в среднем составил 1,98, а СЦК МПО – 2,03.

Аналогичная закономерность была характерна и для животных, реагирующих только в ПЦР. У отдельных индивидуумов количество нейтрофилов с высокой активностью

гранул было даже выше (от 71% и выше), чем у РИД-, ПЦР-негативных коров. Высоких значений также достигал СЦК КБ и МПО – 2,09 и 2,03. Полученные результаты могут свидетельствовать о начальной стадии заболевания, которая, как показали наши предыдущие исследования, сопровождается гиперреактивностью антимикробных систем фагоцитов [11].

Результаты оценки функционирования антимикробных компонентов, выраженных в виде СЦК, представлены на рисунке 1.

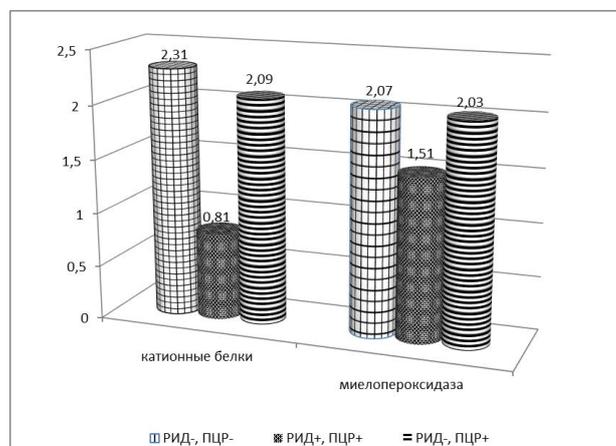


Рис 1. Средние цитохимические коэффициенты у коров с разным статусом по результатам диагностических исследований в РИД и ПЦР

Fig. 1. Average cytochemical coefficients in cows with different status according to the results of diagnostic studies in IDR and PCR

Таким образом, у коров, являющихся одновременно носителями провируса и вируса ВЛКРС, по сравнению с животными, не реагирующими или реагирующими только в ПЦР, отмечено угнетение в нейтрофилах ферментной активности МПО, а также значительное снижение содержания КБ.

На следующем этапе исследований цитохимические показатели (процент мало-, средне-, высокоактивных нейтрофилов и СЦК) подвергли статистической обработке с помощью дискретно-динамического анализа, сущность которого состояла в сортировке по одному из параметров, взятого в качестве базисного, на 3 группы (с минимальными, средними и максимальными значениями), затем – в расчёте сред-

них значений остальных (вариабельных) параметров в группах с минимальными и максимальными величинами и изучении достоверности их различий. При $p < 0,05$ между средними вариабельного параметра в этих группах констатировали наличие взаимосвязи между данными базисного и вариабельного параметров. При этом каждый изучаемый цитохимический параметр брали в качестве базисного. В общей сложности нам удалось выявить из 56 возможных сочетаний 22 достоверных взаимосвязи, из которых наибольшей долей участия обладали КБ-, МПО-высокоактивные клетки, а также СЦК КБ и МПО (табл. 1). Например, СЦК КБ в качестве базисного параметра, имеющего пределы колебаний от 0,47 до 0,88, взаимосвязан с вариабельным вы-

сокоактивным КБ, который варьирует в пределах от 4 до 22%. Установленным величинам этого сочетания, свидетельствующих о наруше-

нии иммунной функции нейтрофилов, соответствовали индивидуальные значения 6-и коров, одновременно реагирующих в РИД и ПЦР.

Таблица 1

Интервалы значений значимых сочетаний базисного и переменного параметров, характеризующих нарушение иммунной функции нейтрофильных гранулоцитов

№ п/п	Сочетание: базис (переменный параметр)	Интервалы значений		Количество животных с функциональным нарушением нейтрофилов
		базис	переменный	
1	СЦК КБ (в/а КБ)	0,47-0,88	4-22	n=17: РИД+, ПЦР+ (n=10); РИД-, ПЦР+ (n=5); РИД-, ПЦР- (n=2)
2	СЦК КБ (СЦК МПО)		1,04-1,90	
3	СЦК КБ (с/а КБ)		2-12	
4	СЦК КБ (в/а МПО)		21-55	
5	СЦК КБ (м/а КБ)		5-21	
6	в/а КБ (СЦК КБ)	4-19	0,47-0,91	
7	в/а КБ (СЦК МПО)		1,04-1,90	
8	в/а КБ (в/а МПО)		21-55	
9	в/а КБ (м/а КБ)		5-21	
10	с/а КБ (СЦК КБ)	0-6	0,47-2,35	
11	с/а КБ (в/а КБ)		9-63	
12	с/а КБ (СЦК МПО)		1,04-2,14	
13	СЦК МПО (СЦК КБ)	1,04-1,65	0,47-1,07	
14	СЦК МПО (в/а МПО)		21-45	
15	СЦК МПО (в/а КБ)		9-22	
16	СЦК МПО (с/а КБ)		2-10	
17	в/а МПО (СЦК МПО)	21-44	1,04-1,76	
18	в/а МПО (СЦК КБ)		0,47-2,37	
19	в/а МПО (в/а КБ)		9-67	
20	в/а МПО (с/а КБ)		2-13	
21	с/а МПО (м/а КБ)		16-24	
22	с/а МПО (в/а МПО)	21-49		

Примечание: в/а – высокоактивные; с/а – среднеактивные; м/а – малоактивные.

Проанализировав аналогичным способом остальные (21) значимые сочетания параметров таблицы 1, нами было установлено функциональное нарушение нейтрофилов у 17 голов крупного рогатого скота, из которых 10 (100%) являлись носителями вируса и провирусной ДНК, 5 (71,4%) – реагировали только в ПЦР и 2 (66,66%) были интактными. Следовательно, статистическая обработка цитохимических показателей с помощью дискретно-динамического анализа позволяет с высокой точностью дифференцировать животных с функциональной напряженностью бактерицидной активности нейтрофилов крови.

Выводы. На основании цитохимических исследований установлено, что в крови интактного крупного рогатого скота от 46 до 70% нейтрофилов имеют высокую активность КБ и МПО в гранулах. У животных, реагирующих в

РИД и ПЦР, наблюдается ослабление деятельности ферментной и неферментной систем нейтрофилов, сопровождающееся снижением числа высокоактивных клеток с КБ до 9% и с МПО до 21%, тогда как у некоторых коров, являющихся только носителями провирусной ДНК вируса лейкоза, их количество поднималось выше 71%.

Дискретно-динамический анализ цитохимических показателей коров неблагополучного по лейкозу стада выявил 22 значимых сочетания, характеризующих нарушение функционального состояния бактерицидных систем нейтрофилов. Функциональная недостаточность нейтрофилов выявлена у 100% инфицированных вирусом лейкоза, 71,4% – носители провирусной ДНК и 66,66% – интактные коровы.

Список источников

1. Гулюкин М.И., Гулюкин А.М., Донченко А.С., Донченко Н.А. и др. Анализ эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота в Сибирском федеральном округе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т.51. №4. С. 67-75.
2. Донник И.М., Гулюкин М.И., Бусол В.А. и др. Лейкоз крупного рогатого скота – диагностика, оздоровление, антропоозонозный потенциал (история вопроса) (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. №2. С. 230-244.
3. Bartlett P.C., Ruggiero V.J., Hutchinson H.C., Droscha C.J. et al. Current developments in the epidemiology and control of enzootic bovine leukosis as caused by bovine leukemia virus // Pathogens. 2020. Vol. 9(12). P. 1058.
4. John E.E., Keefe G., Cameron M., Stryhn H., McClure J.T. Development and implementation of a risk assessment and management program for enzootic bovine leukosis in Atlantic Canada // J. Dairy Sci. 2020. Vol. 103(9). P. 8398-8406.
5. Иванов А.И., Власенко В.С. Применение теста с нитросиним тетразолием для выявления животных с повышенной чувствительностью к лейкозной инфекции // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 4. С. 61-62.
6. Azedo M.R., Massoco C.O., Blagitz M.G., Souza F.N. et al. Metabolismo oxidativo de leucócitos em animais infectados pelo vírus da leucemia bovina // Brazilian Journal of Veterinary Research. 2012. Vol. 49. P. 93-101.
7. Ferronato J.A., Blagitz M.G., Souza F.N., Batista C.F. et al. Avaliação funcional de neutrófilos sanguíneos em vacas leiteiras infectadas pelo vírus da leucemia bovina // In: XII Congresso Brasileiro de Buiatria (Foz do Iguaçu, Brazil). Revista Acadêmica Ciência Animal. 2017. Vol. 15(2). P. 669-670.
8. Lv G., Wang H., Wang J., Lian S., Wu R. Effect of BLV infection on the immune function of polymorphonuclear neutrophil in dairy cows // Front Vet Sci. 2021. Vol. 8. Article number 737608.
9. Rawat K., Syeda S., Shrivastava A. Neutrophil-derived granule cargoes: paving the way for tumor growth and progression // Cancer Metastasis Rev. 2021. Vol. 40(1). P. 221-244.
10. Kolaczowska E., Kuberski P. Neutrophil recruitment and function in health and inflammation // Nature Reviews Immunology. 2013. Vol. 13(3). P. 159-175.
11. Власенко В.С., Вишневецкий Е.А., Дудолодова Т.С. Катионные белки лизосом и миелопероксидаза в нейтрофилах молодняка крупного рогатого скота разного возраста при лейкозной инфекции // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т.35. №5. С. 65-69.
12. Шубич М.Г. Выявление катионного белка в цитоплазме лейкоцитов с помощью бромфенолового синего // Цитология. 1974. №10. С. 1321-1322.
13. Hrycek A. Functional characterization of peripheral blood neutrophils in patients with primary hypothyroidism // Folia Biologica (Praha). 1993. Vol. 39(6). S. 304-310.
14. Борисов Е.С., Власенко В.С. Оценка иммунного статуса при бактериальных и вирусных инфекциях // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660320 от 24.06.2021.

**CYTOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BLOOD NEUTROPHILS
IN ASSESSING OF COWS PREDISPOSED TO LEUKEMIC INFECTION**

©2023 Evgeny A. Vishnevsky¹, Vasily S. Vlasenko^{2✉}, Evgeny S. Borisov³,
Tatyana S. Dudoladova⁴

^{1,2,3,4}Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia
²vvs-76@list.ru

Abstract. Based on the results of cattle diagnostic studies from unfavorable for leukemia farm in the immune diffusion reaction (IDR) and polymerase chain reaction (PCR), 3 groups of 20 heads of cattle were formed: unresponsive in IDR and PCR (n=3), responsive in IDR and PCR (n=10), and carriers of proviral DNA of the leukemia virus (n=7). In all animals, the enzyme activity of myeloperoxidase (MPO) and the content of cationic proteins (CP) of blood neutrophils were assessed by the cytochemical method, taking into account the percentage of cells with high, medium and low granule activity, followed by calculation of the total indicator - the average cytochemical coefficient (ACC). It was found out that cows that were positive in IDR and PCR had the lowest number of neutrophils with high granule activity with CP and MPO and, as a consequence, low ACC CP and ACC MPO, 0.81 and 1.51, respectively. In contrast, in PCR-positive animals, predominantly highly active cells were found in blood smears, and in some individuals their number was higher than in intact animals. The processing of cytochemical parameters using discrete-dynamic analysis made it possible to identify significant combinations of parameters that can be used to differentiate cows with impaired immune function of neutrophils. In particular, among animals reacting simultaneously in IDR and PCR, functional deficiency of neutrophils was found in all cases, and in those reacting only in PCR only in 71.4% of cattle. Identified dysfunction in 66.66% of non-responding animals can be considered as a predisposition to leukemic infection.

Key words: leukemia, cattle, neutrophils, myeloperoxidase, cationic proteins, discrete-dynamic analysis

References

1. Gulyukin M.I., Gulyukin A.M., Donchenko A.S., Donchenko N.A. i dr. Analiz epizooticheskojsituacii po lejkozukrupnogorogatoskote v Sibirskomfederal'nomokruge (Analysis of the epizootic situation of cattle leukemia in the Siberian federal district), Sibirskijvestniksel'skohozyajstvennojnauki. 2021. T.51. No. 4. S. 67-75.
2. Donnik I.M., Gulyukin M.I., Busol V.A. i dr. Lejkozukrupnogorogatoskote – diagnostika, ozdorovlenie, antropozoonoznyjpotencial (istoriyavoprosa) (obzor) (Bovine leukemia virus infection - diagnostics, eradication, and anthroponozoonotic potential (background) (review)), Sel'skohozyajstvennayabiologiya. 2021. T. 56. No. 2. S. 230-244.
3. Bartlett P.C., Ruggiero V.J., Hutchinson H.C., Droscha C.J. et al. Current developments in the epidemiology and control of enzootic bovine leukosis as caused by bovine leukemia virus // Pathogens. 2020. Vol. 9(12). P. 1058.
4. John E.E., Keefe G., Cameron M., Stryhn H., McClure J.T. Development and implementation of a risk assessment and management program for enzootic bovine leukosis in Atlantic Canada // J. Dairy Sci. 2020. Vol. 103(9). P. 8398-8406.
5. Ivanov A.I., Vlasenko V.S. Primenenietesta s nitrosinimtetrazoliemdlyavyavleniyazhivotnyh s povyshennojchuvstvitel'nost'yu k lejkoznojinfekcii (Application of test with nitroblue tetrazolium for detection of animals with hypersusceptibility to the leukemic infection), Dostizheniyanaukiitehniki APK. 2015. T. 29. No. 4. S. 61-62.
6. Azedo M.R., Massoco C.O., Blagitz M.G., Souza F.N. et al. Metabolismoxidativo de leucócitosesemanimaisinfectados-pelovirus da leucemia bovina // Brazilian Journal of Veterinary Research. 2012. Vol. 49. P. 93-101.
7. Ferronato J.A., Blagitz M.G., Souza F.N., Batista C.F. et al. Avaliação de uncional de neutrófilossanguíneos em vacas leiteiras infectadas pelovirus da leucemia bovina // In: XII Congresso Brasileiro de Buiatria (Foz do Iguaçu, Brazil). Revista Acadêmica Ciência Animal. 2017. Vol. 15(2). P. 669-670.
8. Lv G., Wang H., Wang J., Lian S., Wu R. Effect of BLV infection on the immune function of polymorphonuclear neutrophil in dairy cows // Front Vet Sci. 2021. Vol. 8. Article number 737608.
9. Rawat K., Syeda S., Shrivastava A. Neutrophil-derived granule cargoes: paving the way for tumor growth and progression // Cancer Metastasis Rev. 2021. Vol. 40(1). P. 221-244.
10. Kolaczowska E., Kubes P. Neutrophil recruitment and function in health and inflammation // Nature Reviews Immunology. 2013. Vol. 13(3). P. 159-175.
11. Vlasenko V.S., Vishnevskij E.A., Dudoladova T.S. Kationnyebelkilizosomimieloperoxidaza v nejtrofilahmolodnyakakrupnogorogatoskotaraznogovozrastapri lejkoznojinfekcii (Cationic proteins of lysosomes and myeloperoxidase in neutrophils of young cattle of different ages infected with leukemia), Dostizheniyanaukiitehniki APK. 2021. T.35. No. 5. S. 65-69.
12. Shubich M.G. Vyavleniekationnogobelka v citoplazme leukocitov s pomoshch'yubromfenolovogosinego (Detection of a cationic protein in the cytoplasm of leukocytes using bromophenol blue), Citologiya. 1974. No. 10. S. 1321-1322.
13. Hrycek A. Functional characterization of peripheral blood neutrophils in patients with primary hypothyroidism // Folia Biologica (Praha). 1993. Vol. 39(6). S. 304-310.
14. Borisov E.S., Vlasenko V.S. Ocenkaimmunnogostatusapribakterial'nyhivirusnyhinfekciyah (Assessment of the immune status in bacterial and viral infections), Svidetel'stvo o gosudarstvennojregistraciiiprogrammydlya EVM № 2021660320 ot 24.06.2021.

Сведения об авторах

Е.А. Вишневский¹ – канд. ветеринар. наук;
В.С. Власенко^{2✉} – д-р биол. наук, доцент;
Е.С. Борисов³ – специалист;
Т.С. Дудолодова⁴ – канд. биол. наук.
^{1,2,3,4} Омский аграрный научный центр, Королёва пр., 26, Омск, Россия, 644012
¹kirito_2025@mail.ru
²vvvs-76@list.ru
³borisov@anc55.ru
⁴dud.08@mail.ru

Information about the authors

E.A. Vishnevsky – Cand. Vet. Sci;
V.S. Vlasenko – Dr. Biol. Sci., Assistant Professor;
E.S. Borisov – Expert;
T.S. Dudoladova – Cand. Biol. Sci.
^{1,2,3,4} Omsk Agrarian Scientific Center, 26, Koroleva Prospekt St., Omsk, Russia, 644012
¹kirito_2025@mail.ru
²vvvs-76@list.ru
³borisov@anc55.ru
⁴dud.08@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 15.05.2023; одобрена после рецензирования 29.05.2023; принята к публикации 04.09.2023
The article was submitted 15.05.2023; approved after reviewing 29.05.2023; accepted for publication 04.09.2023

ВЛИЯНИЕ КОРРЕКЦИИ КОНЦЕНТРАЦИЙ СЕЛЕНА И ЦИНКА В СЕМЕННОЙ ЖИДКОСТИ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ, АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕРМЫ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

©2023. Олег Александрович Завьялов^{1✉}, Иван Иванович Слепцов²

^{1,2} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹Oleg-Zavyalov83@mail.ru

Аннотация. Целью настоящего исследования являлась оценка влияния коррекции недостатка селена и цинка в семенной жидкости на элементный состав, антиоксидантный статус и качественные характеристики спермы быков-производителей. Экспериментальная часть работы осуществлялась на быках-производителях симментальской породы, разводимых в условиях Республики Саха (Якутия). Основанием для отбора быков-производителей для эксперимента являлся выявленный недостаток селена и цинка в семенной жидкости. Для восполнения дефицита микроэлементов в состав рациона животных опытной группы включался Плексомин Se 2000 в дозировке 1,15 г/гол/сут и Плексомин Zn 26 в дозировке 1,2 г/гол/сут. Животные контрольной группы получали базовый рацион без добавок. Первичная оценка элементного состава семенной жидкости быков-производителей выявила пониженные, относительно физиологической нормы, концентрации K, Cr, Zn и Se, избыток был установлен для Al, Cd, Hg, Pb и As. Экспериментальное кормление способствовало нормализации селена и цинка в семенной жидкости на фоне достоверного снижения уровней Al, Cd и Pb. Введение дополнительных источников селена и цинка в рацион быков-производителей сопровождалось повышением концентраций ферментов первичной антиоксидантной защиты – супероксиддисмутазы, каталазы и понизило уровень малонового диальдегида в семенной жидкости. У животных опытной группы к концу эксперимента отмечалось повышение концентрации сперматозоидов, а также активности сперматозоидов в свежей и оттаянной сперме.

Ключевые слова: симментальская порода, быки-производители, семенная жидкость, элементный состав, селен, цинк, антиоксидантный статус, качество спермы

Введение. Известно, что микроэлементы играют важную роль в здоровье и воспроизводстве крупного рогатого скота. Дисбаланс микроэлементов влияет на репродуктивную функцию быков-производителей, а их дефицит может привести к дегенеративным изменениям в сперматогенезе [1], тем самым напрямую воздействуя на производительные качества. При этом наиболее значимыми для репродуктивной функции быков-производителей являются цинк и селен [2].

Селен (Se) – важным питательный микроэлемент для животноводства, который действует как структурный компонент, по крайней мере, в 25 селенопротеинах, участвует в синтезе гормонов щитовидной железы, играет ключевую роль в системе антиоксидантной защиты и оказывает значительное влияние на воспроизводительные качества сельскохозяйственных животных и человека [3]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что концен-

трация селена в семенной жидкости отрицательно коррелирует с уровнем перекисного окисления липидов в этом биосубстрате и повышает уровень активности ферментов первичной антиоксидантной защиты, что способствует повышению качественных показателей спермы быков-производителей [4]. Дефицит селена может вызвать снижение синтеза половых гормонов и служить причиной нарушения сперматогенеза и снижения подвижности сперматозоидов. В то же время, включение дополнительных источников селена в рационы крупного рогатого скота рекомендовано как метод увеличения воспроизводительных качеств крупного рогатого скота [5]. В частности, установлено, что увеличение уровня селена с 70 до 230 мкг/кг в рационе оказывало благоприятное влияние на устойчивость сперматозоидов быков-производителей голштинской породы. Аналогичным образом, введение селенита натрия в ежедневный рацион быков-производителей приводило к увеличению количества сперматозоидов с высокой прогрессивной подвижностью у герефордских быков [6]. Выявлено, что обогащение разбавителя спермы наночастицами селена в концентрации 1,0 мкг/мл улучшало качество спермы быков после оттаивания и повышало уровень фертильности *in vivo* за счет снижения апоптоза и перекисного окисления липидов в семенной жидкости, вызванного криоконсервацией [7].

Цинк (Zn) является важным элементом с широким спектром биологических функций. Более 200 Zn-металлоферментов регулируются Zn. Он играет важную роль в реализации репродуктивных качеств самцов крупного рогатого скота. Цинк содержится в сперматозоидах и в семенной жидкости, где его концентрация выше, чем во всех других жидкостях организма. В сперме млекопитающих Zn секретируется в основном предстательной железой. Ионы Zn содержащиеся в семенной жидкости, напрямую влияют на фундаментальные процессы связанные с приобретением сперматозоидами способности к подвижности и оплодотворению [8]. В отдельных исследованиях от-

мечается, что дополнительное введение источников Zn в рационы быков-производителей увеличивает количество сперматозоидов, повышает их подвижность, а также сопровождается увеличением выработки тестостерона, что приводит к улучшению структуры семенников у быков-производителей [9].

Таким образом, анализ современной литературы показал, что несмотря на достаточно высокую изученность роли Se и Zn в сфере их влияния на репродуктивные качества сельскохозяйственных животных, вопрос о потенциальном воздействии комплекса указанных элементов в составе монопрепаратов на качественные и биохимические показатели спермы быков-производителей практически не изучен. Более того, в связи с отсутствием до недавнего времени физиологических норм концентраций эссенциальных и токсических элементов в биологически активных тканях быков-производителей, макро- и микроэлементы зачастую вводятся в рацион животных бессистемно, что может провоцировать гиперэлементозы. Избыток эссенциальных элементов, равно как и их недостаток, может приводить к пагубным последствиям для репродуктивной функции быков, как это было показано в отношении селена [10].

В связи с этим нами были проведены масштабные исследования по разработке и апробации технологии оценки элементного статуса быков-производителей. Новая технология включает в себя методику высокоточного исследования элементного состава семенной жидкости с использованием современных аналитических методов, а также показатели физиологических норм концентраций 25 химических элементов в семенной жидкости быков-производителей [11].

Цель исследования – оценка влияния коррекции дефицита селена и цинка в семенной жидкости на элементный состав, антиоксидантный статус и качественные характеристики спермы быков-производителей.

Методика. Экспериментальная часть работы осуществлялась на физиологически здоровых быках-производителях симментальской

породы, разводимых в условиях Республики Саха (Якутия). Возраст быков в период отбора образцов составлял 3-5 лет (n=20). У всей микропопуляции животных были отобраны и проанализированы образцы семенной жидкости. Полученные данные по концентрации химических элементов в семенной жидкости, сравнивались с ранее установленными нормами для быков-производителей голштинской породы [11]. Основанием для отбора быков-производителей в группы являлся выявленный недостаток селена и цинка в семенной жидкости.

Для проведения эксперимента быки-производители были разделены на две группы: контрольную (n=10) и опытную (n=10). Все животные содержались в одинаковых условиях. Рационы кормления подопытных быков-производителей были рассчитаны с учетом потребностей в питательных веществах. Для восполнения дефицита микроэлементов в состав рациона животных опытной группы включались Плексомин Se 2000 в дозировке 1,15 г/гол/сут и Плексомин Zn 26 в дозировке 1,2 г/гол/сут. В качестве наполнителя применялись пшеничные отруби. Животные контрольной группы получали базовый рацион без добавок. Продолжительность экспериментального кормления составляла 90 суток.

Плексомин Se 2000 (Plexomin Se 2000) – кормовая добавка, предназначенная для обогащения кормов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, селеном. В 1 кг Плексомина Se 2000 содержится не менее 2000 мг/кг селена в составе селеносодержащих инактивированных дрожжей культуры *Saccharomyces cerevisiae*. Содержание вредных примесей не превышает предельно допустимых норм, действующих в Российской Федерации.

Плексомин Zn 26 – кормовая добавка, предназначенная для обогащения рационов сельскохозяйственных животных, в том числе птицы, цинком. Один килограмм добавки включает не менее 98 % глицината цинка с содержанием цинка не менее 26 %. При расчете дозировок введения корректируемых элементов в состав минерального премикса мы исходили из рекомендаций заводов-изготовителей.

Отбор образцов спермы в объеме не менее 3 мл производился утром на первые и 90-е сутки эксперимента. Стимулирование эякуляции осуществлялось ректально, при помощи электроэякулятора (Pulsator IV, Lane Manufacturing, Inc., Denver, CO). После периода полового покоя у быков-производителей показатели спермы первых двух эякулятов в обработке не использовали. Концентрацию сперматозоидов (млрд) оценивали с помощью цифрового фотометра (IMV Technologies). Активность сперматозоидов (балл) изучалась с помощью фазово-контрастного микроскопа (Nikon ECLIPSE E400, Токио, Япония). Отделение семенной плазмы осуществлялось путём центрифугирования образцов весом 400 г в течение 5 мин. Содержание малонового диальдегида оценивалась с помощью реакции с тиобарбитуровой кислотой спектрофотометрическим методом. Активность фермента супероксиддисмутазы определялась по скорости убыли перекиси водорода в среде инкубации. Концентрацию перекиси водорода определяли по реакции с молибдатом аммония.

Элементный состав семенной жидкости определяли по 26 показателям (B, Na, Mg, Al, K, Ca, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, Sr, Ag, Cd, In, Ba, Hg, Tl, Pb, Bi, Cr, Fe, Zn, As, Se) методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием приборной базы ЦКП ФНЦ БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>.

Достоверность различий оценивали при помощи U-критерия Манна-Уитни. Уровень значимости (p) принимался меньшим или равным 0,05. В таблицах приведены средние значения показателей (M) и их стандартные отклонения (\pm STD). Для обработки данных использовали пакет прикладных программ Statistica 10.0.

Результаты. Первичная оценка элементного состава семенной жидкости быков-производителей выявила пониженные, относительно физиологической нормы, концентрации K, Cr, Zn и Se, избыток был установлен для Al, Cd, Hg, Pb и As (табл. 1).

Таблица 1

Содержание химических элементов в семенной жидкости быков-производителей симментальской породы при скармливании органических форм селена и цинка, мкг/г

Элемент	Группа			Норма
	фон	контрольная	опытная	
Макроэлементы				
Na	1618±581	1638±527	1664±569	1673-1874
Mg	94,66±23,66	98,75±28,25	93,47±23,37	90,02-109,4
K	2256±512	2225±529	2310±594	2939-3208
Ca	483,8±121,6	476,6±114,8	497,4±120,5	480,0-559,5
Эссенциальные элементы				
Mn	0,438±0,097	0,426±0,098	0,412±0,053	0,216-0,381
Co	0,011±0,004	0,011±0,005	0,012±0,003	0,0097-0,0115
Cu	1,023±0,154	1,069±0,176	0,894±0,191 ^{bc}	0,862-1,09
Fe	7,18±1,65	7,34±1,13	7,11±1,09	2,26-4,28
Cr	0,023±0,004	0,025±0,005	0,023±0,006	0,0389-0,0484
Zn	4,22±0,51	3,98±0,56	7,92±0,695 ^{bc}	7,86-9,27
Se	0,708±0,111	0,704±0,122	1,33±0,145 ^{bc}	1,25-1,33
Условно-эссенциальные элементы				
Ga	0,079±0,014	0,083±0,014	0,084±0,015	нет данных
Ag	0,006±0,001	0,005±0,002	0,007±0,002 ^c	нет данных
In	0,045±0,003	0,046±0,002	0,045±0,004	нет данных
Ba	0,176±0,056	0,196±0,075	0,218±0,095	нет данных
Tl	0,0007±0,0001	0,0007±0,0002	0,0007±0,0001	нет данных
Bi	0,007±0,001	0,008±0,002	0,006±0,002	нет данных
B	0,806±0,239	0,925±0,332	0,999±0,378	0,337-0,473
Ni	0,136±0,027	0,138±0,028	0,138±0,021	0,111-0,464
As	0,058±0,016	0,063±0,023	0,045±0,019	0,0024-0,0033
Токсичные элементы				
Sr	0,147±0,026	0,136±0,033	0,154±0,032	0,128-0,159
Cd	0,0192±0,0063	0,0195±0,0062	0,0101±0,0039 ^{bc}	0,0003-0,0004
Hg	0,252±0,099	0,232±0,011	0,212±0,096	0,0081-0,0134
Pb	0,173±0,052	0,182±0,046	0,081±0,028 ^{bc}	0,0749-0,124
Al	3,82±0,691	4,93±1,49 ^a	2,82±0,875 ^{bc}	0,199-0,270

^a Разница достоверна по отношению к фоновым значениям; ^b Разница достоверна по отношению к фоновым значениям; ^c Разница достоверна по отношению к контрольной группе

Анализ результатов химического состава семенной жидкости на 90-е сутки эксперимента показал, что скармливание испытуемого комплекса способствовало нормализации селена и цинка в семенной жидкости. В целом, средние значения концентрации цинка повысились по отношению к фоновым значениям и аналогичным показателям контрольной группы на 87,7 (P≤0,05) и 99,0 % (P≤0,05), Se – на 87,8 (P≤0,05) и 88,9 % (P≤0,05) соответственно. Данный факт подтверждает гипотезу о том, что элементный состав семенной жидкости является, в первую очередь, отражением уровня минерального кормления животного. Ранее сообщалось об увеличении содержания селена в биологических жидкостях крупного рогатого скота при добавлении обогащенных селеном злаков, минерального (селенита) и органического селена (дрожжей) [12]. В этой

связи заслуживает внимания факт достоверного снижения уровней Al, Cd и Pb на фоне потребления одинаковых по содержанию этих элементов рационов. Принимая во внимание, что ни один элемент в организме не действует изолированно, и степень его влияния на обменные процессы в организме, помимо других факторов, определяется интенсивностью межэлементных взаимодействий, то выявлены в нашем исследовании пониженные концентрации свинца в семенной жидкости животных опытной группы относительно контрольных и фоновых значений может являться следствием повышенного поступления селена и цинка в организм опытных животных в составе испытуемого минерального комплекса и проявлением эффекта антагонизма [13]. Оценка содержания химических элементов в семенной жидкости быков-производителей контрольной

группы после 90 суток эксперимента достоверных различий по величине оцениваемых показателей не выявила. Исключением являлся алюминий, концентрация которого у животных базового варианта увеличилась на 29,05 % ($P \leq 0,05$) по отношению к фоновым значениям. Последующая интерпретация полученных данных к интервалам физиологических норм

позволила констатировать у животных контрольной группы недостаток Cr, Zn и Se на фоне избытка Al, Cd, Hg, Pb и As.

Дисбаланс микроэлементов в семенной жидкости животных контрольной группы негативно повлиял на их репродуктивную функцию, о чём свидетельствуют результаты оценки качественных показателей спермы (табл. 2).

Таблица 2

Качественные характеристики спермы быков-производителей симментальской породы при скармливании органических форм селена и цинка

Показатель	Группа		
	фон	контрольная	опытная
Средний объём эякулята	4,64±0,769	4,78±0,853	4,69±0,565 ^{ab}
Концентрация сперматозоидов	0,963±0,111	0,959±0,118	1,09±0,107 ^{ab}
Активность сперматозоидов	7,86±1,09	7,75±1,26	8,95±0,956 ^{ab}
Активность сперматозоидов после криоконсервации	4,21±0,521	4,19±0,483	4,71±0,425 ^{ab}
Активность после криоконсервации (через 5 часов)	2,86±0,591	2,75±0,525	3,05±0,321

^a Разница достоверна по отношению к фоновым значениям; ^b Разница достоверна по отношению к контрольной группе

Полученные результаты продемонстрировали положительную тенденцию в показателях количества спермы в конце эксперимента по отношению к началу у животных опытной группы. Так, было установлено, что введение в рацион комплекса эссенциальных элементов сопровождалось увеличением концентрации сперматозоидов в свежей сперме на 13,2 % ($P \leq 0,05$), активности – на 13,9 % ($P \leq 0,05$), активности сперматозоидов после криоконсервации – на 11,9 % ($P \leq 0,05$). Аналогичная разница между животными контрольной и опытной групп в конце эксперимента составила 13,7 % ($P \leq 0,05$); 15,5 % ($P \leq 0,05$); 12,4 % ($P \leq 0,05$), соответственно. В целом полученные в нашем эксперименте результаты по влиянию добавок цинка и селена на качественные показатели спермы согласуются с проведёнными ранее исследованиями и объясняются тем, что цинк является важным фактором нормального функционирования предстательной железы и половой системы в целом. Физиологическая роль цинка, содержащегося в секрете предстательной железы, заключается в реализации механизмов разъединения головки и хвоста сперматозоидов, а также способности хроматина к деконденсации. Кроме того, цинк в семенной

плазме стабилизирует клеточную мембрану и ядерный хроматин сперматозоидов [14].

Селен, в свою очередь, обладает прямыми антиоксидантными свойствами и связан с активностью таких ферментов, как супероксиддисмутаза и каталаза. Антиоксидантная защита играет ключевую роль в поддержании целостности мембран сперматозоидов и их оплодотворяющей способности. В свою очередь, селен, участвующий в антиоксидантной защите организма, существенно модулирует качество мужского эякулята. Также в семенниках были локализованы некоторые селенопротеины, такие как селенофосфатсинтаза и селенопротеин митохондриальной капсулы. Окислительный стресс является важным фактором, который негативно влияет на потенциал фертильности сперматозоидов за счет перекисного окисления липидов. Плазматическая мембрана сперматозоидов чрезвычайно восприимчива к перекисному окислению липидов из-за наличия высокой концентрации полиненасыщенных жирных кислот. Эти кислоты придают мембране высокий уровень текучести и эластичности, необходимые для подвижности сперматозоидов и их слияния с ооцитами. Помимо этого, активные формы кислорода могут

повреждать ДНК сперматозоидов, что приводит к передаче дефектной отцовской ДНК плоду, атакуя ДНК путем модификации азотистых оснований, разрывов цепей ДНК, перекрестных связей ДНК и хромосомных перестроек [15].

В нашем эксперименте повышение уровня селена и цинка в семенной жидкости сопровождалось изменениями показателей антиоксидантного статуса и перекисного окисления липидов в семенной жидкости животных опытной группы (рис. 1).



Примечание: * – разница достоверна при $P \leq 0,05$

Рис 1. Показатели антиоксидантного статуса и перекисного окисления липидов семенной жидкости быков-производителей симментальской породы при скармливании органических форм селена и цинка
 Fig. 1. Indicators of the antioxidant status and lipid peroxidation in the seminal fluid of Simmental bulls when fed with diets containing organic forms of selenium and zinc

В частности, было отмечено, что введение дополнительных источников селена и цинка в рацион быков-производителей опытной группы сопровождалось повышением концентраций ферментов первичной антиоксидантной защиты – супероксиддисмутаза на 16,8 % ($P \leq 0,05$), каталазы – на 6,1 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с фоновыми показателями.

Одним из информативных и наиболее часто используемых показателей окислительного стресса в биологических жидкостях является малоновый диальдегид, который считается одним из финальных продуктов перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот в клетке [16]. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что у животных опытной группы к концу эксперимента отмечалось значительное уменьшение этого показателя по сравнению с началом, что указывает на снижение процесса перекисного окисления липидов у этих животных. В качестве одной из возможных причин повышения уровня антиоксидантной защиты и как следствие – снижения интенсивности перекисного окисления липидов в нашем эксперименте, помимо повышения концентраций селена и цинка, можно

также рассматривать снижение уровня свинца в семенной жидкости. Свинец влияет на количество глутатиона и функцию антиоксидантных ферментов, таких как каталаза, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа, глутатионпероксидаза, супероксиддисмутаза и глутатион-S-трансфераза у крупного рогатого скота. Механизм реализации токсического воздействия Pb на указанные ферменты может быть сложным, учитывая, что Pb может конкурентно препятствовать поглощению эссенциальных элементов и, в частности, селена и цинка, а также связываться с SH-группой белков [17].

Выводы. Семенная жидкость является информативным биоматериалом для оценки уровня химических элементов маркеров качественных характеристик спермы быков-производителей. Применение органических форм селена и цинка на фоне недостатка последних в семенной жидкости может рассматриваться в качестве эффективного инструмента для повышения качественных характеристик спермы быков-производителей.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2019-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0006)

Список источников

1. Левахин Г.И., Дускаев Г.К. Усвоение фосфора жвачными животными при разных типах кормления // Вестник Оренбургского государственного университета. 2004. № 4 (29). С. 49-50.
2. Дускаев Г.К., Мирошников С.А., Сизова Е.А., Лебедев С.В., Нотова С.В. Влияние тяжёлых металлов на организм животных и окружающую среду обитания (обзор) // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 3 (86). С. 7-11.
3. Сычева И.Н., Осипова А.В., Фомина Т.Н., Васильев В.В., Васильева И.С. Референтные интервалы концентраций химических элементов в сыворотке крови коров чёрно-пёстрой породы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 3 (39). С. 133-138.
4. Mehdi Y., Dufrasne I. Selenium in Cattle: A Review // Molecules. 2016 № 21(4). P. 545. doi: 10.3390/molecules21040545.
5. Яушева Е.В., Мирошников С.А., Кван О.В. Оценка влияния наночастиц металлов на морфологические показатели периферической крови животных // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 12 (161). С. 203-207.
6. Marai I.F.M., El-Darawany A.A., Ismail E.A., Abdel-Hafez M.A.M. Reproductive and physiological traits of Egyptian Suffolk rams as affected by selenium dietary supplementation and housing heat radiation effects during winter of the sub-tropical environment of Egypt // Arch. Tierz. 2009. № 52. P. 402-409.
7. Khalil W.A., El-Harairy M.A., Zeidan A.E.B., Hassan M.A.E. Impact of selenium nano-particles in semen extender on bull sperm quality after cryopreservation // Theriogenology. 2019. № 126. P. 121-127. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.12.017.
8. Сычева И.Н., Мамедов А.А.О., Картунов В.В., Мурадов Р.Ш.О., Артюхова Н.С., Осипова А.В., Миронова И.В. Влияние различных уровней концентраций селена в сыворотке крови на показатели молочной продуктивности и антиоксидантный статус коров симментальской породы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (63). С. 60-65.
9. Сычева И.Н., Оришев А.Б., Мамедов А.А.О., Ивашова О.Н., Муслимова Д.М. Влияние коррекции элементного статуса молочных коров на количественные и качественные характеристики молока // Животноводство и кормопроизводство. 2022. № 105 (3). С. 8-18.
10. Завьялов О.А. Влияния различных концентраций Se в семенной жидкости на качественные характеристики спермы и антиоксидантный статус быков-производителей голштинской породы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 4 (40). С. 89-97.
11. Завьялов О.А., Фролов А.Н., Харламов А.В., Курилкина М.Я. Справочные интервалы концентраций химических элементов в семенной жидкости быков-производителей голштинской породы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 94. С. 187-194.
12. Завьялов О.А., Фролов А.Н., Харламов А.В., Курилкина М.Я. Влияние различных уровней эссенциальных и токсичных элементов в семенной жидкости на качественные характеристики спермы быков-производителей голштинской породы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 2 (38). С. 118-128.
13. Мирошников С.А., Завьялов О.А. Апробация технологии выявления и коррекции элементозов молочных коров по элементному составу шерсти // Аграрный вестник Урала. 2020. № 5 (196). С. 38-50.
14. Yuhui Zheng, Tian Xie, Shengli Li, Wei Wang, Yajing Wang, Zhijun Cao, Hongjian Yang. Effects of Selenium as a Dietary Source on Performance, Inflammation, Cell Damage, and Reproduction of Livestock Induced by Heat Stress: A Review // Front Immunol. 2021. № 12. P. 820853. doi: 10.3389/fimmu.2021.820853.
15. Kemal Duru N., Morshedi M., Oehninger S. Effects of hydrogen peroxide on DNA and plasma membrane integrity of human spermatozoa // Fertil. Steril. 2000. № 74. 1200–1207. doi: 10.1016/S0015-0282(00)01591-0.
16. Мирошников С.А., Кван О.В., Нуржанов Б.С. Роль нормальной микрофлоры в минеральном обмене животных // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 6 (112). С. 81-83.
17. Wang S.L., Xu X.R., Sun Y.X., Liu J.L., Li H.B. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: a review // Mar Pollut Bull. 2013. № 76. P. 7–15. 10.1016/j.marpollbul.2013.08.025

THE EFFECT OF CORRECTION OF SELENIUM AND ZINC CONCENTRATIONS IN SEMINAL FLUID ON THE ELEMENTAL COMPOSITION, ANTIOXIDANT STATUS AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS IN SPERM OF SERVICING BULLS

©2023. Oleg A. Zavyalov^{1✉}, Ivan I. Sleptsov²

^{1,2}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹Oleg-Zavyalov83@mail.ru

Abstract. The aim of study was to evaluate the effect of correction of the lack of selenium and zinc in the seminal fluid on the elemental composition, antioxidant status and quality characteristics in sperm of serving bulls. The experimental part of the work was carried out on Simmental servicing bulls, bred in the conditions of the Republic of Sakha (Yakutia). The basis for the selection of sires for the

experiment was the revealed selenium and zinc lack in seminal fluid. Plexomin Se 2000 at a dosage of 1.15 g/head/day and Plexomin Zn 26 at a dosage of 1.2 g/head/day were added in the diet of animals of the experimental group to compensate the deficiency of microelements. Animals from control group had a basic diet without any additives. The primary evaluation of the elemental composition in seminal fluid of servicing bulls revealed reduced concentrations of K, Cr, Zn and Se, and an excess of Al, Cd, Hg, Pb and As, relative to the physiological standards. Experimental feeding contributed to the normalization of selenium and zinc content in the seminal fluid against the background of a significant decrease in Al, Cd, and Pb levels. The introduction of additional sources of selenium and zinc into the diet of servicing bulls led to an increase in concentrations of primary antioxidant defense enzymes – superoxide-dismutase, catalase, and lowered the malonyldialdehyde level in the seminal fluid. By the end of the experiment an increase in spermatozoa concentration, as well as the spermatozoa activity were noted in fresh and thawed sperm of animals of experimental group.

Key words: Simmental breed, servicing bulls, seminal fluid, elemental composition, selenium, zinc, antioxidant status, sperm quality

References

1. Levahin G.I., Duskaev G.K. Usvoenie fosforazh vachnymizhivotnymipriraznyhtipakhkormlenija (Phosphorus assimilation by ruminants at different types of feeding), Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2004, No 4 (29), S. 49-50.
2. Duskaev G.K., Miroshnikov S.A., Sizova E.A., Lebedev S.V., Notova S.V. Vlijanietjzhjolyhmetalovnaorganizmzhivotnyhiokruzhajushhujusreduobitanija (obzor) (The influence of heavy metals on the animal organism and the environment (review)), Vestnik mjasnogokotovodstva, 2014, No 3 (86), S. 7-11.
3. Sycheva I.N., Osipova A.V., Fomina T.N., Vasil'ev V.V., Vasil'eva I.S. Referentnye intervaly koncentracij himicheskikh jelementov v syvorotke krovokorovchjorno-pjostrojporody (Reference intervals of concentrations of chemical elements in the blood serum of black-and-white cows), Permskij agrarnyj vestnik, 2022, No 3 (39), S. 133-138.
4. Mehdi Y., Dufrasne I. Selenium in Cattle: A Review, Molecules, 2016 No 21(4), S. 545. doi: 10.3390/molecules21040545.
5. Jausheva E.V., Miroshnikov S.A., Kvan O.V. Ocenka vlijanija nanochastich metalov na morfologicheskie pokazateli perifericheskogo krovoizhivotnyh (Assessment of the effect of metal nanoparticles on morphological parameters of peripheral blood of animals), Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, No 12 (161), S. 203-207.
6. Marai I.F.M., El-Darawany A.A., Ismail E.A., Abdel-Hafez M.A.M. Reproductive and physiological traits of Egyptian Suffolk rams as affected by selenium dietary supplementation and housing heat radiation effects during winter of the subtropical environment of Egypt, Arch. Tierz, 2009, No 52, R. 402-409.
7. Khalil W.A., El-Harairy M.A., Zeidan A.E.B., Hassan M.A.E. Impact of selenium nano-particles in semen extender on bull sperm quality after cryopreservation, Theriogenology, 2019, No 126, S. 121-127. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.12.017.
8. Sycheva I.N., Mamedov A.A.O., Kortunov V.V., Muradov R.Sh.O., Artjuhova N.S., Osipova A.V., Mironova I.V. Vlijanierazlichnyhurovnejkoncentracijselena v syvorotke krovina pokazatelimolochnojproduktivnostii antioksidantnyj status korovsimmental'skojporody (Influence of different levels of selenium concentrations in blood serum on indicators of milk productivity and antioxidant status of Simmental cows), Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No 3 (63), S. 60-65.
9. Sycheva I.N., Orishev A.B., Mamedov A.A.O., Ivashova O.N., Musljumova D.M. Vlijanie korrekcij jelementnogo statusa molochnyh korov na kolichestvennye i kachestvennye charakteristiki moloka (Influence of correction of the elemental status of dairy cows on quantitative and qualitative characteristics of milk), Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo, 2022, No 105, № 3, S. 8-18.
10. Zav'jalov O.A. Vlijanijarazlichnyh koncentracij Se v semennojzhidkostin akachestvennye charakteristiki spermy i antioksidantnyj status bykov-proizvoditelej golshhtinskojporody (The effects of different concentrations of Se in seminal fluid on the qualitative characteristics of sperm and the antioxidant status of Holstein servicing bulls), Permskij agrarnyj vestnik, 2022, No 4 (40), S. 89-97.
11. Zav'jalov O.A., Frolov A.N., Harlamov A.V., Kurilkina M.Ja. Spravochnye intervaly koncentracij himicheskikh jelementov v semennojzhidkostibykov-proizvoditelej golshhtinskojporody (Reference intervals of concentrations of chemical elements in the seminal fluid of servicing bulls of the Holstein breed), Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No 94, S. 187-194.
12. Zav'jalov O.A., Frolov A.N., Harlamov A.V., Kurilkina M.Ja. Vlijanierazlichnyhurovnejessencial'nyhitoksichnyh jelementov v semennojzhidkostin akachestvennye charakteristiki spermy bykov-proizvoditelej golshhtinskojporody (Influence of various levels of essential and toxic elements in seminal fluid on the qualitative characteristics of sperm of Holstein bulls), Permskij agrarnyj vestnik, 2022, No 2 (38), S. 118-128.
13. Miroshnikov S.A., Zav'jalov O.A. Aprobacijatehnologii vyjavlenija i korrekcij jelementnogo statusa molochnyh korov po jelementnomu sostavu shersti (Approbation of technology of detection and correction of elementoses of dairy cows according to the elemental composition of wool), Agrarnyj vestnik Urala, 2020, No 5 (196), S. 38-50.

14. Yuhui Zheng, Tian Xie, Shengli Li, Wei Wang, Yajing Wang, Zhijun Cao, Hongjian Yang. Effects of Selenium as a Dietary Source on Performance, Inflammation, Cell Damage, and Reproduction of Livestock Induced by Heat Stress: A Review, *Front Immunol*, 2021, No 12, S. 820853. doi: 10.3389/fimmu.2021.820853.

15. Kemal Duru N., Morshedi M., Oehninger S. Effects of hydrogen peroxide on DNA and plasma membrane integrity of human spermatozoa, *Fertil. Steril*, 2000, No 74, S. 1200–1207. doi: 10.1016/S0015-0282(00)01591-0.

16. Miroshnikov S.A., Kvan O.V., Nurzhanov B.S. Rol' normal'noj mikroflory v mineral'nom obmenе zhiivotnyh, *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* (The role of normal microflora in animal mineral metabolism), 2010, No 6 (112), S. 81–83.

17. Wang S.L., Xu X.R., Sun Y.X., Liu J.L., Li H.B. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: a review, *Mar Pollut Bull*, 2013, No 76, S. 7–15. 10.1016/j.marpolbul.2013.08.025

Сведения об авторах

О.А.Завьялов  – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник;

И.И.Слепцов² – канд. эконом. наук, младший научный сотрудник.

^{1,2} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия, 460000

¹ Oleg-Zavyalov83@mail.ru

Information about the authors

O.A. Zavyalov  – Dr. Biol. Sci., Leading Researcher;

I.I. Sleptsov² – Cand. Econom., Sci., Junior Researcher.

^{1,2} Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, 460000

¹ Oleg-Zavyalov83@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 13.06.2023; одобрена после рецензирования 05.08.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 13.06.2023; approved after reviewing 05.08.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 636.087.7/.8:636.5.033

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_83

РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКСТРАКТА С АНТИОКСИДАНТНЫМ ДЕЙСТВИЕМ В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

©2023. Ольга Сергеевна Кощаева^{1✉}, Кристина Витальевна Лавриненко²,
Антонина Александровна Рядинская³, Наталья Борисовна Ордина⁴,
Иван Александрович Кошаев⁵

^{1,2,3,4,5} Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,
Майский, Россия

¹olgakoshchaeva@gmail.com

Аннотация. Использование растительных антиоксидантов в виде экстрактов или эфирных масел может эффективно бороться с проблемой стресса, окисления питательных веществ корма и даже от кокцидиоза в птицеводстве. В работе отражены результаты проведенного в условиях Белгородской области исследования на предмет включения в рационы цыплят-бройлеров кросса «Росс – 308» растительного экстракта с антиоксидантным действием, полученного методом перколяции органическими растворителями из какаоеллы. Установлено, что при включении в рацион цыплят-бройлеров полученной кормовой добавки на протяжении всего опытного периода в количестве 50 г/т, 100 г/т, 150 г/т, 200 г/т увеличивается живая масса, в сравнении с контрольной группой, на 1,38-2,83 %, сохранность поголовья – на 2,0- 4,0%. Наилучшие результаты отмечены при введении добавки в количестве 150 г/т, где сохранность была на уровне 98 %, что на 2 % выше в сравнении с контрольной группой, а живая масса на конец опытного периода была 2964,98 г, что выше в сравнении с контрольной группой на 81,79 г (2,83 %).

Ключевые слова: экстракт, какаоелла, цыплята-бройлеры, Росс-308, сохранность, живая масса

Введение. Птицеводство является одним из основных секторов экономики нашей страны [5, 8, 17]. Сельскохозяйственные птицы производят высококачественную пищу (яйца, мясо) и сырье для промышленности (перья, пух и т.д.) [4,6,12]. Продукты переработки мясного птицеводства разнообразны и имеют высокую питательную ценность для организма человека [7, 14]. Уровень белка, который содержится в мышцах, составляет более 20,0%, а жира только 1,0-2,5%, что позволяет классифицировать их как диетические продукты [11, 13, 18]. Увеличение количества яиц и мяса птицы является результатом значительного повышения количества поголовья, в то же время уве-

личение числа животных сопровождается высокими затратами на кормление и повышением продуктивных качеств [15, 16]. Правительство РФ считает, что необходимо принять все меры для обеспечения конкурентоспособности продукции животноводства. Обращает особое внимание на качество продукции и эффективность производства [3, 8]. Среди факторов, повышающих продуктивность мясного промышленного птицеводства, важнейшее значение имеет организация рационального питания [1, 2, 5, 9].

Существует постоянная нехватка активных минеральных и биологических веществ во время кормления. В традиционном использовании их недостаточно, в частности, в зерновых компонентах комбикормов. Кроме того,

многие факторы стресса, обусловленные расширением практики животноводства в контексте сложных и экологически сложных технологий, влекут за собой снижение уровня безопасности и продуктивности животных, а также рентабельность промышленности. Оптимальное питание необходимо для полной реализации генетического и экономического потенциала современных кроссов. Производители должны делать больше, чем просто поддерживать идеальный базовый коэффициент при расчете рационов: баланс энергии (калорийность) баланс белка (аминокислоты) [4, 10, 12].

Важной частью производства, помимо снижения загрязнения, является оптимизация биологических ресурсов для обеспечения физиологически правильного функционирования организма, структуры костных тканей и общего состояния животных [13]. Из числа наиболее вероятных элементов антиоксидантной активности дубильных веществ ученые рассматривают связывание свободных радикалов, хелирование металлов и блокирование прооксидирующих ферментов. Полифенолы, хинины, флавоноиды, полипептиды, алкалоиды и многие их производные, выделенные в ароматических маслах, также обладают антиоксидантной активностью. Они связывают свободные радикалы и стимулируют функцию ферментов. Заявлено, что комбинация ацетата α -токоферола (витамин E) с сушеной душицей обыкновенной (орегано или душица орегано-приправа) в рационах цыплят-бройлеров выглядела наиболее результативной, более эффективной, чем скормливание только ацетата α -токоферола. Эфирные масла, измельченные листья, цветки и стебли душицы обыкновенной, которые входят в рацион цыплят, показали кокцидиостатический эффект в отношении *E. tenella*. Известно, что использование экстрактов *Allium sativum* (чеснок), *Salvia officinalis* (шалфей), эхинацеи пурпурной, тимуса обыкновенного (тимьян) в кормлении цыплят-бройлеров помогает бороться с кокцидиозом, вызываемым *E. acervulina*, *E. tenella*, *E. maxima* и *E. necatrix*. Следовательно, использование растительных антиоксидантов в виде

экстракта или в виде эфирных масел может эффективно решать проблему стресса от окисления питательных веществ корма и даже от кокцидиоза в птицеводстве. Трудность выпуска антиоксидантных веществ на базе экстрактов из растительного материала заключается в стандартизации и экстракции биологически активных веществ, а также в выборе оптимальных синергистов. В связи с этим богатые антиоксидантами кормовые добавки обладают рядом положительных сторон по сравнению с экстрактами: наиболее низкая цена за счет простой технологии приготовления, разнообразие активных ингредиентов, в том числе синергистов, отсутствие риска передозировки.

Цель исследования – изучить влияние растительного экстракта какаоеллы, полученного методом перколяции, на показатели живой массы и сохранность цыплят-бройлеров. В задачи исследования входило определение оптимальной нормы ввода в рационы цыплят растительного экстракта; ежедневное наблюдение за физиологическим состоянием цыплят, учет сохранности; учет живой массы цыплят-бройлеров по периодам выращивания.

Методика. Исследования по использованию растительного экстракта в рационах цыплят-бройлеров проводились с суточного до 42 суточного возраста птицы в условиях учебно-научной птицефабрики УНИЦ «Агротехнопарк». Объектом исследований являлись цыплята-бройлеры кросса «Росс-308».

Птица контрольной и опытных групп содержалась в одном птичнике, напольно. Контрольная и опытные группы птицы сформированы по принципу пар-аналогов из партии цыплят в суточном возрасте, по 50 голов в каждой. Причем, в каждую группу отобрали 25 птенцов и 25 курочек. Условия содержания цыплят во всех группах были одинаковыми и соответствовали рекомендуемым нормативам для данного кросса.

Растительный экстракт был произведен методом перколяции растительного сырья (какаоеллы) органическими растворителями рециркулировали, пока из сухих веществ какао

не прекратили экстрагироваться вещества. Далее была произведена отгонка растворителя при пониженных давлении и температуре, и последующая сушка на вакуумно-ротационном испарителе. Опыт проведен на пяти группах птицы. В рацион опытных групп был включен растительный экстракт на протяжении всего технологического цикла выращивания. Схема опыта представлена в таблице 1.

В качестве основного рациона (ОР) бройлеры получали рецепт стандартного комбикорма по нормам ВНИТИПа, который соответствовал периодам содержания цыплят. В ходе эксперимента экстракт был добавлен в комбикорм цыплятам-бройлерам.

Таблица 1

Схема опыта

Периоды выращивания	Группы				
	Контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
I (0-14)	ОР	ОР+50 г/т	ОР+100 г/т	ОР+150 г/т	ОР+200 г/т
II (15-28)	ОР	ОР+50 г/т	ОР+100 г/т	ОР+150 г/т	ОР+200 г/т
III (29-42)	ОР	ОР+50 г/т	ОР+100 г/т	ОР+150 г/т	ОР+200 г/т

Результаты. Многие исследования доказывают, что условия содержания птицы часто являются факторами, которые снижают эффективность сельскохозяйственного производства. Организм реагирует на факторы окружающей среды в зависимости от его приспособляемости. В этом случае специфика адаптивных реакций зависит от исходного функционального состояния, времени адаптации и других факторов.

В течение экспериментального периода (от 1 дня до 42 дней) проводились ежедневные наблюдения за физиологическим состоянием птицы. Для определения влияния полученного нами экстракта на продуктивность бройлеров, на устойчивость организма мы провели оценку сохранности по отдельным периодам выращивания и на протяжении всего испытательного периода (таблица 2).

Таблица 2

Сохранность цыплят-бройлеров, %

Сутки	Группы				
	Контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
14	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
28	98,0	98,0	100,0	98,0	100,0
42	96,0	98,0	98,0	98,0	100,0

Сохранность цыплят свидетельствует о том, что на 14 сутки наблюдалась 100 % сохранность, как в опытных группах, так и в контрольной. На 28 сутки сохранность контрольной, 1-й и 3-й опытных групп снизилась на 2,0 %. На конец опытного периода самый низкий показатель зафиксирован в 1-й группе цыплят, не получавших в рационах кормовую добавку, и составил 96, %, что меньше в сравнении с 1- 3 опытными группами, соответственно, на 2,0 % и 4-й опытной – на 4 %.

Цыпленок-бройлер имеет потенциал (генетически обусловленный) для ускорения роста живой массы с 60 до 130 граммов в день, и, как результат, отличается высокой скоростью набора живой массы. Необходимо создать среду, которая позволяет в полной мере реализовать генетический потенциал и достичь высокого уровня производительности, в частности, живой массы, за счет наращивания мышечной массы.

Динамика набора массы цыплятами-бройлерами, г

Группа	Сутки			
	1	14	28	42
Контроль	38,62±0,23	500,48±3,50	1604,39±18,04	2888,54±32,52
1 опытная	38,44±0,18	504,70±4,55	1611,35±19,48	2928,06±30,57
2 опытная	38,60±0,23	508,76±4,60	1618,80±19,05	2950,37±40,78
3 опытная	38,56±0,22	509,96±4,14	1633,04±19,36	2970,33±35,36*
4 опытная	38,44±0,23	506,34±3,52	1634,12±20,25	2964,98±32,37*

*P>0.90

Анализ изменения массы цыплят-бройлеров выявил различия в разных периоды. В первые сутки живая масса всех опытных групп была практически равной контрольной группе (максимальное отличие было в 3-й опытной группе на 0,06 г). Затем при перевеске в возрасте 14 суток видим положительные изменения в опытных группах (таблица 3). Так, на 14 сутки 1-я опытная группа превысила показатели контроля на 4,22 г (0,84 %); 2-я опытная – на 8,28 г (1,65 %); 3-я опытная – на 9,48 г (1,89 %); 4-я опытная – на 5,86 г (1,17%). На 28 суток подобная тенденция сохранилась: цыплята 1-й опытной группы показали лучшие результаты в сравнении с контролем на 6,96 г (0,43 %); 2-й опытной – на 14,41 г (0,90 %); 3-й опытной – на 28,65 г (1,79%); 4-й опытной – на 29,73 г (1,85 %). На конец опытного периода –на 42 сутки масса цыплят-бройлеров опытных групп превысила показатель контрольной группы на

39,52 г (1,37 %); 61,83 г (2,14 %); 81,79 г (2,83 %); 76,44 г (2,65 %).

Выводы. По результатам исследования установлено, что применение растительного экстракта, полученного методом перколяции органическими растворителями из какаоеллы и введением в рацион в количестве 150 грамм на тонну комбикорма повышает продуктивность, а именно, живую массу на 81,79 г (2,83 %) и сохранность на 2,0%. При этом стоит уточнить, что включение в рацион экстракта в дозировке 200 г/т комбикорма способствует увеличению сохранности поголовья, но при этом денежные затраты увеличиваются и не оправдываются.

Источник финансирования. Работа выполняется при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых-кандидатов наук МК-2474.2022.5.

Список источников

1. Добудько А.Н. Благополучие животных. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. 254 с.
2. Кисиль О. В., Габриэлян Н.И., Малеев, В. В. Устойчивость к антибиотикам – что можно сделать//Терапевтический архив. 2023. № 1. С. 90-95.
3. Котарев В. И. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров при применении в рационе комплексной кормовой добавки// Научные разработки и инновации в решении приоритетных задач современной зоотехнии. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2022. С. 55-59.
4. Кощаев И. А. Биологическая роль меди в кормлении животных // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : Материалы i международной научно-практической конференции. Макеевка: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2018. С. 96-100.
5. Кощаев И. А. Обеспечение сельскохозяйственной птицы кальцием // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2018. № 2(8). С. 3-8.
6. Кощаев И. А., Зайцев А. А., Лавриненко К. В., Медведева П. И. Влияние низкопротеиновых рационов с включением пробиотического препарата на показатели продуктивности цыплят-бройлеров// Инновации в развитии животноводства, современные технологии производства продуктов питания и проблемы экологической, производственной и гигиенической безопасности здоровья : материалы международной научно-практической конференции. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет", 2022. С. 40-45.
7. Кощаев И. А., Мезинова К. В., Сорокина Н. Н., Рядинская А. А. Влияние пробиотических культур на состояние лап цыплят-бройлеров// Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4(63). С. 168-175.
8. Кощаев И. А., Рядинская А. А., Ткачев А. В. Влияние различных уровней источников метионина на показатели продуктивности цыплят-бройлеров// Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 4(14). С. 152-162.
9. Ордина Н. Б. Роль ферментов при выращивании сельскохозяйственной птицы// Достижения и перспективы в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы национальной научно-практической конференции. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2020. С. 209-211.

10. Пономарев А. Ф. Нетрадиционная белковая добавка// Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения. Белгород: Белгородская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. С. 225.
11. Селиванова Ю.А. Широкий спектр фитонцидов – максимальная функциональность фитобиотика//Птицеводство. 2018. № 1. С. 37-40.
12. Таринская Т.А., Гамко Л.Н. Эффективность применения подкислителей воды в разные периоды выращивания цыплят-бройлеров// Аграрная наука. 2018 №10. С. 23-24.
13. Ястребова О. Н. Современные технологические решения промышленного содержания птицы. Белгород: Общество с ограниченной ответственностью Издательско-полиграфический центр "ПОЛИТЕРРА". 2021. 268 с.
14. Dobudko A. N., Tatyancheva O. E., Boiko I. A. Calcium and phosphorus feed supplement Fax-2 in the feeding of laying hens of industrial herd. 2018. Vol. 9. No. 6. P. 1551-1559.
15. Koschayev I., Mezinova C., Sorokina N. Efficiency of feed use by broiler chickens of the Cobb-500 cross when feeding a probiotic preparation// E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don: EDP Sciences. 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202127302009.
16. Koshchaev I., Mezinova K., Ryadinskaya A. Identification of cases of pododermatitis in broiler chickens when feeding a probiotic feed additive // E3S Web of Conferences. Rostovon-Don. 2020. P. 06023. DOI 10.1051/e3sconf/202021006023.
17. Koshchaev I., Mezinova K., Ryadinskaya A. Various sources of methionine in broiler chicken rations // E3S Web of Conferences. Rostovon-Don. 2020.
18. Manzhurina O., Shaposhnikov I., Yermakova T. The study of the Profort probiotic use in the specific prevention of salmonellosis in calves // E3s web of conferences : XV International Scientific Conference on Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry “State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don: EDP Sciences. 2022. Vol. 363. P. 03064. DOI 10.1051/e3sconf/202236303064.

THE ROLE OF PLANT EXTRACT WITH ANTIOXIDANT EFFECT IN FEEDING OF BROILER CHICKENS

©2023. Olga S. Koshchaeva^{1✉}, Kristina V. Lavrinenko², Antonina A. Ryadinskaya³,
Natalia B. Ordina⁴, Ivan A. Koshchaev⁵

^{1,2,3,4,5}Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Maysky, Russia

¹olgakoshchaeva@gmail.com

Abstract. The use of plant antioxidants in the form of extracts or essential oils can effectively solve the problem of stress, oxidation of feed nutrients and even coccidiosis in poultry farming. The paper reflects the results of a study conducted in the conditions of the Belgorod region for the inclusion in the diets of broiler chickens of the Ross-308 cross of a plant extract with an antioxidant effect obtained by percolation with organic solvents from cocoa husk. It was found that when the broiler chickens got in the diet the obtained feed additive throughout the entire experimental period in the amount of 50 g / t, 100 g / t, 150 g / t, 200 g/t, the live weight increased, compared with the control group, by 1.38-2.83%, livestock preservation - by 2.0- 4.0%. The best results were obtained with the introduction of an additive in the amount of 150 g / t, where livestock preservation was at 98%, that is 2% higher compared to the control group, and the live weight at the end of the trial period was 2964.98 g, that is 81.79 g (2.83%) higher compared to the control group.

Key words: extract, cocoa husk, broiler chickens, Ross-308, preservation, live weight

References

1. Dobud'ko A.N. Blagopoluchiezhhivotnyh (Well-being of animals). Majskej: BelgorodskijgosudarstvennyjagrarjuniwersitetimeniV.Ja. Gorina, 2021. 254 s.
2. Kasil' O. V., Gabrijeljan N.I., Maleev, V. V. Ustojchivost' k antibiotikam – chtomozhnosdelat' (Antibiotic resistance – what can be done)//Terapevticheskijarhiv. 2023. № 1. S. 90-95.
3. Kotarev V. I. Mjasnajaproduktivnost' cypljat-brojlerovpriprimenenii v racionekompleksnojgormovojdobavki (Meat productivity of broiler chickens when using a complex feed additive in the diet) // Nauchnyerazrabotkiinnovacii v resheniiiprioritetnyhzadachsovremennojzootehnii. Kursk: Kurskajagosudarstvennajasel'skohozejstvennajaakademijaimeni I.I. Ivanova. 2022. S. 55-59.
4. Koshhaev I. A. Biologicheskajarol' medi v kormleniizhhivotnyh (Biological role of copper in animal feeding) // Prioritetnyevektoryrazvitiapromyshlennostiisel'skogohozjajstva : Materialyimezhdnarodnojnauchno-prakticheskajkonferencii. Makeevka: Voronezhskijgosudarstvennyjagrarjuniwersitetim. Imperatora Petra I. 2018. S. 96-100.
5. Koshhaev I. A. Obespecheniesel'skohozejstvennojopticykal'ciem (Providing farm poultry with calcium)// Aktual'nyevoprosyisel'skohozejstvennojbiologii. 2018. № 2(8). S. 3-8.
6. Koshhaev I. A., Zajcev A. A., Lavrinenko K. V., Medvedeva P. I. Vlijanienizkoproteinovyhracionov s vklucheniemprobioticheskogopreparatanapokazateliproduktivnosticypljat-brojlerov (The effect of low-protein diets with the inclusion of a pro-

biotic drug on the productivity of broiler chickens) // Innovacii v razvitiizhivotnovodstva, sovremennyyetehnologiiiproizvodstvaproductivopitanijaiaproblemyekologicheskoy, proizvodstvennojigigienicheskoybezopasnostizdorov'ja : materialy mezhdunarodnojnaučno-prakticheskoy konferencii. Persianovskij: Federal'noegosudarstvennoebjudzhetnoeobrazovatel'noeuchrezhdenievysshhegoobrazovaniya "Donskojgosudarstvennyjagrarnyj universitet".2022. S. 40-45.

7. Koshhaev I. A., Mezinova K. V., Sorokina N. N., Rjadinskaja A. A. Vlijaniyeprobioticheskikh kul'turnasostojanie lap cypljat-brojlerov (The effect of probiotic cultures on the state of the paws of broiler chickens) // VestnikMichurinskogogosudarstvennogo agrarnogouniversiteta. 2020. № 4(63). S. 168-175.

8. Koshhaev I. A., Rjadinskaja A. A., Tkachev A. V. Vlijanierazlichnyhurovnejistoknivo metioninapokazateliproduktivnosticypljat-brojlerov (The effect of different levels of methionine sources on the productivity of broiler chickens) // Aktual'nyevoprosy sel'skokochozjajstvennoj biologii. 2019. № 4(14). S. 152-162.

9. Ordina N. B. Rol' fermentovprivyrashhivaniisel'skokochozjajstvennojpticy (The role of enzymes in poultry farming) // Dostizhenijai perspektivy v sfere proizvodstva i pererabotki sel'skokochozjajstvennojprodukcii: Materialy nacional'noj naučno-prakticheskoy konferencii. Majskij: Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V. Ya. Gorina. 2020. S. 209-211.

10. Ponomarev A. F. Netradicionnaja belkovaja dobavka (Non-traditional protein supplement) // Problemy sel'skokochozjajstvennogo proizvodstva i sovremennom jetape iputi ihresheniya. Belgorod: Belgorodskaja gosudarstvennaja sel'skokochozjajstvennaja akademija. 2003. S. 225.

11. Selivanova Ju. A. Shirokijspektr fitonciodov – maksimal'naja funkcional'nost' fitobiotika (A wide range of phytoncides – the maximum functionality of phytobiotics) // Pticevodstvo. 2018. № 1. S. 37-40.

12. Tarinskaja I. A., Gamko L. N. Jefferktivnost' primeneniya podkisliteljevody v raznyeperiody vyrashhivaniya cypljat-brojlerov (Efficiency of using water acidifiers during different periods of growing broiler chickens) // Agrarnaja nauka. 2018 № 10. S. 23-24.

13. Jastrebova O. N. Sovremennyyetehnologicheskiereshenijapromyshlennogosoderzhanijapticy (Modern technological solutions for industrial poultry keeping). Belgorod: Obshestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju Izdatel'sko-poligraficheskij centr "POLITERRA". 2021. 268 s.

14. Dobudko A. N., Tatyanchikova O. E., Boiko I. A. Calcium and phosphorus feed supplement Fax-2 in the feeding of laying hens of industrial herd. 2018. Vol. 9. No. 6. P. 1551-1559.

15. Koschayev I., Mezinova C., Sorokina N. Efficiency of feed use by broiler chickens of the Cobb-500 cross when feeding a probiotic preparation // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don: EDP Sciences. 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202127302009.

16. Koshchaev I., Mezinova K., Ryadinskaya A. Identification of cases of pododermatitis in broiler chickens when feeding a probiotic feed additive // E3S Web of Conferences. Rostov-on-Don. 2020. P. 06023. DOI 10.1051/e3sconf/202021006023.

17. Koshchaev I., Mezinova K., Ryadinskaya A. Various sources of methionine in broiler chicken rations // E3S Web of Conferences. Rostov-on-Don. 2020.

18. Manzhurina O., Shaposhnikov I., Yermakova T. The study of the Profort probiotic use in the specific prevention of salmonellosis in calves // E3s web of conferences : XV International Scientific Conference on Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry "State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don: EDP Sciences. 2022. Vol. 363. P. 03064. DOI 10.1051/e3sconf/202236303064.

Сведения об авторах

О.С. Кошчаева¹ – аспирант;

К.В. Лавриненко² – аспирант;

А.А. Рядинская³ – канд. с.-х. наук, доцент;

Н.Б. Ордина⁴ – канд. с.-х. наук, доцент;

И.А. Кошчаев⁵ – канд. с.-х. наук, доцент.

^{1,2,3,4,5} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» (ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ), ул. Вавилова 1, п. Майский, Россия, 308503

¹ olgakoshchaeva@gmail.com

Information about the authors

O.S. Koshchaeva¹ – Postgraduate Student;

K.V. Lavrinenko² – Postgraduate Student;

A.A. Ryadinskaya³ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

N.B. Ordina⁴ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

I.A. Koshchaev⁵ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor.

^{1,2,3,4,5} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin" (Belgorod State Agrarian University), 1, Vavilova St., Maysky, Russia, 308503

olgakoshchaeva@gmail.com

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 11.04.2023; одобрена после рецензирования 20.04.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 11.04.2023; approved after reviewing 20.04.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 633:631.5

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_89

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПРОПОЛИСА

©2023. Ольга Игоревна Лазарева

Пермский государственный аграрно-технологический университет

имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия, ol.manina@yandex.ru

Аннотация. Прополис может служить индикатором загрязнения окружающей среды в отношении токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов. Целью работы стало исследование органолептических и токсикологических показателей, в частности, кадмия (Cd) и свинца (Pb) в прополисе, полученном с пасек Пермского края. Испытания проведены в мае 2022 года в лаборатории ГБУВК Пермского ветеринарного диагностического центра. Элементарный анализ выполняли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. При органолептическом исследовании все характеристики опытных образцов соответствовали ГОСТ 28886-2019. Отмечали, что комки отличались по цвету: три пробы бурой окраски с желтым, зеленым и коричневым оттенками, остальные – серой с оттенками. При определении количества тяжелых металлов значения отличались. Концентрация определяемых элементов в прополисе находилась в следующих диапазонах: Cd < 0-0,006 мг/кг (норма 1 мг/кг), Pb < 0,12-1,2 мг/кг (норма 1 мг/кг). Один образец превысил пределы допустимой концентрации (ПДК), определенные для свинца в СанПиН 2.3.2.1078-01 и ТР ТС 021/2011. Все исследованные образцы при контроле на содержание ПДК по кадмию безопасны, по свинцу соответствие ПДК прошли четыре пробы. Подтверждена зависимость территориальной близости транспортной и производственной инфраструктуры к месту локализации пасеки, от которой напрямую зависит динамика накопления свинца в прополисе. Перед употреблением прополиса рекомендуется регулярный мониторинг на контроль показателей безопасности.

Ключевые слова: продукты пчеловодства, прополис, тяжелые металлы, свинец, кадмий

Введение. Прополис – уникальный продукт пчеловодства, содержащий различные биологически активные вещества, представляющие значение для пищевой, фармацевтической и косметической промышленности [6, 12]. Однако помимо богатого минерального состава, прополис может содержать токсичные элементы и тяжелые металлы [1, 7]. Неоднократно описаны случаи обнаружения в прополисе свинца в концентрациях, значительно превышающих ПДК по НТД, действующим на территории РФ в Рязанской области, Краснодарском крае, Башкирии, Нижегородской области [1, 2, 4, 11]. Аналогичные данные в отно-

шении кадмия, свинца представлены и в исследованиях ученых Бразилии, Польши, Сербии [6, 7, 8, 10]. По исследованиям, проведенным ГБУВК Пермским ВДЦ в 2016-2018 годах, среднее значение ПДК по свинцу превышало в 7 раз от установленным НТД. Зафиксированы максимальное превышение ПДК в 17 раз (57%) от всех исследований в 2016 г, превышение в 8 раз (20%) в 2017 г и в 12 раз (33%) в 2018 году. За указанный период анализа превышений ПДК по кадмию не отмечены.

Аккумуляции токсичных элементов способствует наличие триглицеридоподобных веществ и восков в прополисе [3]. Источниками тяжелых металлов могут оказаться атмосфера,

инвентарь, препараты [3], почва и подземные воды [7]. Проблема актуальна повсеместно в связи с тем, что качественный состав прополиса изменяется в зависимости от региона, климата, сезона [7], а также уровня индустриализации и урбанизации [6, 8]. Прополис может служить биоиндикатором загрязнений токсичными элементами [4, 6]. Недавно установлено, что при биоаккумуляции свинца в организме пчелы наступает изменение пищевого поведения, в результате которого для насекомого становятся привлекательными растения, содержащие токсичный свинец [5].

В связи с тем, что он является источником многих биологически активных веществ для человека, ученые разрабатывают методы промышленной очистки и снижения загрязняющих веществ с целью создания безопасных продуктов. Так разработаны методы ионно-обменной экстракции с раствором нитрата аммония [3] и экстракции в этаноле [8]. Сообщения о наличии тяжелых металлов в готовой апи-продукции релевантны, свидетельствуют о недостаточности входного контроля сырья, используемого для производства [9]. Потребитель должен быть уверен в безопасности потребляемого продукта, поэтому исследование показателей токсичности прополиса необходимо.

Цель исследования: проведение органолептического анализа и определение концентрации токсичных элементов, таких как кадмий и свинец в прополисе.

Методика. Объектом исследования служили образцы прополиса нативного (n=5), собранного из ульев пчел *Apis mellifera*. Образцы пчелопродуктов были любезно предоставлены осенью 2021 года владельцами пасек, расположенных на территориях сел и деревень Пермского края: Барда (56°55'38" с.ш. 55°35'28" в.д.), Нижнее Галино (58°08'16" с.ш. 54°23'15" в.д.), Колываново (57°43'48" с.ш. 57°01'11" в.д.), (поселок станции Чайковская) (58°07'39" с.ш. 55°31'04" в.д.) и Ключики (57°78'61" с.ш. 55°75'92" в.д.). Органолептическое исследование выполняли по ГОСТ 28886-2019. Подготовка проб для токсикологического анализа

осуществлялась по ГОСТ Р 52097 – 2003, ГОСТ 26929-94. Навеску массой 10 грамм экстрагировали соляной кислотой, минерализацию образцов проводили в электропечи при постепенном повышении температуры до 450°C. Определение кадмия и свинца выполняли по ГОСТ 30178-96 и ГОСТ Р 54920-2012 методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии с использованием спектрометра GBC SavantAA AAS (Австралия) с программным обеспечением на базе Windows. Подготовленные для измерений растворы проб и градуировочные растворы распыляли в воздушно-ацетиленовом пламени не менее двух раз с целью детекции величины поглощения линии определяемых элементов. Значения массовых концентраций определяемых тяжелых металлов в указанных растворах определяли по градуировочным графикам, построенных программой. Затем осуществляли математические расчеты среднеарифметических значений параллельных измерений и метрологические характеристики результатов по ГОСТ 30178-96. Исследования выполнялись на базе лаборатории ГБУВК «Пермский ветеринарный диагностический центр» в мае 2022 года.

Результаты. При органолептическом исследовании показатели внешнего вида, цвета, запаха, консистенции, структуры и вкуса соответствовали описанию согласно ГОСТ 28886-2019. Отличным признаком представленных образцов был цвет комка сырья. Первый образец бурого цвета с желтоватым оттенком, второй – бурый с коричневатым оттенком, третий – серый с зеленоватым оттенком, четвертый – серый с желтоватым оттенком и пятый – бурый с зеленоватым оттенком. Полученные результаты токсикологического исследования приведены в таблице 1. Проведенные испытания позволили сравнить продукт пчеловодства, собранный с разных районов территории Пермского края. Количество кадмия во всех образцах находилось в низких пределах обнаружения. В отношении свинца значения представлены в различных диапазонах. В двух пробах количество свинца было

низким и составляло 0,1-0,2 мг/кг, это были образцы с пасек, находящихся в 15-30 км от города и от железнодорожных станций. Завышенные концентрации свинца в прополисе в количестве 0,6 и 0,8 мг/кг обнаружены с пасек,

расположенных в 20-40 км от города, но с развитой инфраструктурой, в том числе производственной и транспортной. Превышение ПДК по свинцу установлено в пробе 4, с пасеки в поселке при железнодорожной станции.

Таблица 1

Результаты токсикологического исследования прополиса

№	ПДУ (ПДК) СанПиН 2.3.2.1078-01, ТР ТС 021/2011	НД на метод исследования ГОСТ 30178, ГОСТ Р 54920-2012	Результаты испытаний
1	не более 1,0 мг/кг	кадмий	0,005±0,01
2			0,004±0,01
3			0,006±0,01
4			0,005±0,01
5			0±0,01
1	не более 1,0 мг/кг	свинец	0,84±0,08
2			0,12±0,01
3			0,21±0,02
4			1,2±0,12
5			0,6±0,12

Результаты исследования указывают, что содержание свинца в 6 раз выше с пасек, находящихся вблизи территорий с развитыми производственной и транспортной инфраструктурами.

Вывод. По результатам органолептического исследования прополиса отклонений по ГОСТ 28886-2019 не выявлено. При проведении токсикологических испытаний в отношении ПДК содержания кадмия все пять проб

оказались абсолютно безопасны. При экспертизе прополиса на определение количества свинца установлено превышение значения ПДК на 0,2 мг/кг в одном образце, что говорит о его несоответствии параметрам, указанным в СанПиН 2.3.2.1078-01, ТР ТС 021/2011, данное сырье не рекомендовано к употреблению. Таким образом, мы рекомендуем проводить мониторинговые исследования безопасности прополиса.

Список источников

1. Гизатулина Ю.А., Гизатулин Э.Р., Усманова Э.А. Особенности миграции тяжелых металлов в продукты пчеловодства // Различных областей науки в современных условиях: Материалы сборника статей Международной научно - практической конференции (13 ноября 2017 г, г. Уфа). В 2 ч. Ч.2/ - Уфа: АЭТЕРНА, 2017. С. 111-114.
2. Еськов Е.К., Еськова М.Д. Перенос тяжелых металлов из почвы через медоносные растения в тело пчел и продукты пчеловодства // Пчеловодство. 2019. № 5. С. 10-12.
3. Кайгородов Р.В., Карташова И.Н. Динамика минерального состава прополиса в процессе его промышленной переработки // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2016. № 2. С. 102-108.
4. Ягин В.В., Хомутов Д.А., Петров В.А. Апимониторинг тяжелых металлов районов Нижегородской области, отличающихся экологической напряженностью // Вестник Мининского университета. 2015. № 2. С. 25-33.
5. Burden C.M., Morgan M.O., Hladun K.R. Acute sublethal exposure to toxic heavy metals alters honey bee (*Apis mellifera*) feeding behavior // Sci. Rep. 2019. 9 (1): 4253. P. 1-10. DOI: 10.1038/s41598-019-40396-x.
6. Hodel K. V. S., Machado B. A. S., Santos N. R. [Metal Content of Nutritional and Toxic Value in Different Types of Brazilian Propolis // Hindawi. The Scientific World Journal. 2020, Vol. 4395496. P. 1-9. DOI: 10.1155/2020/4395496.
7. Matuszewska E. Multielemental Analysis of Bee Pollen, Propolis, and Royal Jelly Collected in West-Central Poland / E. Matuszewska, A. Klupeczynska, K. Maciołek [et al.] // Molecules. 2021. Vol. 26(9), 2415. P.2-18. DOI: 10.3390/molecules26092415.
8. Orsi R. de O. Toxic Metals in the Crude Propolis and Its Transfer Rate to the Ethanolic Extract / R. de O. Orsi, D. C. B. Barros, R. de C. M. Silva [et al.] // Sociobiology. 2018. 65 (4). P. 640-644. DOI.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3379.
9. Sharma A., Panta K., Brara D.S. Nanda A review on Api-products: current scenario of potential contaminants and their food safety concerns // Food Control. 2022. Vol.45. DOI:10.1016/j.foodcont.2022.109499.
10. Tosic S. Mineral composition of selected Serbian propolis samples / S. Tosic, G. Stojanovic, S. Mitic [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2017. 61(1). P. 5-15. DOI: 10.1515/jas-2017-0001.

11. Vakhonina E.A., Lapynina E.P., Lizunova A.S. Study of toxic elements in propolis // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. — 2021. Vol.845. P. 1-6. DOI:[10.1088/1755-1315/845/1/012122](https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012122).

12. Wiczorek P.P., Hudz N., Yezerska O. Chemical Variability and Pharmacological Potential of Propolis as a Source for the Development of New Pharmaceutical Products // Molecules. 2022. 27(5):1600. P. 2-28. DOI: 10.3390/molecules27051600.

INVESTIGATION OF PROPOLIS TOXICITY

©2023. Olga I. Lazareva

Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov, Perm, Russia, ol.manina@yandex.ru

Abstract. Propolis can serve as an indicator of environmental pollution with respect to toxic elements, pesticides and radionuclides. The aim of the work was to study organoleptic and toxicological parameters, particularly cadmium (Cd) and lead (Pb) in propolis obtained from apiaries of the Perm region. For the analysis, a native product was sampled (n=5), which was collected in Bardymsky, Vereshchaginsky, Kungursky, Nytvensky, and Permsky areas. The tests were carried out in May 2022 in the laboratory of the Perm State Veterinary Diagnostic Center. Elemental analysis was performed using the method of atomic absorption spectrophotometry. The organoleptic study showed that all characteristics of the experimental samples met GOST 28886-2019. The lumps of propolis were of different colors, three samples were brown with yellow, green and brown shades, the rest were gray with shades. When determining the amount of heavy metals, their values differed. The concentration of determined elements in propolis was in the following ranges: cadmium < 0-0.006 mg/kg (norm 1 mg/kg), lead < 0.12-1.2 mg/kg (norm 1 mg/kg). One sample exceeded the limit of allowable concentration (MAC) defined for lead in SanPiN 2.3.2.1078-01 and TR TC 021/2011. All tested samples were safe when tested for MAC cadmium content, when tested for MAC lead content four samples were safe. The conducted studies confirm the existence of a direct correlation between the territorial location of the apiary located near transport and industrial infrastructure and the dynamics of lead accumulation in propolis. Regular monitoring to control safety indicators before using propolis is recommended.

Key words: beekeeping products, propolis, heavy metals, lead, cadmium

References

1. Gizatulina Y.A. Osobennostimigraciiyazhelyhmetallov v produktypchelovodstva (Features of heavy metal migration to beekeeping products), Y.A. Gizatulina, E.R. Gizatulin, E.A. Usmanova, Razlichnyhoblastej nauki v sovremennyh usloviyah: Materialy sbornikastatej Mezhdunarodnoj naučno - prakticheskoj konferencii (13 noyabrya 2017 g., g. Ufa), V 2 ch, CH.2, Ufa: AETERNA, 2017, pp. 111-114.

2. Es'kov E.K. Perenostyazhelyhmetallov iz pochvy cherez medonosnyye rasteniya v telopcheli produktypchelovodstva (Transfer of heavy metals from soil through honey plants to bee body and beekeeping products), E.K. Es'kov, M.D. Es'kova, Pchelovodstvo, 2019, No. 5, pp. 10-12.

3. Kajgorodov R.V. Dinamikamineralnogosostavapropolisa v processe ego promyshlennoj pererabotki (Dynamics of mineral composition of propolis during its industrial processing), R.V. Kajgorodov, I.N. Kartashova, Vestnik Permskogo universiteta, Seriya Biologiya, 2016, No. 2, pp. 102-108.

4. Yagin V.V. Apimonitoringyazhelyhmetallov rajonov Nizhegorodskoj oblasti, otlichayushchihsya ekologicheskoj napryazhennost'yu (Apimonitoring of heavy metals of districts of Nizhny Novgorod region with environmental tension), V.V. Yagin, D.A. Homutov, V.A. Petrov // Vestnik Mininskogo universiteta, 2015, No. 2, pp. 25-33.

5. Burden C.M. Acute sublethal exposure to toxic heavy metals alters honey bee (Apis mellifera) feeding behavior / C.M. Burden, M.O. Morgan, K.R. Hladun // Sci. Rep. 2019. 9 (1): 4253. pp. 1-10. DOI: 10.1038/s41598-019-40396-x.

6. Hodel K. V. S. Metal Content of Nutritional and Toxic Value in Different Types of Brazilian Propolis / K. V. S. Hodel, B. A. S. Machado, N. R. Santos [et al.] // Hindawi. The Scientific World Journal. 2020, Vol. 4395496. pp. 1-9. DOI: 10.1155/2020/4395496.

7. Matuszewska E. Multielemental Analysis of Bee Pollen, Propolis, and Royal Jelly Collected in West-Central Poland / E. Matuszewska, A. Klupczynska, K. Maciołek [et al.] // Molecules. 2021. Vol. 26(9), 2415. pp. 2-18. DOI: 10.3390/molecules26092415.

8. Orsi R. de O. Toxic Metals in the Crude Propolis and Its Transfer Rate to the Ethanolic Extract / R. de O. Orsi, D. C. B. Barros, R. de C. M. Silva [et al.] // Sociobiology. 2018. 65 (4). pp. 640-644. DOI.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3379.

9. Sharma A. Nanda A review on Api-products: current scenario of potential contaminants and their food safety concerns / A. Sharma, K. Panta, D.S. Brara [et al.] // Food Control. 2022. Vol.45. DOI: [10.1016/j.foodcont.2022.109499](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109499).

10. Tosic S. Mineral composition of selected Serbian propolis samples / S. Tosic, G. Stojanovic, S. Mitic [et al.] // Journal of Apicultural Research. 2017. 61(1). pp. 5-15. DOI: [10.1515/jas-2017-0001](https://doi.org/10.1515/jas-2017-0001).

11. Vakhonina E.A. Study of toxic elements in propolis / E.A. Vakhonina, E.P. Lapynina, A.S. Lizunova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.— 2021. Vol.845. pp. 1-6. DOI:[10.1088/1755-1315/845/1/012122](https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012122).
12. Wiczorek P.P. Chemical Variability and Pharmacological Potential of Propolis as a Source for the Development of New Pharmaceutical Products / P.P. Wiczorek, N. Hudz, O. Yezerska [et al.] // Molecules. 2022. 27(5):1600.pp. 2-28.DOI: 10.3390/molecules27051600.

Сведения об авторах

О.И. Лазарева– канд. биол. наук.

ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет», 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23.

Information about the author

O.I. Lazareva – Cand. Biol. Sci.

Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, 23, Petropavlovskaya St., Perm, Russia, 614099

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 17.02.2023; одобрена после рецензирования 01.08.2023; принята к публикации 04.09.2023
The article was submitted 17.02.2023; approved after reviewing 01.08.2023; accepted for publication 04.09.2023

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ЕГО САНИТАРНЫЕ КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

©2023. Наталья Александровна Никонова

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика
Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия, nickonova.natali@yandex.ru

Аннотация. Одним из острых вопросов птицеводческой отрасли является создание универсального способа утилизации помёта, отвечающего всем требованиям. Процесс подготовки к вторичному использованию его должен одновременно предусматривать в себе процесс обеззараживания и максимального сохранения всех питательных веществ, в то же время разработанный метод должен быть не затратным по времени и финансам. Все существующие способы обеззараживания куриного помёта должны учитывать многие критерии работы птицеводческого предприятия. В связи с этим разрабатываются биологические препараты, которые позволят обезопасить куриный помёт и уменьшить срок его вынужденного хранения. В статье представлены результаты исследований помёта при различных условиях хранения и с применением современных дезинфицирующих препаратов. В период хранения помёта существенно снижается общая бактериальная обсемененность, в пробах не найдены грамотрицательные факультативные анаэробы из рода *Proteus spp.* и грамположительные бактерии рода *Staphylococcus spp.* Данную картину наблюдали после летнего и зимнего периодов исследования. В пробах рассматриваемого материала с применением препаратов Biosreda и Bionex в условиях летнего периода существенно снизилось количество энтерококков и кишечной палочки. Также в курином помёте, где был внесен Bionex, выявлены колонии *Mucor spp.* и *Aspergillus spp.*, и данные микроорганизмы могут повлиять на классификацию побочного продукта птицеводства. Физико-химические показатели (азот, фосфор, кальций, калий) уменьшились при хранении, по сравнению с первоначальными показателями, температурный режим и использование дополнительных препаратов не имели существенного влияния.

Ключевые слова: птицеводство, куриный помёт, санитарные критерии, способы обеззараживания

Введение. Птицеводство остается одной из активно развивающихся отраслей сельского хозяйства нашей страны, по данным информационно-аналитического агентства «Имит», в начале мая 2023 года на предприятиях насчитывалось около 471 млн голов птицы.

Ввиду высокой интенсивности развития птицеводства данная отрасль сталкивается с большим количеством проблем [1]. Одним из острых вопросов птицеводческой отрасли яв-

ляется создание универсального способа утилизации помёта, отвечающего всем санитарным требованиям [2, 3]. Сложность состоит в том, что такой способ подготовки к вторичному использованию должен одновременно предусматривать процесс его обеззараживания, максимальное сохранение всех питательных веществ, но в то же время быть не затратным по времени и финансам [4, 5]. Также изменились требования к санитарным правилам, предъявляемым к куриному помёту, согласно

вступившему в силу Федеральному закону от 14.07.2022 № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в соответствии с которым при соблюдении всех требований в отношении обработки, хранения, переработки, реализации, транспортировки и использования в сельхозпроизводстве помёта, он относится к побочным продуктам животноводства, но при нарушении этих требований помёт переходит в статус отходов, и предприятие, которому он принадлежит, обязан вносить плату за негативное влияние на окружающую среду [6].

В птичьём помёте могут содержаться различные выводимые из организма птицы элементы, в частности азот, фосфор, гормоны, антибиотики, тяжёлые металлы и другие вещества, которые входят в состав кормов [7, 8]. Данные вещества выделяют в воздух различные газы, а также создают угрозу загрязнения поверхностных водоемов и подземных вод [9, 10]. Кроме того, обеззараживание помёта является важным условием, так как он служит благоприятной средой для развития многих патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [11, 12, 13].

Целью исследования является изучение санитарных методов обеззараживания куриного помёта в условиях частного крестьянско-фермерского хозяйства. В ходе работы предметом исследования являлись санитарные критерии помёта, объект исследования куриный помёт из частных фермерских хозяйств.

Методика. В течение 4-х месяцев исследовали куриный помёт при его естественном биологическом процессе хранения и с применением биологических препаратов. Курицы-неушки кросса *Lomann Brown* из частного крестьянско-фермерского хозяйства содержались в птичнике при выгульной системе, и в качестве подстилки использовали древесные опилки.

Перед исследованием провели отбор проб на определение микробиологических и физико-химических показателей. Далее для хранения помёта были выбраны температурно-

влажностные «летние» и «зимние» режимы. В первом случае пробы хранились при средней температуре воздуха +16°C, а во втором – 10,8°C. Параллельно осуществляли хранение куриного помёта с применением препаратов *Biosreda* и *Bionex*.

Согласно инструкции *Bionex* содержит восемь штаммов факультативно анаэробных микроорганизмов, которые способны эффективно перерабатывать помёт и снизить количество патогенных микроорганизмов. В свою очередь, *Biosreda* на основе ферментов и почвенных бактерий, которые должны переработать птичий помёт в биорганическое удобрение и подавить развитие микроорганизмов, должен устранять специфический запах на территории навозохранилища. Исследования производилось по общепринятым методикам на базе лабораторий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

Результаты. В период исследования куриного помёта, физико-химические показатели варьировали (таблица 1), наблюдали уменьшение количества сухого вещества при летнем периоде хранения и его увеличение в зимний период. Уровень общего азота уменьшился на 10%, общего фосфора – на 45%, калия и кальция – на 15%.

По результатам микробиологического исследования, в свежих пробах куриного помёта были выявлены *Proteus spp.* $6 \cdot 10^8$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecium* $6 \cdot 10^8$ КОЕ/мл, *Escherichia coli* $4 \cdot 10^8$ КОЕ/мл, *Bacillus cereus* $5 \cdot 10^6$ КОЕ/мл, *Staphylococcus spp.* $7 \cdot 10^5$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecalis* $2 \cdot 10^5$ КОЕ/мл.

После четырех месяцев хранения при естественном биологическом процессе хранения в условиях летнего периода определили в исследуемых пробах *Escherichia coli* $5 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecalis* $4 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Bacillus cereus* $4 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecium* $6 \cdot 10^6$ КОЕ/мл. При хранении данных проб в условиях зимнего периода обнаружили *Enterococcus faecium* $6 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Bacillus cereus* $5 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *Escherichia coli* $4 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecalis* $2 \cdot 10^3$ КОЕ/мл.

В ходе исследования были применены два препарата Biosreda и Bionex, данные препараты вносились согласно инструкции и учитывали массу сырья. После хранения в условиях летнего периода во всех пробах куриного помета с препаратом Biosreda регистрировали *Enterococcus faecalis* $2 \cdot 10^3$ КОЕ/мл,

Enterococcus faecium $4 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Bacillus cereus* $3 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *Escherichia coli* $3 \cdot 10^3$ КОЕ/мл. В исследуемых пробах при зимнем периоде хранения обнаружили *Bacillus cereus* $5 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecium* $6 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Escherichia coli* $4 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecalis* $2 \cdot 10^3$ КОЕ/мл.

Таблица 1

Результаты физико-химических исследований куриного помета

Показатель	Результаты исследований				
	свежих проб	после хранения в летний период	после хранения в зимний период	после применения препаратов в летний период	после применения препаратов в зимний период
сухое вещество, %	21,4±3,8	18,4±0,3	24,3±0,3	14,4±0,3	21,6±0,3
влаги, %	78,6±3,8	82,3±0,3	75,7±0,3	85,6±0,3	79,4±0,3
жир, %	1,05±0,6	1,05±0,3	1,01±0,2	1,05±0,25	1,03±0,26
общий азот, %	2,05±0,17	1,9±0,05	1,8±0,05	1,9±0,05	1,8±0,05
общий фосфор, %	1,85±0,48	0,83±0,03	0,93±0,04	0,82±0,03	0,90±0,04
калий, %	0,83±0,03	0,67±0,04	0,69±0,04	0,70±0,04	0,69±0,04
кальций, %	2,30±0,15	2,0±0,15	1,90±0,15	2,10±0,15	2,09±0,15

В аналогичных пробах с препаратом Bionex в условиях летнего периода хранения определили *Enterococcus faecium* $5 \cdot 10^6$ КОЕ/мл, *Bacillus cereus* $3 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *Escherichia coli* $3 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecalis* $2 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, а также единичные колонии *Mucor sp.* В зимне периоде хранения обнаружили *Bacillus cereus* $4 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecium* $6 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Escherichia coli* $4 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, *Enterococcus faecalis* $2 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, а также единичные колонии *Aspergillus spp.* и *Mucor spp.*

Вывод. Обеззараживание помёта является обязательным этапом технологического процесса его переработки. На практике давно доказано, что одним из самых эффективных и простых методов обеззараживания куриного помёта можно считать компостирование, и результаты проведенных исследований подтверждают данное мнение. В ходе хранения помета за четыре месяца существенно снижается общая бактериальная обсемененность, в пробах не найдены грамотрицательные факультативные анаэробы из рода *Proteus spp.* и грамположительные бактерии рода *Staphylococcus spp.*

Данную картину наблюдали после летнего и зимнего периодов исследования. В пробах рассматриваемого материала с применением препаратов Biosreda и Bionex в условиях летнего периода, существенно снизилось количество энтерококков и кишечной палочки. Также в курином помете, где был внесен Bionex, выявлены колонии *Mucor spp.* и *Aspergillus spp.*, данные микроорганизмы могут повлиять на классификацию побочного продукта птицеводства. Физико-химические показатели (азот, фосфор, кальций, калий) уменьшились при хранении, по сравнению с первоначальными показателями, температурный режим и применение дополнительных препаратов не имели существенного влияния.

Все птицеводческие предприятия обязаны производить сбор и хранение помёта в специально оборудованных помещениях на срок, не превышающий 11 месяцев, для дальнейшей переработки и утилизации, согласно принятым нормативным документам. Ненадлежащее хранение помёта, несоблюдение зоогигиенических и ветеринарно-санитарных

правил могут привести к созданию неблагоприятной эпизоотологической ситуации, загрязнению окружающей среды и существенно снизить товарное качество помёта как удобрения. На качество помёта при хранении будут влиять

особенности применяемых эффективных средств обеззараживающих систем, вид подстилочного материала и применение дополнительных качественных современных дезинфицирующих препаратов.

Список источников

1. Володина Е.Н., Титова В.И., Белоусова Е.Г. Фитотоксичность куриного помёта, полученного при разных способах содержания птицы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 3(39). С. 12-19.
2. Головки А.Н., Бондаренко А.М. К вопросу глубокой переработки жидких органических отходов животноводства и птицеводства // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4. С. 62-68.
3. Запелалов М.В., Качурин В.В. Механическое обезвоживание птичьего помёта при его глубокой переработке // Птицеводство. 2020. № 5. С. 75-78.
4. Запелалов М.В., Качурин В.В., Редреев Г.В. Моделирование процесса высокотемпературной сушки птичьего помёта при смешанном теплообмене // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 1. С. 98-108.
5. Лунова А.В. Скрининг микроорганизмов, способных ускорять процесс микробной трансформации птичьего помёта // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12(215). С. 50-58.
6. Попов В.Н., Корнеева О.С., Искусных А.Ю. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. № 1. С. 194-200.
7. Персикова Т.Ф., Царёва М.В. Оценка соотношения куриного помёта и торфа для приготовления курино-торфяных компостов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 50-53.
8. Смирнов А.Н. Переработка органических отходов как способ улучшения экологической обстановки в костромской области // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 89. С. 79-84.
9. Трёмасова А.М., Ерохондина М. А. Оценка фитотоксичности птичьего помёта при применении биологического метода утилизации // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. № 21. С. 443-446.
10. Фисунова Л.В., Вишневецкая А.В. Анализ возможностей утилизации и переработки сельскохозяйственных отходов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 5. С. 232-236.
11. Gorliczay E., Boczonadi I., Kiss N.E., Pabar F.A. Microbiological effectivity evaluation of new poultry farming organic waste recycling // Agriculture. 2021. N. 11(7). P. 683-684.
12. Guerrero T. Salmonella grows massively and aerobically in chicken faecal matter // Microbial Biotechnology. 2022. N. 13(5). P. 1678-1684.
13. Lipiec J. Effects of application of recycled chicken manure and spent mushroom substrate on Organic matter, Acidity, and Hydraulic Properties of Sandy Soils // Materials. 2021. N. 14. P. 4036-4050.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT STORAGE CONDITIONS OF CHICKEN MANURE ON ITS SANITARY SAFETY CRITERIA

©2023. Natalia A. Nikonova

Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia,
nikonova.natali@yandex.ru

Abstract. One of the pressing issues of the poultry industry is the creation of a universal method of manure disposing that meets all requirements. The process of preparing for its secondary use should simultaneously include the process of disinfection and maximum preservation of all the necessary substances, at the same time, the developed method should not be costly in time and finances. All existing methods of disinfection of chicken manure should take into account many criteria of poultry enterprises. Thereby, biological substances are being developed that will protect chicken manure and reduce the period of its compulsory storage. The study presents the results of studies of poultry manure under various storage conditions and with the use of modern disinfectants. During the period of manure storage, the total bacterial contamination significantly decreases; gram-negative facultative anaerobes from the genus *Proteus* spp. and gram-positive bacteria of the genus *Staphylococcus* spp. were not found in the samples. This results were obtained after the summer and winter periods of the research. The number of enterococci and bacterium coli significantly decreased in the samples of the used material with the application of Biosreda and Bionex preparations in the summer climatic conditions. Colonies of *Mucor* spp. and *Aspergillus* spp. were also found in chicken manure, where Bionex was introduced, and these

organisms may affect the classification of the poultry by-product. Physical and chemical indicators (nitrogen, phosphorus, calcium, potassium) decreased during storage, compared with the initial indicators, the temperature regime and the use of additional drugs did not have a significant impact.

Key words: poultry farming, chicken manure, sanitary criteria, disinfection methods

References

1. Volodina E.N., Titova V.I., Belousova E.G. Fitotoksichnost' kurinogopometa, poluchennogopriraznyhsposobahsoderzhaniyapicy (Phytotoxicity of chicken manure obtained by different methods of poultry keeping), *Permskijagramyjvestnik*, 2022, No 3(39), pp. 12-19.
2. Golovko A.N., Bondarenko A.M. K voprosuglubokojpererabotkizhidkihorganicheskihodovzhivotnovodstvaipricevodstva (On the issue of deep processing of liquid organic waste of animal husbandry and poultry farming), *Vestnikagramojnauki Dona*, 2019, No 4, pp. 62-68.
3. Zapevalov M.V., Kachurin V.V. Mekhanicheskoebezvozhivanieptich'egopometapri ego glubokojpererabotke (Mechanical dehydration of poultry manure during its deep processing), *Pticevodstvo*, 2020, No 5, pp. 75-78.
4. Zapevalov M.V., Kachurin V.V., Redreev G.V. Modelirovanieprocessavysokotemperaturnojsushkiptich'egopometaprismeshannomteploobmene (Modeling of the process of high-temperature drying of poultry manure with mixed heat exchange), *VestnikOmskogogosudarstvennooagromogouniversiteta*, 2021, No 1, pp. 98-108.
5. Luneva A.V. Skriningsmikroorganizmov, sposobnyhskoryat' process mikrobnjtransformaciiptich'egopometa (Screening of microorganisms capable of accelerating the process of microbial transformation of poultry manure), *Agramyj vestnik Urala*, 2021, No 12(215), pp. 50-58.
6. Popov V.N., Korneeva O.S., Iskusnyh O.Y., Iskusnyh A.Y. Innovacionnyesposobypererabotki biootvodovpticevodstva (Innovative ways of processing poultry waste), *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2020, No. 1, pp. 194-200.
7. Persikova T.F., Caryova M.V. Ocenkasootnosheniyakurinogopometaitorfadlyaprigotovleniyakurino-torfyanhkompostov (Evaluation of the ratio of chicken manure and peat for the preparation of chicken-peat compost), *VestnikBelorusskojgosudarstvennojsel'skochozyajstvennojakademii*, 2019, No 3, pp. 50-53.
8. Smimov A.N. Pererabotkaorganicheskihodovkak sposobuluchsheniyaekologicheskjobstanovki v Kostromskoj oblasti (Recycling of organic waste as a way to improve the environmental situation in the Kostroma region), *Trudy Kostromskojgosudarstvennojsel'skochozyajstvennojakademii*, 2019, No 89, pp. 79-84.
9. Tremasova A. M., Erohondina M. A. Ocenkafitotoksichnostiptich'egopometapri primeneniibiolgicheskogometodautilizacii (Assessment of phytotoxicity of poultry manure when using a biological method of disposal), *Aktual'nyevoprosysovershenstvovaniyatekhnologiiiproizvodstvaipererabotkiiselskogohozyajstva*, 2019, No 21, pp. 443-446.
10. Fisunova L.V., Vishnevskaya A.V. Analiz vozmozhnostejutilizaciiipererabotkiiselskogohozyajstvennyh odvodov (Analysis of the possibilities of utilization and processing of agricultural waste), *IzvestiyaOrenburgskogogosudarstvennooagromogouniversiteta*, 2022, No 5, pp. 232-236.
11. Gorliczay E., Boczonadi L., Kiss N.E., Pabar F.A. Microbiological effectivity evaluation of new poultry farming organic waste recycling (Microbiological effectivity evaluation of new poultry farming organic waste recycling), *Agriculture*, 2021, No 11(7), pp. 683-684.
12. Guerrero T. Salmonella grows massively and aerobically in chicken faecal matter (Salmonella grows massively and aerobically in chicken faecal matter), *Microbial Biotechnology*, 2022, No 13(5), pp. 1678-1684.
13. Lipiec J. Effects of application of recycled chicken manure and spent mushroom substrate on Organic matter, Acidity, and Hydraulic Properties of Sandy Soils (Effects of application of recycled chicken manure and spent mushroom substrate on Organic matter, Acidity, and Hydraulic Properties of Sandy Soils), *Materials*, 2021, No 14, pp. 4036-4050.

Сведения об авторах

Н.А. Никонова – канд. ветеринар. наук.

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23
nikonova.natali@yandex.ru

Information about the author

N.A. Nikonova – Cand. Vet. Sci.

Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, 23, Petropavlovskaya St., Perm, Russia, 614990
nikonova.natali@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 27.07.2023; одобрена после рецензирования 16.08.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 16.08.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 636.3:6376.035

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_99

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАЧЕСА ПУХА У КОЗ И ОБЛЕГЧЕНИЯ ТРУДА ПО ЕГО ВЫЧЁСЫВАНИЮ

©2023. Николай Иванович Петров

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия, orniish@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты изучения влияния стресс-протекторов (ветранквила и аминазина) на естественную линьку пуха валухов, что приводит к облегчению очёса животных. С этой целью проведен эксперимент на 60 валухах четырехлетнего возраста коз оренбургской породы, выращенных в одинаковых условиях кормления и содержания, из которых сформированы 3 группы: контрольная и две опытные по 20 голов в каждой. За 30 минут до начала чёски животным I опытной группы внутримышечно вводили 1% раствор ветранквила, II опытной – 2,5% раствор аминазина. Животным контрольной группы данные препараты не вводили. Животные контрольной группы при проведении вычески пуха испытывали дискомфорт, а особи опытных групп не проявляли признаков беспокойства. Начёс пуха от одного валуха контрольной группы составил 410 г, что на 14 г (3,4%, $P \leq 0,05$) меньше, чем в I опытной и на 21 г (5,1%, $P \leq 0,05$) – во II опытной группе. Время вычески пуха в контрольной группе составило 32,8 минуты, что на 6,4 минуты (24,2%, $P \leq 0,05$) больше, чем в I опытной и на 4,9 минуты (17,6%, $P \leq 0,05$) – во II опытной группе. У валухов контрольной группы во время вычески пуха увеличилась температура тела на 0,5 градуса (1,3%, $P \leq 0,05$) и пульс на 13,2 единицы (13,6%, $P \leq 0,05$), а у животных опытных групп данные параметры не изменились, и были в соответствии с физиологическими нормами.

Ключевые слова: пуховое козоводство, валухи, линька, стресс-протекторы, состав крови, температура тела

Введение. Козоводство – это динамично развивающаяся отрасль животноводства в сельском хозяйстве не только в отстающих, но и многих высокоразвитых стран. В России разводят коз трёх основных направлений продуктивности: пуховых, молочных и шерстных. Одним из эффективных способов повышения продуктивности пуховых коз является скрещивание низкопродуктивных козоматок с козлами-производителями, имеющими более высокую пуховую продуктивность и дальнейший отбор потомства с желательным типом шерстного покрова. Эта перспективная работа проводится с козами оренбургской и придонской пород. Межпородное скрещивание проводится

также в Дагестане и Горном Алтае [1-3]. Совершенствование кашмирских коз целенаправленным отбором и подбором способствуют увеличению пуховой продуктивности потомства и улучшению качеств пуха [4-6]. Республика Тыва и Дагестан – это основные центры по разведению шерстных коз, в том числе советской шерстной породы [7-8].

Для улучшения вычески пуха у коз, уменьшения страдания и травмирования животных, а также для уменьшения физических усилий при его вычесывании применяют стресс-протекторы, которые способствуют повышению начеса и улучшению качеств пуха. Основными стресс-протекторами явля-

ются: ветранквил при назначении яловым козوماتкам в дозе 0,4 мг на кг массы тела, что не оказывает отрицательного влияния на клеточную и гуморальную защиты организма коз и успокаивает коз опытных групп; аминазин в дозе 1 мг на кг массы тела животного, как и ветранквил, не оказывает вредного воздействия на показатели гуморального и клеточного факторов неспецифической защиты организма яловых козوماتок, но, в отличие от ветранквила, вызывает снижение уровня бактерицидной активности сыворотки крови [9]; рометар в дозе 0,08 мл на 10 кг массы тела коз не вызывает изменений в показателях клеточного и гуморального звеньев неспецифической защиты и создает релаксацию структурных элементов кожи, что уменьшает усилия для вычески пуха у коз [10].

Применение стресс-протекторов при выческе пуха у валухов оренбургских коз, способствующее лучшей отдаче пуха из шерстного покрова и большему начесу пуха, является актуальной задачей козоводства.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния стресс-протекторов (ветранквила и аминазина) на усиление естественной линьки валухов, в результате которой нарушается связь корней пуха с луковицей и уменьшаются физические усилия для его вычёсывания.

В задачи исследования входило изучение физиологического состояния на основе физических и гематологических показателей крови валухов опытных групп, получавших стресс-протекторы, определение времени вычески пуха, затраченное на каждое животное и массы полученного пуха.

Методика. Исследования проведены в СПК (колхоз) «Донской» Беляевского района Оренбургской области на валухах оренбургских коз ($n=60$), в возрасте четырёх лет. Отбор валухов в контрольную и опытные группы проводили по методике «Основы опытного дела в животноводстве» [11]. При выполнении исследований соблюдались требования по сведению к минимуму страдания животных. По

окончанию пастбищного периода сформировали контрольную и две опытные группы по 20 голов в каждой. Научные исследования проводили на валухах коз оренбургской породы, выращенных в одинаковых условиях содержания и кормления. В хозяйстве применяется отгонно-пастбищная система содержания коз в летний период на точках-стоянках. В зимнее время всё поголовье коз находится в кошарах, где имеют свободный доступ к подогретой или холодной воде, с выгульными кардами, в которых они получают грубые и концентрированные корма в соответствии с рационами по половозрастным группам. Кроме того, в кошарах находится соль-лизунец или рассыпная соль и мел. Для определения пуховой продуктивности валухов провели учёт индивидуального начёса пуха и времени, затраченного на выческу пуха. Отбор крови проводили двукратно (до введения стресс-протекторов валухам I и II опытных групп за 30 минут до вычески пуха), и через 2 часа после вычески пуха, в аналогичные промежутки времени брали кровь у контрольных животных. Температуру тела и пульс измеряли перед началом вычески пуха и после её окончания у животных всех групп. Введение опытным валухам I и II групп за 30 минут до вычески пуха стресс-протекторов способствует, на наш взгляд, более легкому отделению корней пуховых волокон от их луковиц и облегчению этой трудоёмкой работы по ческе коз, что приводит к повышению начеса более качественного пуха. Обработка полученных в исследовании данных осуществлена с помощью пакета программ «Microsoft Office» с определением среднеарифметических значений и стандартного отклонения.

Результаты. Пуховое козоводство – это менее механизированная отрасль животноводства, где в основном применяется ручной труд, в сравнении с другими отраслями животноводства. Из всех работ в пуховом козоводстве наиболее ответственная и трудоёмкая работа это – вычёсывание пуха из шерстного покрова коз. Перед её проведением животное фиксируют. Делают это двумя способами. При пер-

вом – козу привязывают в вертикальном положении, при втором – кладут боком на столики или стеллажи. Проводят вычёсывание пуха перед началом естественной линьки, когда на поверхности шерстного покрова коз появляются выпавшие, слегка свалывшиеся клочки пуха, а пуховые волокна отделяются от кожи и легко выдёргиваются. Линька происходит вследствие того, что корни пуховых волокон и их луковицы с волосяной сумкой сморщиваются и уменьшаются в размере из-за недостатка питания. В результате нарушается связь пуха с луковицей, он отторгается от неё и выпадает. Корни остевых волокон располагаются значительно глубже пуховых, поэтому ость выпадает позже, чем пух. Результаты наших исследований согласуются с результатами других исследователей [12, 13].

Пух из шерстного покрова вычёсывают специальными гребёнками, состоящими из

ручки и одного ряда зубцов из стальной проволоки. Чтобы облегчить очёс животных мы применили стресс-протекторы. Для проведения экспериментальных исследований по принципу аналогов, с учётом возраста, пола и живой массы, были подобраны 60 валухов четырёхлетнего возраста, из которых сформированы 3 группы по 20 голов в каждой. У валухов контрольной группы выческу пуха проводили без введения стресс-протекторов (контрольная), I опытной – вводили внутримышечно 1% раствор ветранквила (0,4 мг на кг массы тела), II опытной группе – 2,5% раствор аминазина (1 мг на кг массы тела). Препараты вводили валухам за 30 минут до начала вычески пуха. При проведении вычески пуха валухи контрольной группы испытывали дискомфорт, а аналоги опытных групп не проявляли признаков беспокойства. Показатели пуховой продуктивности и время вычески подопытных валухов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Начес и время вычески пуха у подопытных валухов ($X \pm m_x$, $n=20$)

Наименование	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Начес пуха, г	410±5,14	424±4,28*	431±4,66*
Время вычески, мин.	32,8±1,84	26,4±1,95*	27,9±1,92*

Примечание: * $P \leq 0,05$

Средний начёс пуха валухов контрольной группы составил 410 г, что на 14 г (3,4%, $P \leq 0,05$) меньше, чем в I опытной и на 21 г (5,4%, $P \leq 0,05$) – во II опытной группе. Валухи I опытной группы незначительно уступали по этому признаку ровесникам II опытной группы. Время вычески пуха у животных контрольной группы составило 32,8 минуты, что на 6,4 минуты (24,2%, $P \leq 0,05$) больше, чем у ровесников I и на 4,9 минут (17,6%, $P \leq 0,05$) – II группы. Животные II опытной группы несколько уступали аналогам I опытной.

Для выявления основных причин, обусловивших различия по времени вычески подопытных животных и массы полученного пуха, проведено определение клинико-гематологических показателей крови. Для этого были отобраны по 5 валухов в контрольной и опытных группах. Кровь выполняет различные

функции в организме животных: доставляет клеткам организма кислород и выводит углекислый газ, снабжает клетки питательными веществами, витаминами, минералами, водой и выводит из них продукты обмена. Сохраняет тепловой баланс организма. Состав крови изменяется под влиянием условий окружающей среды, режима кормления и способов содержания, физиологических особенностей (табл. 2).

У животных контрольной группы за время вычески пуха увеличилась температура тела на 0,5 градуса (1,3%, $P \leq 0,05$) и увеличился пульс на 13,2 удара в минуту (13,6%, $P \leq 0,05$), а у животных I и II опытных групп эти показатели не изменились и соответствовали физиологическим нормам. Показатели физиологического состояния валухов опытных групп были в следующих пределах: температура тела составила 39,5-39,9 градуса, пульс 91,6-99,2

удара в минуту, что является в пределах физиологических норм. По другим изучаемым физиологическим показателям животных контрольной и опытных групп до и после вычески пуха достоверных различий не выявлено.

Гематологические показатели крови валухов контрольной и опытных групп до и после вычески пуха достоверных различий не имели, что, по-видимому, объясняется отсутствием воздействия стресс-протекторов (ветранквила и аминазина), в изучаемый период, на состав крови валухов.

Таблица 2

Показатели крови коз контрольной и опытных групп ($X \pm mx$, $n=20$)

Показатели	Группа					
	контрольная		I опытная		II опытная	
	до вычески	после вычески	до вычески	после вычески	до вычески	после вычески
Физиологические показатели						
Температура, градусов	39,8±0,14	40,3±0,11*	39,6±0,18	39,5±0,24	39,8±0,06	39,9±0,33
Пульс, ударов в минуту	97,2±2,96	110,4±4,18*	97,6±3,42	96,9±3,45	99,2±4,56	91,6±4,47
Дыхание, дыхательных движений в минуту	20,9±1,62	22,6±1,95	21,2±1,34	21,8±1,66	21,8±1,27	21,9±1,63
Гематологические показатели						
Эритроциты, млн./мкл	16,8±0,64	16,6±0,38	15,3±0,56	15,8±0,33	15,3±0,44	15,5±0,88
Лейкоциты, тыс./мкл	12,3±0,96	12,4±0,59	12,6±0,52	12,9±0,47	12,2±0,76	11,8±0,64
Гемоглобин, г/л	87,8±2,46	89,6±2,58	87,4±2,47	87,1±2,71	86,6±2,97	86,9±2,77

Примечание: * $P < 0,05$

Выводы

1. Применение стресс-протекторов (ветранквила и аминазина) воздействовало на организм животных, способствовало лучшему отделению корней пуховых волокон от их луковиц, что привело к облегчению очеса животных и повышению начеса более качественного пуха.

2. Анализ клинических показателей у подопытных валухов показал, что у животных контрольной группы за время вычески пуха

увеличились температура тела и пульс, а у аналогов I и II опытных групп эти показатели не изменились и соответствовали физиологическим нормам.

Гематологические показатели у подопытных животных были в пределах физиологической нормы, и значимые различия не установлены.

Исследование проведено по плану НИР на 2019-2023гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0006).

Список источников

- Петров Н.И. Начёс и качество пуха коз оренбургской породы и помесей с козлами-производителями придонской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 3. С. 77-82. DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-77
- Мусалаев Х.Х., Чагаров С.У. Пути и методы создания стада белых пуховых коз Дагестана // Разведение овец и коз. Шерстование: сб. науч. тр. ВНИИОК. Ставрополь, 1981. С.19-24.
- Альков Г.В., Краскова З.К. Методы создания типа горноалтайских коз с белым пухом // Тезисы докл. науч.-производ. конф. Ставрополь. 1981. С.88-100.
- Tuncer SS. Some cashmere characteristics of hair goats raised in Van province // Australian Journal of Veterinary Science. 2018;50:125-128.
- Kerven C, McGregor B, Toigonbaev S. Cashmere-producing goats in Central Asia and Afghanistan // Animal Genetic Resources Recursos Genéticos Animales. 2009;45:15-27. DOI:10.1017/S1014233909990289
- McGregor BA. Quality attributes of commercial cashmere //South African Journal of Animal Science. 2004;34(5):137-140.
- Самбу-ХОО, Двалишвили В.Г. Продуктивно-биологические показатели популяций местных тувинских грубошерстных коз и советской шерстной породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 2. С.10-12.
- Мусалаев Х.Х. Селекционируемые признаки продуктивности аборигенных коз // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 1. С.18-19.
- Сычева М.В. Сравнительная оценка эффективности стресс-протекторов, применяемых в козоводстве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 3. С.143-145.

10. Мамонтов Ю.Н. Влияние рометара в оптимальной дозировке на морфологические показатели крови коз // Тезисы докладов межвузовской научно-практической конференции «Решение проблем стабилизации сельскохозяйственного производства на современном этапе развития». Оренбург, 1999. С.77.

11. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос, 1976. 304с.

12. Бельков Г.И., Панин В.А. Влияние интенсивности выращивания коз оренбургской породы на волосные фолликулы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3(95). С.352-356. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-352-356. EDNWGMGTD.

13. Панин В. А. Особенности продуктивности коз оренбургской породы // Модернизация аграрного образования : Сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции, Томск, 14 декабря 2021 года. Томск-Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. С. 1081-1084. – EDN KCYACO.

WAYS TO INCREASE THE FLEECE OF GOAT DOWN AND FACILITATE THE COMBING PROCESS

©2023. Nikolay I. Petrov

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, orniish@mail.ru

Abstract. Experimental studies were carried out in the SEC (collective farm) "Donskoy" of the Belyaevsky district of the Orenburg region in order to determine the effect of stress-protectors (vetranquil and aminazine) on the natural molting of wethers by reducing the bonds of the root of the down fiber with the bulb, which leads to the facilitation of the combing process. For the experiment, 60 four-year-old goat wethers of the Orenburg breed, grown in the same feeding and housing conditions, were selected, which were formed into 3 groups: a control group and two experimental ones, each group consisted of 20 heads. 30 minutes before the start of the comb, the animals of the first experimental group were intramuscularly injected with a 1% solution of vetranquil, the second experimental group - with a 2.5% solution of aminazine. Animals of the control group did not receive these injections. Animals of the control group experienced discomfort during the combing of down, and goats of the experimental groups were not anxious. The fleece of down from one wether of the control group was 410 g, which is 14 g (3.4%, $P \leq 0.05$) less than in the I experimental group and 21 g (5.1%, $P \leq 0.05$) less than in the II experimental group. The time of combing down in the control group was 32.8 minutes, which is 6.4 minutes (24.2%, $P \leq 0.05$) more than in the I experimental group and 4.9 minutes (17.6%, $P \leq 0.05$) more than in the II experimental group. The wethers of the control group, during the combing of down, showed an increased by 0.5 degrees (1.3%, $P \leq 0.05$) body temperature and their pulse increased by 13.2 units (13.6%, $P \leq 0.05$, these parameters did not change by the animals of the experimental groups and they met physiological standards.

Key words: downy goat breeding, wethers, molting, stress-protectors, blood composition, body temperature

References

1. Petrov N.I. Nachjosikachestvo puha kozorenburgskojporodyipomesej s kozlami-proizvoditeljamipridonskojporody (Fleece and down quality of goats of the Orenburg down breed and their crosses with servicing goats of the Don breed), Animal husbandry and fodder production, 2019, V.102, No 3, pp. 77-82. DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-77

2. MusalaeVKh.Kh., Chagarov S.U. Puti imetodysozdaniijastadabelyhpuhovyhkozDagestana (Ways and methods of creating a herd of white downy goats of Dagestan), Breeding of sheep and goats. Wool Studies: Collection of Science. Tr. VNIIOK. Stavropol, 1981, pp.19-24.

3. Alkov G.V., Kraskova Z.K. Metody sozdaniijatipagornoaltajskihkoz s belympuhom (Methods of creating the type of Gornoaltai goats with white down), Scientific-proizvod.conf. Stavropol, 1981, pp. 88-100.

4. Tuncer SS. Some cashmere characteristics of hair goats raised in Van province. Australian Journal of Veterinary Science. 2018;50:125-128.

5. Kerven C, McGregor B, Toigonbaev S. Cashmere-producing goats in Central Asia and Afghanistan. Animal Genetic Resources/Resources GénétiquesAnimales/RecursosGenéticosAnimales. 2009;45:15-27. DOI:10.1017/S1014233909990289

6. McGregor BA. Quality attributes of commercial cashmere. South African Journal of Animal Science. 2004;34(5):137-140.

7. Sambu-HOO, Dvalishvili V.G. Produktivno-biologicheskie pokazateli populacij mestnyhtuvinskih grubosherstnykh kozisovetskoi sherstnoj porody (Productive and biological indicators of populations of local Tuvinian rough-haired goats and the Soviet wool breed). Schafe, Ziegen, Wollgeschäft, 2015, No. 2, pp.10-12.

8. Musalaeв Kh.Kh. Selekcioniruemye priznaki produktivnosti aborigennykh koz (Selectable features of productivity of aboriginal goats). Schaf-, Ziegen-, Wollgeschäft, 2015, No. 1, pp.18-19.

9. Sycheva M.V. Sravnitel'naja ocenka jeffektivnosti stress-protectorov, primenjaemyh v kozovodstve (Comparative assessment of the effectiveness of stress-protectors used in goat breeding), Izvestia Orenburg State Agrarian University, 2004, No. 3, pp.143-145.

10. Mamontov Y.N. Vlijaniye rometara v optimal'noj dozirovke namorfologicheskie pokazateli krovikov (Influence of rometar in the optimal dosage on morphological parameters of goat blood), Abstracts of reports of the interuniversity scientific and practical conference "Solving the problems of stabilizing agricultural production at the present stage of development", Orenburg, 1999, P.77.

11. Ovsyannikov A.I. Osnovy opyt'nogo dela v zhivotnovodstve (Fundamentals of experimentation in animal husbandry), Moscow: Kolos, 1976, 304 p.

12. Belkov G.I., Panin V.A. Vlijaniye intensivnosti vyrashhivaniya kozorenburgskoi porody na volosjanye follikuly (Influence of the intensity of growing goats of the Orenburg breed on hair follicles), Izvestia Orenburg State Agrarian University, 2022, No. 3(95), pp. 352-356. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-352-356

13. Panin, V. A. Osobennosti produktivnosti kozorenburgskoi porody (Features of the productivity of goats of the Orenburg breed), Modernization of agrarian education: Collection of scientific papers based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference, Tomsk, December 14, 2021, Tomsk-Novosibirsk: Publishing Center of the Novosibirsk State Agrarian University "Golden Ear", 2021, pp. 1081-1084.

Сведения об авторах

Н.И. Петров – канд. с.-х. наук, научный сотрудник.

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

Information about the author

N.I. Petrov – Cand. Agr. Sci., Researcher.

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

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 06.06.2023; одобрена после рецензирования 03.07.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 06.06.2023; approved after reviewing 03.07.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 619:636.2:615.07

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_105

РАСПРОСТРАНЕНИЕ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНЫХ ИЗОЛЯТОВ *S. AUREUS* В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

©2023. Ольга Васильевна Соколова^{1✉}, Наталья Александровна Безбородова²,

Анна Сергеевна Кривоногова³, Владлена Дмитриевна Зубарева⁴

^{1,2,3,4} Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

¹ nauka_sokolova@mail.ru

Аннотация. В условиях интенсификации животноводства наблюдается высокая скученность животных, что способствует распространению различных микроорганизмов, повышению вирулентности циркулирующих патогенов и росту антибиотикорезистентности, в то время как устойчивость к заболеваниям у животных значительно снижается. *Staphylococcus aureus* является одним из основных возбудителей мастита и многих других заболеваний у крупного рогатого скота. Колонизация и последующее заражение сырого молока *S. aureus*, особенно штаммами, проявляющими множественную лекарственную устойчивость, способность образовывать биопленки и вырабатывать токсины, остается важной проблемой как для сельскохозяйственных организаций, так и для общественного здравоохранения. Целью нашего исследования являлось изучение распространения антибиотикорезистентных изолятов золотистого стафилококка, выделенных на предприятиях молочного животноводства, а также оценка уровня распространения полирезистентных штаммов, MRSA (диагностируемого по гену *mecA*) и VRSA (диагностируемого по устойчивости к ванкомицину). Микробиологическим исследованиям с определением антибиотикочувствительности диско-диффузным методом подвергнуто 606 образцов, молекулярно-генетическим исследованиям с определением генов резистентности – 562 образца биоматериалов от крупного рогатого скота и смывов с различных поверхностей животноводческих объектов Свердловской области, поступавших в лаборатории института с 2017 по 2022 гг. В результате проведенных исследований *S. aureus* был изолирован в 310 из 606 образцов биоматериалов, что составило 51,2%. Из них резистентными к антимикробным препаратам (АМП) оказались 90,9% изолятов *S. aureus*, а 12,4% изолятов были резистентными к препаратам из 3 и более групп антибиотиков. Уровень распространения MRSA (*mecA*+) составил 22,5%, количество VRSA и VISA – 5,3% и 4,6% соответственно. Проведенное исследование отражает современное состояние распространения антибиотикорезистентных изолятов *S. aureus* на животноводческих предприятиях Свердловской области.

Ключевые слова: антибиотикорезистентность, микроорганизмы, золотистый стафилококк, молочное животноводство, гены резистентности, антимикробные препараты

Введение. Передача золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus*) по цепочке производства молочных продуктов является новой проблемой общественного здравоохранения, связанной с вопросами безопасности

людей, животных и пищевых продуктов. ВОЗ и Центр по контролю и профилактике заболеваний (CDC) признали *S. aureus* в качестве «высокоприоритетного» и «серьезного угрожающего» патогена [1]. *Staphylococcus aureus*

представляет собой комменсальный и условно-патогенный микроорганизм млекопитающих, который колонизирует кожу и различные слизистые оболочки и встречается примерно у 20-30% населения [2, 3]. *S. aureus* может вызывать широкий спектр заболеваний у людей и животных. Как чувствительные к метициллину (MSSA), так и устойчивые к метициллину (MRSA) штаммы являются частыми причинами внутрибольничных и внебольничных инфекций.

S. aureus – факультативный внутриклеточный патоген, его способность развивать полирезистентность и образовывать биопленки – основная причина, определяющая сложность борьбы с этими инфекциями [4, 5]. Кроме того, золотистый стафилококк обладает широким спектром факторов вирулентности, которые обеспечивают адгезию и повреждение тканей, уклонение от иммунного ответа макроорганизма и прогрессирование заболевания [1].

Животные могут выступать в роли резервуара мультирезистентных штаммов золотистого стафилококка, которые могут вызывать инфекционные заболевания и у людей. Инфицирование новых популяций хозяев опосредуется высоким адаптационным потенциалом микроорганизма – путем приобретения и/или потери мобильных генетических элементов, таких как фаги, островки патогенности и плазмиды, а также дальнейших специфичных мутаций. Также известна способность ДНК золотистого стафилококка к репарациям, что вносит важный вклад в выживание патогена в тканях хозяина, а также способствует появлению мутировавших бактерий, устойчивых к антибиотикам [2, 3, 6].

Распространение полирезистентных изолятов *S. aureus*, особенно MRSA, отмечается в ряде европейских стран. В многоцентровом исследовании Tomao P. et al. (2020) при анализе 618 молочных ферм установлено, что более чем в 80% случаев нерасфасованное молоко из резервуаров было контаминировано золотистым стафилококком. Распространенность MRSA составляла 3,6% – для сырого молока и

15,9% – для работников данных сельскохозяйственных организаций соответственно. Большинство изолятов *S. aureus* обладает фенотипом множественной лекарственной устойчивости [7, 8]. Обнаруженный в 2011 году гомолог *tesA*, обозначенный как *tesC*, широко распространен в Европе и обладает большим разнообразием переносчиков (в том числе животные-компаньоны и дикие животные) [9].

К современным проблемам, связанным с резистентными формами золотистого стафилококка, относится распространение штаммов, устойчивых к ванкомицину – антибиотику из группы гликопептидов (VRSA). Резистентность к ванкомицину обусловлена появлением спонтанных мутаций в таких генах, как *walkR*, *rpoB*, *vraSR* и *mprF*, которые формируют ряд фенотипических изменений, связанных с устойчивостью к антибиотику (модификация заряда мембраны, повышение регуляции генов биосинтеза клеточной стенки, утолщение клеточной стенки, образование биопленки и модуляция ключевых клеточных процессов, снижение аутолиза) [1]. Уровень распространения VRSA в ряде стран достаточно высокий и составляет 16% в Африке, 5% – в Азии, 4% – в Северной Америке, 3% – в Южной Америке и 1% – в Европе [10].

Одной из основных причин появления штаммов *S. aureus*, устойчивых к АМП, является бесконтрольное использование антибиотиков в сельском хозяйстве [11]. Поэтому мониторинг антибиотикорезистентных изолятов *S. aureus* в молочном животноводстве становится важной задачей стратегии предупреждения распространения антибиотикорезистентности в целом. Цель нашего исследования – изучение антибиотикоустойчивости изолятов золотистого стафилококка, выделенных на животноводческих предприятиях по производству молока, оценка уровня распространения полирезистентных штаммов, MRSA (диагностируемого по гену *tesA*) и VRSA (диагностируемого по устойчивости к ванкомицину).

Методика. Исследования проводили в рамках Государственного задания Минобрнауки России в Уральском НИВИ – структурном

подразделении ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН по теме «Разработка методологических подходов к мониторингу, контролю и сдерживанию антибиотикорезистентности оппортунистических микроорганизмов в животноводстве».

Микробиологическим исследованиям с определением антибиотикочувствительности диско-диффузным методом подвергнуто 606 образцов, молекулярно-генетическим исследованиям с определением генов резистентности – 562 образца биоматериалов от крупного рогатого скота и смывов с различных поверхностей животноводческих объектов Свердловской области, поступавших в лаборатории института с 2017 по 2022 гг. Исследовали цервико-вагинальные смывы от коров; секрет молочной железы; смывы из носовых ходов, ушных раковин и конъюнктивы; соскобы с кожных покровов у телят; пробы фекалий; смывы с поверхностей загонов, кормушек, привязных цепей, труб, уборочного инвентаря.

Микробиологические исследования проводили в соответствии с Методическими указаниями по лабораторной диагностике стафилококкоза животных 432-3 от 29.07.1987, МР 4.2.0220-20 «4.2 Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-бактериологического исследования микробной обсемененности объектов внешней среды».

Для определения резистентности выделенных изолятов *Staphylococcus aureus* применяли стандартный диско-диффузионный метод на чашках с агаром Мюллера-Хинтона, с инкубацией в термостате при температуре $35 \pm 1^\circ\text{C}$ ($18 \pm 2\text{ч}$). В работе использовали стандартные коммерческие диски (производство НИЦФ, Санкт-Петербург) с известным содержанием действующего вещества (меропенем 10 мкг, ципрофлоксацин 5 мкг, рифампицин 5 мкг, ампициллин 10 мкг, амоксициллин 20 мкг, левомицетин 30 мкг, доксициклин 30 мкг, цефтриаксон 30 мкг, энрофлоксацин 5 мкг, тетрациклин 30 мкг, азитромицин 15 мкг, ванкомицин 30 мкг, гентамицин 120 мкг; цефазолин 30 мкг; тобрамицин 10 мкг; цефтиофур 30 мкг; линкомицин 30 мкг; неомицин 5 мкг; бацитрацин

0,04 ЕД;). Интерпретацию результатов проводили в соответствии с рекомендациями Института клинических и лабораторных стандартов и EUCAST (Elshafiee, Nader, Dorgham, & Namza, версия 12.0, действующая с 01.01.2022 г.).

Молекулярно-генетические исследования проводили с применением тест-системы для выделения ДНК бактерий «ДНК-сорбент» (ООО «ИнтерЛабсервис», Москва) и набора реагентов «СТАФИПОЛ». Идентификацию гена *tesA*, обуславливающего резистентность к метициллину и большинству бета-лактамов антибиотиков, проводили методом ПЦР с использованием набора реагентов ООО «Литех» (Москва). Амплификацию проводили в режиме реального времени с использованием анализаторов Rotor-Gene 3000 (Австралия), QuantStudio 5 (США).

Статистический анализ данных обработан математически на персональном компьютере с помощью стандартного пакета Microsoft Office 2016.

Результаты. В результате проведенных исследований 606 проб биоматериалов и смывов с объектов окружающей среды *Staphylococcus aureus* был изолирован из 310 проб, что составило 51,2%.

Фенотипическую устойчивость к АМП проявляли 282 изолята *Staphylococcus aureus* (90,9%). Наибольшее распространение получили изоляты, устойчивые к действию полусинтетических пенициллинов (амоксициллину – 12,5 % и ампициллину – 10,9%), рифампицинам (рифампицину – 11,9 %), макролидам (азитромицину – 10,9 %), гликопептидам (ванкомицину – 9,9%), полусинтетическим тетрациклинам (доксициклину – 8,4 %, тетрациклину – 6,4%), хлорамфениколам (левомицетину – 8,0 %), карбапенемам (меропенему – 6,4 %). В меньшей степени распространены изоляты, устойчивые к препаратам группы аминогликозидов (тобрамицину – 5,6%, неомицину – 2,9%). Среди изолятов, демонстрирующих устойчивость к фторхинолонам, 2,9% были резистентными к ципрофлоксацину и всего 0,3%

– к энрофлоксацину. Устойчивость к препаратам группы цефалоспоринов проявляла только небольшая часть микроорганизмов (к цефтиофуру - 2,9%, цефазолину - 1,9%, цефтри-

аксону, цефкиному - 0,3 %). Единичные признаки резистентности зарегистрированы к препаратам группы линкозамидов (линкомицин) и полипептидным антибиотикам (бацитрацин) (таблица 1).

Таблица 1

Распространение антибиотикорезистентных изолятов *S. aureus*

Антибиотики		Количество резистентных изолятов <i>S. aureus</i> , %
Полусинтетические пенициллины	- амоксициллин	12,5
	- ампициллин	10,9
Рифамицины	- рифампицин	11,9
Макролиды	- азитромицин	10,9
Гликопептиды	- ванкомицин	9,9
Полусинтетические тетрациклины	- доксициклин	8,4
	- тетрациклин	6,4
Хлорамфениколы	- левомицетин	8,0
Карбапенемы	- меропенем	6,4
Аминогликозиды	- тобрамицин	5,6
	- неомицин	2,9
Фторхинолоны	- ципрофлоксацин	2,9
	- энрофлоксацин	0,3
Цефалоспорины	- цефтиофуру	2,9
	- цефазолин	1,9
Линкозамиды	- линкомицин	0,3
Полипептидные антибиотики	- бацитроцин	0,3

При этом все выделенные изоляты проявляли чувствительность к цефтриаксону и гентамицину.

Обнаружение изолятов золотистого стафилококка, резистентных к ванкомицину, настораживает, так как данный антибиотик является препаратом выбора для лечения инфекций, вызванных MRSA у людей. В наших исследованиях обнаружено 15 ванкомицин-резистентных штаммов золотистого стафилококка (VRSA) и 13 с фенотипом промежуточной резистентности (VISA).

Уровень распространения полирезистентных изолятов *S. aureus* составил 12,4%. Большинство полирезистентных изолятов были одновременно устойчивы к группам аминогликозидов и рифамицинов, при этом также проявляя устойчивость к одной из следующих групп: полусинтетические пенициллины, макролиды, хлорамфениколы, тетрациклины. Также выделено несколько изолятов с ассоциированной устойчивостью к препаратам из групп аминогликозидов, тетрациклинов и полипептидных антибиотиков.

Полученные данные могут свидетельствовать о перекрестной резистентности. Примечательно, что большинство штаммов, несущих гены устойчивости к аминогликозидам, одновременно несут гены tet (устойчивость к тетрациклинам) и ген mecA (MRSA). Эти гены могут быть расположены на одном и том же или ассоциированном генетическом элементе [12]. Плазмиды стафилококков, принадлежащие к семейству pGO1/pSK41, являются самоконтъюгативными и способны мобилизовать небольшие неконъюгативные корезидентные плазмиды. Они также связаны с устойчивостью к гентамицину (и другим аминогликозидам) и могут быть связаны с устойчивостью к пенициллину, триметоприму, блеомицину, тетрациклину, макролидам, линкозамиду, стрептограмину В и антисептикам [13]. Данные плазмиды способствовали эволюции видов стафилококков в среде, обогащенной антибиотиками, они также связаны с устойчивостью к наиболее важным противомикробным препаратам, используемым для лечения MRSA: линезолиду и ванкомицину [14].

Полученные данные о фенотипической резистентности золотистого стафилококка позволили разработать карту распространения резистентных штаммов в Свердловской области (рисунок 1)



Рис 1. Распространение антибиотикорезистентных изолятов *S. aureus* на животноводческих предприятиях Свердловской области
 Fig. 1. Distribution of antibiotic-resistant isolates *S. aureus* in livestock enterprises of the Sverdlovsk region

При помощи ПЦР было исследовано 562 пробы, из них специфические участки ДНК *Staphylococcus aureus* были обнаружены в 129 пробах (22,9%). Ген *mecA*, обуславливающий

резистентность золотистого стафилококка к метициллину, а также к цефалоспорином 2 поколения, обнаружен у 22,5% изолятов.

Выводы. Проведенное исследование отражает современное состояние распространения антибиотикорезистентных изолятов *Staphylococcus aureus* на животноводческих предприятиях Свердловской области. В наших исследованиях количество изолятов золоти-

стого стафилококка с фенотипом резистентности к АМП составило 90,9%, из них 12,4% были резистентными к препаратам из 3 и более групп антибиотиков. Уровень распространения MRSA (*mecA+*) составил 22,5%, количество VRSA и VISA – 5,3% и 4,6% соответственно.

Источник финансирования: исследования выполнены в рамках госзадания № 0532-2021-0004.

Список источников

1. Li G., Walker M.J., De Oliveira D.M.P. Vancomycin resistance in *Enterococcus* and *Staphylococcus aureus*// Microorganisms. 2022. Vol. 11. No. 1. Article ID. 24. doi: 10.3390/microorganisms11010024
2. Haag A.F., Fitzgerald J.R., Penades J.R. Staphylococcus aureus in Animals. Microbiol Spectr. 2019. Vol. 7. No. 3. doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0060-2019
3. George A.N., Stewart J.R., Evans J.C., et al. Risk of Antibiotic-resistant *Staphylococcus aureus* dispersion from hog farms: a critical review // Risk Anal. 2020. Vol. 40. No. 8. pp. 1645-1665. doi: 10.1111/risa.13495
4. Oliveira D., Borges A., Simoes M. *Staphylococcus aureus* toxins and their molecular activity in infectious diseases. // Toxins (Basel). 2018. Vol. 10. No. 6. Article ID. 252. doi: 10.3390/toxins10060252
5. Zhou K., Li C., Chen D., et al. A review on nanosystems as an effective approach against infections of *Staphylococcus aureus* // Int J Nanomedicine. 2018. Vol. 13. pp. 7333-7347. doi: 10.2147/IJN.S169935
6. Ha K.P., Edwards A.M. DNA repair in *Staphylococcus aureus* // Microbiol Mol Biol Rev. 2021. Vol. 85. No. 4. Article ID. e0009121. doi: 10.1128/MMBR.00091-21
8. Mourabit N., Arakrak A., Bakkali M., et al. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* in farm animals and breeders in north of Morocco // BMC Infect Dis. 2020. Vol. 20. No. 1. Article ID. 602. doi: 10.1186/s12879-020-05329-4
7. Tomao P., Pirolo M., Agnoletti F., et al. Molecular epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from dairy farms in North-eastern Italy // Int J Food Microbiol. 2020. Vol. 332. Article ID. 108817. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108817
9. Aires-de-Sousa M. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among animals: current overview // Clin Microbiol Infect. 2017. Vol. 23. No. 6. pp. 373-380. doi: 10.1016/j.cmi.2016.11.002
10. Wu Q., Sabokroo N., Wang Y., et al. Systematic review and meta-analysis of the epidemiology of vancomycin-resistance *Staphylococcus aureus* isolates // Antimicrob Resist Infect Control. 2021. Vol. 10. No. 1. Article ID. 101. doi: 10.1186/s13756-021-00967-y
11. Park S., Ronholm J. *Staphylococcus aureus* in Agriculture: Lessons in Evolution from a Multispecies Pathogen// Clin Microbiol Rev. 2021. Vol. 34. No. 2. Article ID. e00182-20. doi: 10.1128/CMR.00182-20
12. Emaneini M., Bigverdi R., Kalantar D., et al. Distribution of genes encoding tetracycline resistance and aminoglycoside modifying enzymes in *Staphylococcus aureus* strains isolated from a burn center // Ann Burns Fire Disasters. 2013. Vol. 26. No. 2. pp. 76-80.
13. Ramsay J.P., Kwong S.M., Murphy R.J., et al. An updated view of plasmid conjugation and mobilization in *Staphylococcus* // Mob Genet Elements. 2016. Vol. 6. No. 4. Article ID. e1208317. doi: 10.1080/2159256X.2016.1208317
14. Fabio C., Veronica Medrano R., Kazuya M. The rise of virulence and antibiotic resistance in *Staphylococcus aureus*. UK: Intech Open. 2017. Ch. 4. doi: 10.5772/65967

DISTRIBUTION OF ANTIBIOTIC-RESISTANT ISOLATES *S. AUREUS* IN DAIRY FARMING

©2023. Olga V. Sokolova^{1✉}, Natalia A. Bezborodova², Anna S. Krivonogova³,
Vladlena D. Zubareva⁴

^{1,2,3,4}Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Yekaterinburg, Russia

¹ nauka_sokolova@mail.ru

Abstract. In modern intensive animal husbandry, there is a high overcrowding of animals, which contributes to the spread of antibiotic resistance and the increase in the virulence of circulating pathogens, while the resistance to diseases in animals significantly decreases. *Staphylococcus aureus* is one of the main causative agents of mastitis and many other diseases in cattle. The colonization and subsequent contamination of raw milk with *S. aureus*, especially with multidrug-resistant, biofilm-forming and toxin-producing strains, remains an important issue for both agricultural organizations and public health. The aim of our paper was to study the spread of antibiotic-resistant *Staphylococcus aureus* isolates obtained from dairy farms, as well as to assess the prevalence of multidrug-resistant strains, MRSA (diagnosed by the *mecA* gene) and VRSA (diagnosed by vancomycin resistance). A total of 606 samples of biomaterials were subjected to microbiological studies using disk diffusion method for the determination of antibiotic sensitivity, 562 samples of biomaterial from cattle and swabs from various surfaces of livestock facilities in the Sverdlovsk Region were subjected to molecular genetic studies with the determination of resistance genes. As a result of the study, *S. aureus* was isolated in 310 out of 606 samples of biomaterials, which amounted to 51.2%. 90.9% of these *S. aureus* isolates were resistant to antimicrobial drugs (AMPs), and 12.4% of isolates were resistant to drugs from 3 or more groups of antibiotics. The prevalence of MRSA (*mecA* +) was 22.5%, the number of VRSA and VISA – 5.3% and 4.6%, respectively. This study reflects the current state of antibiotic-resistant isolates *S. aureus* spread in livestock enterprises in the Sverdlovsk region.

Key words: antibiotic resistance, microorganisms, *Staphylococcus aureus*, dairy farming, resistance genes, antimicrobials

References

1. Li G., Walker M.J., De Oliveira D.M.P. Vancomycin resistance in *Enterococcus* and *Staphylococcus aureus*. *Microorganisms*, 2022, Vol. 11, No. 1, Article ID. 24. doi: 10.3390/microorganisms11010024
2. Haag A.F., Fitzgerald J.R., Penades J.R. *Staphylococcus aureus* in Animals. *MicrobiolSpectr*, 2019, Vol. 7, No. 3. doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0060-2019
3. George A.N., Stewart J.R., Evans J.C., et al. Risk of Antibiotic-resistant *Staphylococcus aureus* dispersion from hog farms: a critical review. *Risk Anal*, 2020, Vol. 40, No. 8, pp. 1645-1665. doi: 10.1111/risa.13495
4. Oliveira D., Borges A., Simoes M. *Staphylococcus aureus* toxins and their molecular activity in infectious diseases. *Toxins (Basel)*, 2018, Vol. 10, No. 6, Article ID. 252. doi: 10.3390/toxins10060252
5. Zhou K., Li C., Chen D., et al. A review on nanosystems as an effective approach against infections of *Staphylococcus aureus*. *Int J Nanomedicine*, 2018, Vol. 13, pp. 7333-7347. doi: 10.2147/IJN.S169935
6. Ha K.P., Edwards A.M. DNA repair in *Staphylococcus aureus*. *Microbiol Mol Biol Rev*, 2021, Vol. 85, No. 4, Article ID. e0009121. doi: 10.1128/MMBR.00091-21
7. Mourabit N., Arakrak A., Bakkali M., et al. Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* in farm animals and breeders in north of Morocco. *BMC Infect Dis*, 2020, Vol. 20, No. 1, Article ID. 602. doi: 10.1186/s12879-020-05329-4
8. Tomao P., Pirolo M., Agnoletti F., et al. Molecular epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from dairy farms in North-eastern Italy. *Int J Food Microbiol*, 2020, Vol. 332, Article ID. 108817. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108817
9. Aires-de-Sousa M. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among animals: current overview. *Clin Microbiol Infect*, 2017, Vol. 23, No. 6, pp. 373-380. doi: 10.1016/j.cmi.2016.11.002
10. Wu Q., Sabokroo N., Wang Y., et al. Systematic review and meta-analysis of the epidemiology of vancomycin-resistance *Staphylococcus aureus* isolates. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2021, Vol. 10, No. 1, Article ID. 101. doi: 10.1186/s13756-021-00967-y
11. Park S., Ronholm J. *Staphylococcus aureus* in Agriculture: Lessons in Evolution from a Multispecies Pathogen. *Clin Microbiol Rev*, 2021, Vol. 34, No. 2, Article ID. e00182-20. doi: 10.1128/CMR.00182-20

12. Emaneini M., Bigverdi R., Kalantar D., et al. Distribution of genes encoding tetracycline resistance and aminoglycoside modifying enzymes in *Staphylococcus aureus* strains isolated from a burn center. *Ann Burns Fire Disasters*, 2013, Vol. 26, No. 2, pp. 76-80.

13. Ramsay J.P., Kwong S.M., Murphy R.J., et al. An updated view of plasmid conjugation and mobilization in *Staphylococcus*. *Mob Genet Elements*, 2016, Vol. 6, No. 4, Article ID. e1208317. doi: 10.1080/2159256X.2016.1208317

14. Fabio C., Veronica Medrano R., Kazuya M. The rise of virulence and antibiotic resistance in *Staphylococcus aureus*. UK: IntechOpen, 2017. Ch. 4. doi: 10.5772/65967

Сведения об авторах

О.В. Соколова^{1✉} – д-р ветеринар. наук, ведущий научный сотрудник;

Н.А. Безбородова² – канд. вет. наук, старший научный сотрудник;

А.С. Кривоногова³ – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник;

В. Д. Зубарева⁴ – аспирант, старший специалист.

^{1,2,3,4}Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского 112а, Екатеринбург, Россия, 620142.

¹nauka_sokolova@mail.ru, AuthorID: 648613

²n-bezborodova@mail.ru, AuthorID: 665979

³tel-89826512934@yandex.ru, AuthorID: 683239

⁴zzub97@mail.ru, AuthorID: 1109951

Information about the authors

O.V. Sokolova^{1✉} – Dr. Vet. Sci., Leading Researcher;

N.A. Bezborodova² – Cand. Vet. Sci., Senior Researcher;

A.S. Krivonogova³ – Dr. Biol. Sci., Leading Resercher;

V.D. Zubareva⁴ – Postgraduate Student, Senior Specialist.

^{1,2,3,4}Federal State Budgetary Scientific Institution “Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”, 112a, Belinskogo St., Yekaterinburg, Russia, 620142

¹nauka_sokolova@mail.ru, AuthorID: 648613

²n-bezborodova@mail.ru, AuthorID: 665979

³tel-89826512934@yandex.ru, AuthorID: 683239

⁴zzub97@mail.ru, AuthorID: 1109951

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 18.04.2023; одобрена после рецензирования 05.05.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 18.04.2023; approved after reviewing 05.05.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 619:543.48:636.085.3/636.2

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_113

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ МОЧЕВИНЫ В КОРМАХ И КОРМОВОМ СЫРЬЕ

©2023. Мария Андреевна Суздальцева^{1✉}, Павел Олегович Бусыгин²,
Александр Иванович Белоусов³, Анна Николаевна Васильева⁴,
Алексей Викторович Лысов⁵

^{1,2,3,4,5} Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

¹lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

Аннотация. В данной работе представлены результаты лабораторных исследований по содержанию массовой доли мочевины, азота и сырого протеина, белка по Барнштейну в кормах и кормовом сырье в 2017-2021 гг. За этот период было проанализировано 178 проб кормов растительного и животного происхождения из разных сельскохозяйственных предприятий и хозяйств Свердловской области. Выявлена зависимость содержания небелкового азота и сырого протеина от максимального результата массовой доли мочевины в кормах и кормовом сырье. Согласно нормативным документам, а также собственным расчетам получена достоверная вероятность для среднего значения массовой доли мочевины. Была проведена статистическая обработка данных для каждого вида кормового сырья, которая показала превышение массовой доли мочевины в 34% проб рыбной муки, в 16% проб мясокостной муки, в 20% проб белково-кормовой смеси (БКС), в 36% проб шротов и в 34% проб жмыхов.

Ключевые слова: синтетическая мочевина, карбамид, небелковый азот, корма, сырье, рыбная мука, достоверный интервал

Введение. Морфофункциональное состояние разных видов животных обусловлено особенностями эволюции, типом кормления, условиями обитания. Согласно данным О.Я. Якимова, у сельскохозяйственных животных, в силу экологических особенностей скотоводства, часто наблюдается нарушение обменных процессов в организме, при этом наиболее важным фактором является кормовая. Именно он определяет баланс необходимых нутриентов, а также поступление в организм токсичных веществ, напрямую влияя на содержание этих веществ в сыворотке крови, молоке и мясе [4, 6].

В современном животноводстве в качестве «белковой добавки» для жвачных животных все чаще используют кормовую (синтетиче-

скую) мочевину, которая способствует увеличению молочной продуктивности. Доказано, что в допустимых количествах карбамид в кормовом сырье не оказывает негативного влияния на физиологическое состояние здоровья и продуктивность жвачных животных [2, 8]. Однако следует отметить, что высокое содержание кормового карбамида в рационе крупного рогатого скота приводит к чрезмерному образованию аммиака, нарушению синтеза мочевины в печени и выведению избытка мочевины из организма с мочой и молоком [1, 3].

Многие зарубежные ученые полагают, что нормированное использование небелкового азота в рационе крупного рогатого скота имеет ряд преимуществ вследствие снижения

рисков интоксикации мочевиной, низкой стоимости и повсеместной доступности в сравнении с истинными источниками белка в составе корма [10, 11,13].

Важно учитывать, что скармливать кормовой карбамид разрешено только жвачным животным. Для всех остальных видов сельскохозяйственных животных и жвачных моложе 6-7 месяцев использование карбамидного концентрата запрещено, так как это вещество для данной категории животных является токсичным [9, 11]. Доказано, что увеличение содержания в рационе мочевины на 16-17% у ягнят на откорме вызывает метаболический ацидоз [12]. Поэтому необходимо контролировать содержание кормового карбамида при составлении технологической рецептуры комбикорма, отвечающей требованиям нормативных документов.

Ранее полученные результаты наших исследований указывают на фальсификацию рыбной муки различными видами добавок, в том числе и кормовой мочевиной, что совпадает с отечественными и зарубежными литературными данными [5, 7]. Таким образом, учитывая опасность избыточного содержания мочевины в рыбной муке, ее максимально допустимый уровень, согласно техническим условиям, должен составлять не более 0,3%.

Цель нашего исследования – провести контроль содержания массовой доли мочевины в кормах и кормовом сырье. Для достижения данной цели был проведен статистический анализ проб кормов, рассчитана средняя концентрация мочевины в кормах, и кормовом сырье, а также стандартное отклонение. На основании полученных результатов установлены значения доверительного интервала для среднего арифметического.

Методика. Исследования проводили на базе лаборатории качества кормов отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в течение 2017-2021 гг. За этот период было проанализировано 178 проб кормов растительного и животного происхождения отечественного производства на содержание

массовой доли мочевины, массовой доли азота и сырого протеина, белка по Барнштейну.

Подготовку проб кормов для испытаний проводили в соответствии с ГОСТ ISO 6498-2014 [11]. Определение массовой доли мочевины выполняли в соответствии с ГОСТ Р 51422-99, ГОСТ 29113-91. Массовую долю азота и сырого протеина, белка по Барнштейну проводили по ГОСТ 13496.4-2019 и ГОСТ Р 57221-2016. При проведении исследований использовали следующее лабораторное оборудование: лабораторную мельницу «Вьюга ЗМТ», весы лабораторные электронные МВ 210-А, спектрофотометр UV-1800 (пр-во Япония), устройство мокрого сжигания (УМС – 6М).

Результаты. В результате лабораторного контроля качества за последние пять лет установлено, что в 22% проб рыбной муки содержание массовой доли мочевины находилось выше предельно допустимого значения в 3,7-4,0 раза. Статистическая обработка каждого из анализируемого вида кормового сырья показала высокую концентрацию массовой доли мочевины в 34% проб рыбной муки, в 16% проб мясокостной муки, в 20% проб БКС, в 36% проб шротов и в 34% проб жмыхов.

Результат содержания массовой доли мочевины в шроте подсолнечном имел достоверное совпадение с практически полученным результатом небелкового азота. Это подтверждает добавление в 29% проб шрота подсолнечного неорганического азотсодержащего соединения, например, кормового карбамида, с целью повышения массовой доли сырого протеина.

В ходе исследования отмечено, что содержание массовой доли мочевины в пробах рыбной муки составило 0,11-1,20%; в сое кормовой – 0,30-2,03%; мясо-костной муке – 0,12-0,48%; жмыхах – 0,10-3,30%; шротах – 0,12-9,79%; белково-кормовом сырье (БКС) – 0,09-1,63%; белково-витаминно-минеральном концентрате (БВМК) – 0,70-3,30%.

На основании полученных нами результатов установлен доверительный интервал для среднего содержания массовой доли мочевины

в кормах, и кормовом сырье. Также по результатам проб с максимально высоким содержанием массовой доли мочевины можно прове-

сти теоретический расчет изменения содержания небелкового азота и сырого протеина. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость содержания небелкового азота и сырого протеина (с. п.) от максимального результата массовой доли мочевины (м. д.) в кормах и кормовом сырье, %

Вид корма	м. д. мочевины, %	Доверительный интервал м. д. мочевины, %	Теоретическое содержание небелкового азота, %	Теоретическое содержание массовой доли с. п. %
Рыбная мука	0,11-1,20	0,11±0,03	0,55	3,44
Соя кормовая	0,30-2,03	1,46±0,77	0,93	5,81
Мясо-костная мука	0,12-0,48	0,25±0,09	0,22	1,38
Жмых	0,10-3,30	0,21±0,08	1,52	9,50
Шрот	0,12-9,79	0,13±0,03	4,50	28,13
БКС	0,09-1,63	0,34±0,25	0,75	4,69
БВМК	0,70-3,30	2,15±0,89	1,52	9,50

Проведенные расчеты показали, что при добавлении в рыбную муку 1,20% мочевины содержание небелкового азота увеличивается на 0,55%, а сырого протеина – на 3,44%. Соответственно, при добавлении 9,79% мочевины к шроту подсолнечному содержание небелкового азота увеличивается на 4,50%, а сырого протеина – на 28,13%.

Так, из данных таблицы видно, что при максимально высокой концентрации массовой доли мочевины в различном кормовом сырье, содержание азота небелкового происхождения значительно повышается и приводит к увеличению содержания массовой доли сырого протеина. Что в свою очередь, снижает истинную питательную ценность корма и может привести к развитию диарейного синдрома и синдрому острой почечной недостаточности [1]. Возможно, это связано с несоблюдением правил приготовления рациона для крупного рогатого скота с добавлением кормового карбамида. Также данная ситуация осложняется тем, что в Российской Федерации нет регламента по содержанию небелкового азота в кормовой продукции для сельскохозяйственных животных.

Выводы. По проведенным лабораторным испытаниям и полученным результатам нами были сделаны следующие выводы:

1. Рассчитан доверительный интервал для среднего содержания мочевины в кормах, и кормовом сырье, который может являться основанием для последующих расчётов нормативных значений её содержания.

2. Конечно, введение мочевины позволяет существенно повысить массовую долю сырого протеина в продукте, увеличив, тем самым, его «сомнительную коммерческую привлекательность» для потребителя. На сегодняшний день нормативные требования к предельно допустимым нормам мочевины в кормах и кормовом сырье отсутствуют (нормируется только в технических условиях на рыбную муку). Для однокомпонентного кормового сырья подобное использование может быть выявлено путем сопоставления данных о содержании в пробе сырого протеина и истинного белка методом Барнштейна. Поэтому, необходимо разработать систему предельно допустимых норм для содержания мочевины в разных видах сырья и готовых кормов для животных.

3. Также рекомендуется проводить непрерывный производственный контроль по определению количественных значений мочевины в кормах для корректировки рационов, предупреждения ухудшения здоровья и обеспечения продуктивного долголетия коров.

Список источников

1. Белоусов А.И. Иммунобиохимическая и морфофункциональная характеристика высокопродуктивных коров при разной эпизоотической и микотоксикологической нагрузке: дисс. д-ра вет. наук. Екатеринбург, 2021. С. 177-178.
2. Гусаров И.В., Фоменко П.А., Богатырева Е.В. О необходимости нормирования содержания мочевины в кормах для КРС // Комбикорма. 2020. Вып. 10. С. 56-58.
3. Журавлев М.С., Истомин А. Защищенная мочевина в кормах для коров // Наше сельское хозяйство. 2021. Вып. 14. С. 16-19.
4. Кривоногова А.С., Исаева А.Г., Беспмятных Е.Н. Морфофизиологический профиль продуктивных коров на радиационно-загрязненных территориях // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2016. Вып. 4. С. 198-200.
5. Суздальцева М.А., Моденов Д.В., Лысов А.В. Комплексная оценка показателей питательности и безопасности кормовой сырья и кормов для сельскохозяйственных животных и птиц // БИО. 2019. Вып. 9. С. 12-15.
6. Шкуратова И.А., Белоусов А.И., Красноперов А.С. Сезонные изменения метаболического профиля высокопродуктивных коров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. Вып. 4. С. 156-160.
7. Hong T. T. T.; Lien P. T. B.; Hai D. T.; Hang P. T.; Quan N. H. Protein-enriched cassava root pulp as partial replacement for fish meal in diets for growing pigs // Livestock Research for Rural Development. 2017. Volume 29 (9).
8. Miranda, M.S.; Arcaro, J.R.P.; Saran Netto, A.; Silva, S.L.; Pinheiro, M.G.; Leme, P.R. Effects of partial replacement of soybean meal with other protein sources in diets of lactating cows // Animal 2019. №13. P. 1403-1411.
9. Ravi Kanth Reddy, P.; Srinivasa Kumar, D.; Raghava Rao, E.; Venkata Seshiah, C.; Sateesh, K.; Pradeep Kumar Reddy, Y.; Hyder, I.; Lehuger, S.; Gabrielle, B.; Gagnaire, N. Assessment of eco-sustainability vis-à-vis zoo-technical attributes of soybean meal (SBM) replacement with varying levels of coated urea in Nellore sheep (Ovis aries). PLoS ONE 2019. 14(8). e0220252.
10. Rozanski, S.; Vivian, D.R.; Kowalski, L.H.; Prado, O.R.; Fernandes, S.R.; De Souza, J.C.; De Freitas, J.A. Carcass and meat traits, and non-carcass components of lambs fed ration containing increasing levels of urea // Semin. Agrar. 2017. №38. P. 1577-1594.
11. Rozanski, S.; Vivian, D.R.; Kowalski, L.H.; Rochadelli, R.; De Freitas, J.A.; Garcez Neto, A.F.; Fernandes, S.R. The economic viability of the inclusion of urea in the ration for feedlot lambs // Rev. Bras. Saúde Prod. Anim. 2019. №20. P. 1-12.
12. Saro, C.; Mateo, J.; Andrés, S.; Mateos, I.; Ranilla, M.J.; López, S.; Martín, A.; Giráldez, F.J. Replacing Soybean Meal with Urea in Diets for Heavy Fattening Lambs: Effects on Growth, Metabolic Profile and Meat Quality // Animals. 2019. 9. 974.
13. Zhang, C.; Li, M.M.; Al-Marashdeh, O.; Gan, L.P.; Zhang, C.Y.; Zhang, G.G. Performance, rumen fermentation, and gastrointestinal microflora of lambs fed pelleted or unpelleted total mixed ration // Anim. Feed Sci. Technol. 2019. №253. P. 22–31.

LABORATORY CONTROL OF THE MASS FRACTION OF UREA
IN FEED AND FODDER RAW MATERIALS

©2023. Maria A. Suzdaltseva^{1✉}, Pavel O. Busygin², Alexander I. Belousov³, Anna N. Vasilyeva⁴, Alexey V. Lysov⁵

^{1,2,3,4,5} Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

¹lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of laboratory studies on the content of the mass fraction of urea, nitrogen and crude protein, protein according to Barnstein in feed and feed raw materials in 2017-2021. During this period, 178 samples of plant and animal feed from various agricultural enterprises and farms of the Sverdlovsk region were analyzed. The dependence of the content of non-protein nitrogen and crude protein on the maximum result of the mass fraction of urea in feed and feed raw materials was revealed. According to regulatory documents, as well as our own calculations, a confidence probability was obtained for the average value of the mass fraction of urea. Statistical data processing was carried out for each type of feed raw material, which showed an excess of the mass fraction of urea in 34% of fish flour samples, in 16% of meat and bone meal tankage samples, in 20% of protein feed raw materials samples, in 36% of oilseed residues samples and in 34% of rangeland cake samples.

Key words: synthetic urea, carbamide, nonprotein nitrogen, feed, raw materials, fish flour, confidence interval

References

1. Belousov A.I. Immunobiohimicheskaya i morfofunkcional'naya harakteristika vysokoproduktivnyh korov pri raznoj epizooticheskoy i mikotoksikologicheskoy nagruzke (Immunobiochemical and morphofunctional characteristics of highly productive cows under different epizootic and mycotoxicological load), diss. d-ra vet. nauk, Ekaterinburg, 2021, pp. 177-178.

2. Gusarov I.V., Fomenko P.A., Bogatyreva E.V. O neobkhodimostinormirovaniyasoderzhaniamocheviny v kormakhhdlya KRS (On the need to standardize the urea content in feed for cattle), *Kombikorma*, 2020, Vyp. 10, pp. 56-58.
3. Zhuravlev M.S., Istomin A. Zashchishchennayamochevina v kormakhhdlyakorov (Protected urea in cow feed), *Nashe sel'skokhozyaistvo*, 2021, Vyp. 14, pp. 16-19.
4. Krivonogova A.S., Isaeva A.G., Bepamyatnykh E.N. Morfofiziologicheskii profil' produktivnykh korovnaradiatsionnozagryaznennykh territoriyakh (Morphophysiological profile of productive cows in radiation-contaminated territories), *Voprosynormativno-pravovogoregulirovaniya v veterinarii*, 2016, Vyp. 4, pp. 198-200.
5. Suzdal'tseva M.A., Modenov D.V., Lysov A.V. Kompleksnaya otsenka pokazateley pitatel'nosti i bezopasnostikormovogosyr'ya ikormovdlyasel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i ptits (Comprehensive assessment of nutritional value and safety indicators of feed raw materials and feed for farm animals and poultry), *BIO*, 2019, Vyp. 9, pp. 12-15.
6. Shkuratova I.A., Belousov A.I., Krasnoperov A.S. Sezonnnye izmeneniya metabolicheskogo profilya vyssokoproduktivnykh korov (Seasonal changes in the metabolic profile of highly productive cows), *Voprosynormativno-pravovogoregulirovaniya v veterinarii*, 2019, Vyp. 4, pp. 156-160.
7. Hong T. T. T.; Lien P. T. B.; Hai D. T.; Hang P. T.; Quan N. H. Protein-enriched cassava root pulp as partial replacement for fish meal in diets for growing pigs. *Livestock Research for Rural Development*. 2017. Volume 29 (9).
8. Miranda, M.S.; Arcaro, J.R.P.; Saran Netto, A.; Silva, S.L.; Pinheiro, M.G.; Leme, P.R. Effects of partial replacement of soybean meal with other protein sources in diets of lactating cows. *Animal* 2019. №13. P. 1403-1411.
9. Ravi Kanth Reddy, P.; Srinivasa Kumar, D.; Raghava Rao, E.; Venkata Seshiah, C.; Sateesh, K.; Pradeep Kumar Reddy, Y.; Hyder, I.; Lehuger, S.; Gabrielle, B.; Gagnaire, N. Assessment of eco-sustainability vis-à-vis zoo-technical attributes of soybean meal (SBM) replacement with varying levels of coated urea in Nellore sheep (*Ovis aries*). *PLoS ONE* 2019. 14(8). e0220252.
10. Rozanski, S.; Vivian, D.R.; Kowalski, L.H.; Prado, O.R.; Fernandes, S.R.; De Souza, J.C.; De Freitas, J.A. Carcass and meat traits, and non-carcass components of lambs fed ration containing increasing levels of urea. *Semin. Agrar.* 2017. №38. P. 1577-1594.
11. Rozanski, S.; Vivian, D.R.; Kowalski, L.H.; Rochadelli, R.; De Freitas, J.A.; Garcez Neto, A.F.; Fernandes, S.R. The economic viability of the inclusion of urea in the ration for feedlot lambs. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 2019. №20. P. 1-12.
12. Saro, C.; Mateo, J.; Andrés, S.; Mateos, I.; Ramilla, M.J.; López, S.; Martín, A.; Giráldez, F.J. Replacing Soybean Meal with Urea in Diets for Heavy Fattening Lambs: Effects on Growth, Metabolic Profile and Meat Quality. *Animals*. 2019. 9. 974.
13. Zhang, C.; Li, M.M.; Al-Marashdeh, O.; Gan, L.P.; Zhang, C.Y.; Zhang, G.G. Performance, rumen fermentation, and gastrointestinal microflora of lambs fed pelleted or unpelleted total mixed ration. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019. №253. P. 22–31.

Сведения об авторах

М.А. Суздальцева^{1✉} – старший научный сотрудник;

П.О. Бусыгин² – канд. ветеринар. наук, старший научный сотрудник;

А.И. Белоусов³ – д-р ветер. наук, ведущий научный сотрудник;

А.Н. Васильева⁴ – младший научный сотрудник;

А.В. Лысов⁵ – кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник.

^{1,2,3,4,5} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, Россия

¹lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

²pavelpersonalmail@gmail.com

³info@urfanic.ru

⁴milka0411@ya.ru

⁵vlde_urmivi@mail.ru

Information about the authors

M.A. Suzdaltseva^{1✉} – Senior Researcher;

P.O. Busygin² – Cand. Vet. Sci., Senior Researcher;

A.I. Belousov³ – Dr. Vet. Sci., Leading Researcher;

A.N. Vasilyeva⁴ – Junior Researcher;

A.V. Lysov⁵ – Cand. Vet. Sci., Senior Researcher;

^{1,2,3,4,5} Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

¹lady.suzdaltseva2014@yandex.ru

²pavelpersonalmail@gmail.com

³info@urfanic.ru

⁴milka0411@ya.ru

⁵vlde_urmivi@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 09.02.2023; одобрена после рецензирования 18.03.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 18.03.2023; accepted for publication 04.09.2023

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАДА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ

©2023. Валерий Юрьевич Хайнацкий

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

Аннотация. В Российской Федерации казахская белоголовая – одна из наиболее распространенных специализированных пород мясного направления продуктивности, но её генетическая структура остается недостаточно изученной. В статье представлена характеристика генетической структуры одного из стад этой породы по пятнадцати микросателлитным локусам. Генетико-статистический анализ проведен с использованием GenAlEx, представляющего собой макрос Excel, в программном пакете Microsoft Office. Изучены особенности полиморфизма микросателлитных маркеров ДНК, входящих в стандартную панель контроля происхождения крупного рогатого скота, дана характеристика генетической структуры казахской белоголовой породы по STR-локусам. Рассчитаны показатели: общее и эффективное количество аллелей; индекс информативности Шеннона; наблюдаемая, ожидаемая и непредвзятая ожидаемая гетерозиготности; F - индекс фиксации и ряд других показателей. Использование молекулярно-генетических методов, позволит обеспечить контроль микроэволюционных процессов в популяции, изучить генетические ресурсы породы, определить генетическую структуру и осуществлять мониторинг с целью предотвращения снижения генетического разнообразия генофондной популяции.

Ключевые слова: казахская белоголовая порода, микросателлиты, локус, аллель, полиморфизм, гетерозиготность генетическое разнообразие

Введение. Казахская белоголовая – первая специализированная порода скота мясного направления продуктивности, созданная на территории бывшего Союза методом воспроизводительного скрещивания местного скота с одной из лучших мировых пород – герефордской. Интенсивное использование в воспроизводстве производителей герефордской породы практически на протяжении всего периода существования казахской белоголовой породы привело к вытеснению крови местного аборигенного скота. По этой причине в 2022 году порода отнесена к генофондным, поскольку теряет ряд особенностей, присущих казахской белоголовой породе и требует сохранения, так как представляет хозяйственное и национально-культурное значение в местах ее разведения.

Использование молекулярно-генетических методов, в том числе и микросателлитного анализа, для обеспечения контроля микроэволюционных процессов в популяции, позволит изучить генетические ресурсы породы, определить ее генетическую структуру и осуществлять мониторинг с целью предотвращения снижения генетического разнообразия, а также предоставит материал для создания эффективных селекционных программ для совершенствования породы и сохранения ее генофонда.

Микросателлиты – это особый класс ДНК-маркеров, состоящих из нескольких пар нуклеотидов, коротких фрагментов ДНК, повторяемых много раз [9]. Общая длина такого повтора при этом составляет обычно менее

300–400 нуклеотидов. Они представлены десятками аллелей в каждом локусе, легко выявляются и идентифицируются [12], и различаются длиной (в основном числом повторов). Микросателлиты часто называют короткими тандемными повторами и обозначают как STR (short tandem repeat) или как SSR (simple sequence repeat) – простое повторение последовательности. Они обладают менделевским кодоминантным наследованием, полиаллельны, то есть в популяции присутствует более двух аллелей, что всегда позволяет отличить гетерозиготу от любой из гомозигот [1], являются удобным инструментом для исследования микроэволюционных процессов [11], благодаря относительно несложной методике определения, большому разнообразию аллелей и высокому уровню гетерозиготности. Широко используются для решения вопросов, связанных с подтверждением происхождения животных [4] и верификации родословных [5, 8].

Несмотря на то, что казахская белоголовая является одной из наиболее распространенных пород в нашей стране, её генетическая структура остается недостаточно изученной, и имеются лишь единичные работы, посвященные ее генетическому разнообразию [6, 2]. Данная и последующие наши работы по микросателлитному анализу направлены на восполнение недостающих знаний для использования в дальнейшем.

Целью исследования является освоение современного статистического программного обеспечения GenAlEx в версии 6.5 [10, 13, 14] и проведение на его основе генетико-популяционного анализа особенностей полиморфизма микросателлитных маркеров ДНК, входящих в стандартную панель контроля происхождения крупного рогатого скота; оценка генетического разнообразия и характеристика генетической структуры казахской белоголовой породы по STR-локусам для использования в селекционной работе и сохранения генофонда породы.

Методика. Объектом исследования является поголовье казахской белоголовой породы, завезенное из племенных хозяйств

Оренбургской области в ООО «Агропродукт» Республики Татарстан. Генотипирование проводили по образцам крови, забор которой осуществляли специалисты хозяйства в объеме 5–7 мл у каждого животного. Образцы крови помещали в стандартные вакуумные пробирки для гематологических исследований, содержащие антикоагулянт ЭДТА. Образцы транспортировались в лицензированную лабораторию молекулярно-генетической экспертизы ООО «Мой ген» (г. Москва).

Генотипирование проводили специалисты лаборатории ООО «Мой ген» по 15 коротким тандемным повторам (STR) нуклеотидных последовательностей ДНК: ETH3, CSSM66, INRA23, BM1818, ILSTS006, TGLA227, TGLA126, TGLA122, SPS115, ETH225, TGLA53, CSRM60, BM1824, BM2113, ETH10, рекомендованных Международными организациями для контроля происхождения крупного рогатого скота.

Генетико-статистический анализ осуществлен с использованием GenAlEx, представляющего собой макрос Excel, в программном пакете Microsoft Office. Были рассчитаны следующие показатели: N - число образцов; Na – общее количество аллелей; Ne - количество эффективных аллелей; I - индекс информации Шеннона; Ho - наблюдаемая гетерозиготность; He – ожидаемая гетерозиготность; uHe – непредвзятая ожидаемая гетерозиготность; F - индекс фиксации.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)», сведены к минимуму страдания животных и взято минимальное количество образцов крови.

Результаты. В результате генотипирования популяции (74 головы) было идентифицировано 108 аллеля (N), размер которых варьировал от 79 до 300 пар нуклеотидов. Число аллелей в изучаемых локусах варьировало от 4 до

11 и в среднем составляло $7,20 \pm 0,449$ на локус. В исследуемом стаде наибольшее число аллелей приходилось на локусы: INRA 23, BM 2113 и TGLA 122 (по восемь аллелей), TGLA 227 и CSRM 60 (по девять) и TGLA 53 с одиннадцатью аллелями. Меньшее число аллелей было в локусах: BM 1818, ENT 225, ETN 10 – по шесть аллелей, а также TGLA 126 – по пять и ENT 3 – с четырьмя аллелями.

Число эффективных аллелей (N_e), являющихся важным критерием информативности системы, в нашем исследовании составило 59,2, в среднем на локус приходилось $3,95 \pm 0,325$ аллеля, что значительно ниже по сравнению с их общим (N_a) количеством (рис. 1).

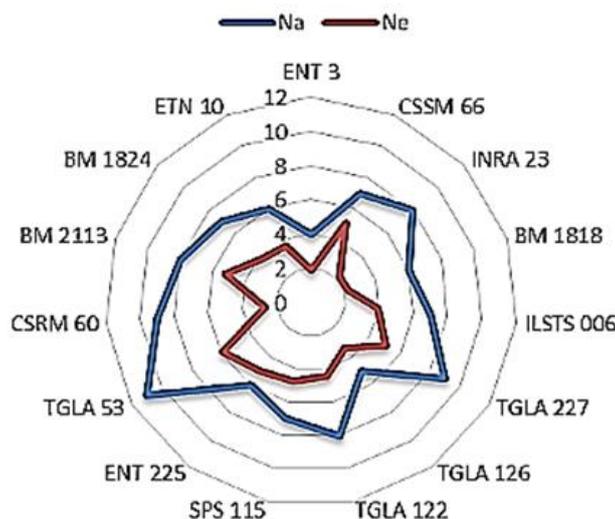


Рис 1. Динамика числа аллелей в исследованных микросателлитах (N_a - число аллелей; N_e - число эффективных аллелей)
 Fig. 1. Dynamics of the number of alleles in investigated microsatellites (N_a – number of alleles; N_e – number of effective alleles)

С уменьшением числа эффективных аллелей снижается генетическое разнообразие популяции. Число активно действующих аллелей по изученным микросателлитам колебалось от 1,861 в локусе ENT 3 до 5,905 в локусе TGLA 53, при среднем показателе уровня полиморфности (N_e) анализируемых STR-локусов $3,95 \pm 0,325$. В данном стаде наибольшая частота встречаемости – 0,689 характерна для аллеля «117» локуса ENT 3; – 0,588 – для аллеля «214» INRA 23 и 0,486 – для аллеля «266» локуса BM 1818. Наименьшая частота встречаемости – на уровне 0,007 – была отмечена для аллеля «198» (INRA 23), «79» (TGLA227), «262» (SPS 115), «180» и «182» (TGLA 53), «131» (BM2113), «149» (TGLA 122), «186» и «190» (BM 1824) и «2222 (ETN 10). Поэтому информативность этих локусов более низкая.

Генетическое разнообразие популяции во многом зависит как от частоты полиморфных локусов, так и от числа аллелей, в них входящих. Локусы считаются полиморфными, когда число вариантов, входящих в него аллелей больше или равно двум, а частота наиболее распространенных аллелей не превышает предела 0,95. При этом локусы могут принадлежать как к гомозиготным, так и гетерозиготным генотипам.

В исследованных нами локусах процент гомозиготных генотипов имел существенные различия, наибольшим он был в локусах BM 1818, INRA 23, ENT3 соответственно 47,2, 50,0 и 56,8%, причем, распределение гомозиготных генотипов между аллелями было неравномерным. Так, в локусе INRA 23 – 77,8% гомозиготных животных имели генотип с аллелем 214 и только 22,2% – с аллелем 206, в локусе ENT 3

у 88,1% животных генотип был с аллелем 117, а у 11,9% – со 119, аналогичная картина наблюдалась в локусах: ILSTS 006, где на генотип 292/292 приходилось 78,6%; CSRМ 60 (102/102-87%); ВМ 2113 (139/139-81,8%). Наименьшим процентом гомозиготных генотипов характеризовались локусы TGLA 227 и

SPS 115, соответственно, 11,4, 13,9% (табл. 1). Принято считать, что более высокий процент гомозиготности указывает на снижение генетического и фенотипического разнообразия и повышение однородности популяции, ее генетической идентичности [15].

Таблица 1

Характеристика локусов по уровню гомозиготных генотипов

№	Локус	n	Ca	SH	V
1	ENT 3	42	0,568	0,317	41,9
2	CSSM 66	10	0,145	0,106	84,1
3	INRA 23	36	0,500	0,249	48,6
4	BM 1818	34	0,472	0,221	51,4
5	ILSTS 006	14	0,219	0,032	76,6
6	TGLA 227	8	0,114	0,137	87,1
7	TGLA 126	13	0,178	0,073	80,8
8	TGLA 122	11	0,159	0,092	82,6
9	SPS 115	10	0,139	0,112	84,7
10	ENT 225	12	0,167	0,084	81,9
11	TGLA 53	9	0,145	0,106	83,9
12	CSRМ 60	23	0,338	0,087	64,7
13	BM 2113	11	0,172	0,079	81,3
14	BM 1824	17	0,246	0,005	73,9
15	ETN 10	15	0,203	0,048	78,4

Примечание: n – количество гомозигот; Ca - уровень гомозиготности; SH – коэффициент гомозиготности; V - степень генетической изменчивости популяции

Уровень гомозиготности – Ca данной популяции, по изученным микросателлитам, находился в пределах от 0,114 до 0,568 (в среднем 0,251). Этот показатель аналогичен проценту гомозиготности, но выражен в долях единицы. Коэффициент гомозиготности SH находился в пределах 0,005-0,317 (в среднем 0,142), что указывает на довольно невысокий его уровень (таблица 4). Среднее значение степени генетической изменчивости популяции V составило 73,5%, наиболее низкой она была в локусах: ENT3 41,9%; INRA23 – 48,6% и BM1818 - 51,4%, в остальных локусах генетическая изменчивость была довольно высокой – от 64,7 до 87,1%.

Гетерозиготность – это частота встречаемости, или доля гетерозигот, в популяции. Этот показатель характеризует генетическое состояние и служит мерой генетической изменчивости. В ходе исследований были оценены фактическая, т.е. наблюдаемая (Ho), ожидаемая (He), а также (uHe) непредвзятая ожидаемая, скорректированная на объем выборки, степени гетерозиготности.

Наблюдаемая гетерозиготность отражает долю генов, которые в популяции гетерозиготны, т.е. это отношение доли гетерозиготных генотипов к общему их количеству, по всем исследованным локусам. В исследуемой популяции она оказалась довольно высокой 0,75±0,038. Наиболее высокими показателями гетерозиготности характеризовались локусы: CSSM 66; TGLA 227; SPS 115; TGLA 53, самыми низкими: ENT 3; INRA 23; BM 1818, для которых характерен более высокий уровень гомозиготности (табл. 2).

Значения основных показателей генетического разнообразия по микросателлитным локусам

Локус	Ne	I	Ho	He	uHe	F
ENT 3	1,861	0,816	0,432	0,463	0,466	0,066
CSSM 66	5,062	1,749	0,855	0,802	0,808	0,066
INRA 23	2,225	1,078	0,500	0,551	0,554	0,092
BM 1818	2,290	0,987	0,528	0,563	0,567	0,063
ILSTS 006	3,916	1,572	0,781	0,745	0,750	0,049
TGLA 227	5,083	1,790	0,886	0,803	0,809	0,103
TGLA 126	3,374	1,356	0,822	0,704	0,708	0,168
TGLA 122	4,402	1,651	0,841	0,773	0,778	0,088
SPS 115	4,747	1,637	0,861	0,789	0,795	0,091
ENT 225	4,992	1,681	0,833	0,800	0,805	0,042
TGLA 53	5,905	1,974	0,855	0,831	0,837	0,029
CSRM 60	2,710	1,460	0,662	0,631	0,636	0,049
BM 2113	5,281	1,824	0,841	0,811	0,817	0,038
BM 1824	3,795	1,451	0,754	0,737	0,742	0,023
ETN 10	3,577	1,387	0,797	0,720	0,725	0,107
x	3,948	1,494	0,750	0,715	0,720	0,072
Sx	0,325	0,085	0,038	0,029	0,029	0,018

Примечание: Ne - уровень полиморфности; I – информационный индекс Шенно-на; Ho – наблюдаемая гетерозиготность; He – ожидаемая гетерозиготность; uHe - непредвзятая ожидаемая гетерозиготность; F - индекс фиксации.

Максимальными уровни ожидаемой гетерозиготности были в локусах: BM 2113 – 0,811; TGLA 227 – 0,803; TGLA 53 – 0,831; а минимальные значения отмечены в локусах: ENT 3 – 0,463; INRA 23 – 0,551; BM 1818 – 0,563. Уровень ожидаемой гетерозиготности характеризует генетическое, другими словами, аллельное разнообразие стада. В исследуемой популяции в двенадцати локусах показатель наблюдаемой гетерозиготности превышал значение ожидаемой гетерозиготности, а только в трех, наоборот, ожидаемая гетерозиготность была больше наблюдаемой. Принято считать, что если наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготности достоверно не различаются между собой, то скрещивание в популяции происходит практически случайно. Более высокое значение ожидаемой гетерозиготности указывает на инбредность популяции, а преобладание наблюдаемой гетерозиготности свидетельствует о преобладании системы случайного скрещивания над инбридингом. В нашем исследовании показатели наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности достоверно не различались между собой: $0,75 \pm 0,038$ и $0,72 \pm 0,029$ ($td = 0,732$), поэтому можно констатировать, что скрещивание в популяции происходит случайно. Высокие значения показателей наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности указывают на

использование открытой системы разведения данной популяции и на низкий уровень инбридинга в ней. Это согласуется с выводами других авторов, указывающих, что низкая частота (He) в выборке характерна для замкнутой [7], а высокая частота – для открытой системы разведения.

Непредвзятая ожидаемая гетерозиготность (uHe), т.е. ожидаемая гетерозиготность, рассчитанная с поправкой на размер выборки, зависит от её размера. Чем больше исследовано животных, тем меньше различия у нее с ожидаемой гетерозиготностью и, соответственно, чем меньше эта выборка, тем больше различия между этими показателями. В нашем исследовании различие между этими показателями было в пределах 0,003-0,006, что говорит о достаточно большой выборке. На рис. 2 показана диаграмма динамики частот гетерозиготности, где видно, как непредвзятая ожидаемая гетерозиготность (uHe) практически полностью перекрывает ожидаемую гетерозиготность (He).

Одним из наиболее часто используемых инструментов для характеристики видового разнообразия является информационный индекс Шеннона. Более высокое значение индекса показывает на повышенный уровень

разнообразия локуса и более низкое, соответственно, его значение снижения разнообразия.

Информационный индекс Шеннона, по исследованным локусам, имел умеренную вариабельность от 0,816 (ENT 3) до 1,974 (TGLA

53), а в целом по популяции – $1,49 \pm 0,085$. Наибольшие значения индекса имели локусы: ENT 225, CSSM 66, TGLA 227, BM 2113, TGLA 53. Как считают Галинская и др. [3], величина индекса Шеннона более 1,5 указывает на его высокое значение.

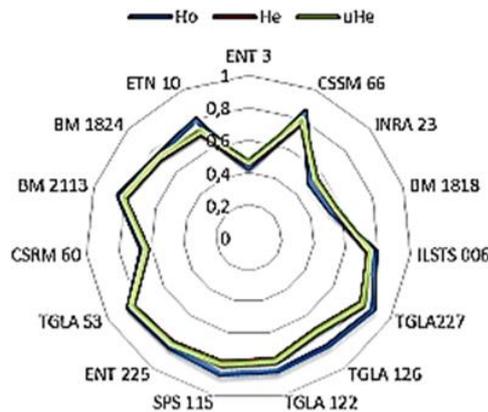


Рис 2. Динамика показателей гетерозиготности
Fig. 2. Dynamics of heterozygosity indicators

Индекс фиксации (F) является мерой дифференциации генетической структуры популяции. Его часто оценивают по данным о генетическом полиморфизме микросателлитов, и он является одной из наиболее часто используемых статистических характеристик в популяционной генетике. Отрицательные значения индекса указывают на превышение гетерозиготности из-за отрицательного ассортативного скрещивания или отбора с использованием гетерозигот, а положительное – на дефицит гетерозиготных особей; значение равное 0 указывает на случайное спаривание. Для исследованной популяции характерным является положительное значение индекса фиксации на уровне десятых и сотых единицы. Максимального значения он достигает в локусах TGLA 227, ETN 10 и TGLA 126 соответственно 0,103, 0,107 и 0,168.

Выводы. Проведенное генотипирование животных казахской белоголовой породы по 15 микросателлитным (STR) локусам нуклеотидных последовательностей ДНК показало, что данные локусы приемлемы для характеристики аллелофонда крупного рогатого

скота. Определение цифровых значений таких генетических констант, как степень гомозиготности, степень генетической изменчивости, уровень полиморфности, а также расчет коэффициента гомозиготности, степени генетической изменчивости популяции, информационного индекса и индекса фиксации дало оценку генетической структуры популяции скота казахской белоголовой породы ООО «Агропродукт». Высокий уровень полиморфизма и кодоминантный характер наследования изученных локусов, как и обнаруженные особенности STR-полиморфизма исследуемой популяции открывают возможность проведения мониторинга генетического состояния и поддержания генетического разнообразия генофондных популяций, а также более эффективного использования изученных локусов в генетико-популяционных исследованиях.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2022-2025 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2021-0001).

Список источников

1. Веллер Дж. И. Геномная селекция животных. СПб.: Проспект науки, 2018. 208 с.
2. Гайнуллина К.П. Некоторые аспекты применения микросателлитных маркёров в сельскохозяйственной практике // Известия ОГАУ. 2018, № 5, С. 232-234.
3. Галинская Т.В., Щепетов Д.М., Лысенков С.Н. Предубеждения о микросателлитных исследованиях и как им противостоять // Генетика. 2019. Том 55. № 6. С. 1–16.
4. Глазко В.И. Молекулярная биология для животноводства // Farm Animals. 2012. № 1 (1). С. 24–29.
5. Глинская Н.А., Епишко Т.И., Епишко О.А. Популяционно-генетические характеристики крупного рогатого скота черно-пестрой породы по STR-локусам // Полесский ГУ. Пинск. 2012. С. 197-198.
6. Зиновьева Н.А., Доцев А.В., Сермягин А.А. Изучение генетического разнообразия и популяционной структуры российских пород крупного рогатого скота с использованием полногеномного анализа SNP // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 788–800.
7. Кузнецов В.М. Сравнение методов оценки генетической дифференциации популяций по микросателлитным маркерам / <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.169-182>
8. Ashoory R., Amirinia C., Noshary A. Application of eighteen microsatellite markers in studies parentage testing and genetic diversity in Holstein cattles // International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences. 2015. № 4. P. 5823-5832.
9. An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci / D.B. Goldstein [et al.] // Genetics. 1995a. Vol. 139. P. 463–471.
10. Blyton M.D.J., Flanagan N.S. (2012). A comprehensive Guide to GenAlEx 6.5 web site (<http://biology.anu.edu.au/GenAlEx>).
11. Bowcock A., Ruiz-Linares A., Tomfohrde J. et al. High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites // Nature. 1994. V. 368. P. 455– 457. doi 10.1038/3684550.
12. Henderson, S.T., Petes T.D. Instability of simple sequence DNA in Saccharomyces cerevisiae // Mol. Cell. Biol. 1992. Vol.12 P. 2749–2757.
13. Peakall, R. and Smouse P.E. (2012) GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update // *Bioinformatics* 28. 2537-2539. <http://bioinformatics.oxfordjournals.org/content/28/19/2537>.
14. Peakall, R. and Smouse P.E. (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // *Molecular Ecology Notes*. 6. 288-295.
15. Pagnotta M.A. Comparison among Methods and Statistical Software Packages to Analyze Germplasm Genetic Diversity by Means of Codominant Markers 2018. 1(1). 197-215; <https://doi.org/10.3390/j1010018>.

GENETIC STRUCTURE OF THE HERD OF KAZAKH WHITE-HEADED BREED BY MICROSATELLITE LOCI

©2023. Valeriy Yu. Khaynatskiy

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Abstract. Kazakh White-Headed cattle is one of the most common specialized beef breeds in the Russian Federation, but its genetic structure remains understudied. The article presents the characteristics of the genetic structure of this breed in a single herd according to fifteen microsatellite loci. Genetic and statistical analysis was carried out using GenAlEx, which is an Excel add-in in Microsoft Office software package. The features of polymorphism of microsatellite DNA markers included in the standard control panel of cattle origin were studied, the genetic structure of Kazakh White-Headed breed were characterized by STR loci. The following indicators were calculated: total and effective number of alleles; Shannon's diversity index; observed, expected and unbiased expected heterozygosity; F - fixation index and a number of other indicators. The use of molecular genetic methods will ensure control of microevolutionary processes in the population, study the genetic resources of the breed, determine the genetic structure and monitor in order to prevent a decrease in the genetic diversity of the gene pool population.

Key words: Kazakh White-Headed breed, microsatellites, locus, allele, polymorphism, heterozygosity, genetic diversity

References

1. Veller Dzh. I. Genomnayaselekcijazhivotny`x. SPb (Genomic selection of animals). St-Petersburg, Prospekt nauki, 2018, 208 p.)
- 2.. Gajnullina K.P. Nekotory`easpekty` primeneniya mikrosatelitny`xmarkyrovov v sel`skoxozyajstvennojpraktike (Some aspects of microsatellite markers use in agriculture), Izvestiya OGAU, 2018, № 5,S. 232-234.

3. Galinskaya T.V., Shhepetov D.M., Ly'senkov S.N. Predubezhdeniya o mikrosatellitny`x issledovaniyax ikakim protivostoyat' (Prejudices against microsatellite studies and how to resist them), *Genetika*, 2019, Tom 55, No 6, pp, 1–16.
4. Glazko V.I. Molekulyarnaya biologiya dlya zhivotnovodstva. *Farm Animals (Molecular biology for animal husbandry)*, 2012, No 1 (1), pp, 24–29.
5. Glinskaya N.A. i dr. Populyacionno-geneticheskie karakteristiki krupnogo rogatogo skotacherno-pestrojporody` po STR-lokusam (Population and genetic characteristics of Black-and-White cattle by STR-loci), N.A. Glinskaya, T.I. Epishko, O.A. Epishko, *Polesskij GU, Pinsk*, 2012, pp, 197-198.
6. Zinov`eva N.A. Izuchenie geneticheskogo raznoobraziya i populyacionnoj struktury` rossijskix porod krupnogo rogatogo skota s ispol`zovaniem polnogenomnoy analiza SNP (Study of genetic diversity and population structure of five Russian cattle breeds using whole-genome SNP analysis), N.A. Zinov`eva, A.V. Docev, A.A. Sermyagini dr. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*, 2016, T. 51, No 6, pp, 788–800.
7. Kuznecov V.M. Sravnenie metodov ocenki geneticheskoy differenciacii populyacij po mikrosatellitny`m markeram (Comparison of methods for evaluating genetic differentiation populations by microsatellite markers), <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.169-182>
8. Application of eighteen microsatellite markers in studies parentage testing and genetic diversity in Holstein cattles (Application of eighteen microsatellite markers in studies parentage testing and genetic diversity in Holstein cattles), R. Ashoory, C. Amirinia, A. Noshary et al. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 2015, No 4, pp, 5823-5832.
9. An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci (An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci), D.B. Goldstein [et al.] *Genetics*, 1995a, Vol, 139, pp, 463–471.
10. Blyton M.D.J., Flanagan N.S. (2012), A comprehensive Guide to GenAlEx 6.5 web site, (A comprehensive Guide to GenAlEx 6.5 web site), (<http://biology.anu.edu.au/GenAlEx>).
11. Bowcock A., Ruiz-Linares A., Tomfohrde J. et al, High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites (High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites), *Nature*, 1994, V, 368, pp, 455–457, doi 10.1038/3684550.
12. Henderson, S.T. Instability of simple sequence DNA in *Saccharomyces cerevisiae* (Instability of simple sequence DNA in *Saccharomyces cerevisiae*), S.T. Henderson, T.D. Petes *Mol. Cell. Biol*, 1992, Vol.12, pp, 2749–2757.
13. Peakall, R. and Smouse P.E. (2012) GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and re-search – an update (GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update), *Bioinformatics* 28, 2537-2539, <http://bioinformatics.oxfordjournals.org/content/28/19/2537>.
14. Peakall, R. and Smouse P.E. (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and re-search GENALEX 6: (genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research), *Molecular Ecology Notes*, 6, pp, 288-295.
15. Pagnotta M.A. Comparison among Methods and Statistical Software Packages to Analyze Germplasm Genetic Diversity by Means of Codominant Markers (Comparison among Methods and Statistical Software Packages to Analyze Germplasm Genetic Diversity by Means of Codominant Markers), 2018, 1(1), 197-215, <https://doi.org/10.3390/j1010018>.

Сведения об авторах

В.Ю. Хайнацкий – д. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 января 29, г. Оренбург, Россия

valery.hainatsky@yandex.ru

Information about the author

V.Yu. Khaynatskiy – Dr. Agr. Sci., Leading Researcher.

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia.

valery.hainatsky@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 26.04.2023; одобрена после рецензирования 29.06.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 26.04.2023; approved after reviewing 29.06.2023; accepted for publication 04.09.2023

МОНИТОРИНГ МОЧЕВИНЫ КАК ИНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОЦЕНКИ КОРМОВОГО РАЦИОНА КОРОВ

©2023. Наталья Александровна Худякова^{1✉}, Ольга Васильевна Тулинова²,

Марина Александровна Кудрина³

^{1,3} Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова УрО РАН, Архангельск, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, Пушкин, Россия

labinnovrazv@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены экспериментальные данные по содержанию мочевины и массовой доли белка в молоке у лактирующих коров холмогорской породы в хозяйстве Архангельской области. Пробы молока отбирались в соответствии с ежемесячным графиком контрольных доек, для этого отбирали суточную пробу молока в каждом сеансе доения в отдельный молочный стаканчик. Состав и свойства молока изучались в лаборатории селекционного контроля качества молока ПФ ФГБУН ФИЦКИА РАН – АрхНИИСХ, с использованием аналитической системы Bentley Combi 150. Исследование проводилось с апреля 2022 года по март 2023 года. Была сформирована исследовательская база и проведён анализ качественных показателей молока с учётом сезона года. Суммарное количество исследованных образцов молока за 12 месяцев составило 4047 проб. Наибольшее содержание мочевины в молоке наблюдалось в период апрель-июль 2022 г, а наименьшее – август-декабрь 2022 г. Дефицит энергии наблюдается в I и II группах при низком и высоком содержании мочевины и при оптимальном (15-30 мг/100 мл) в I группе, небольшое количество проб с высоким содержанием мочевины в I и II группах свидетельствует о дефиците энергии и избытке сырого протеина, а 27 проб выявлено в III группе с дефицитом сырого протеина, что может означать снижение сырого протеина в корме в процессе его хранения. Установлено, что молоко коров холмогорской породы, произведённое в условиях Крайнего севера, отвечает современным требованиям молока.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, холмогорская порода, мочевина, белок, кормовой рацион

Введение. Коровье молоко является одним из основных источников белка, наиболее полноценного по аминокислотному составу в рационе питания человека. Обеспечение производства высококачественного и экологически безопасного молока остаётся первостепенной задачей для сельскохозяйственных производителей, что напрямую связано с разработкой полноценного и сбалансированного рациона кормления лактирующих коров [1, 2]. Оценка идентификационных характеристик молока-сырья позволяет

контролировать показатели качества и безопасности в молочном производстве.

Одновременно с белками в молоке присутствуют азотистые соединения небелкового характера, к ним относятся мочевина, свободные аминокислоты, пептиды, аммиак и др. [3]. У высокопродуктивных лактирующих коров часто встречается проблема нарушения белкового обмена. Поэтому определение содержа-

ния мочевины в молоке служит важным показателем состояния здоровья животных и сбалансированности рациона кормления [4, 5].

Анализ мочевины в молоке не входит в набор обязательных анализов молока, принятых на территории РФ. Однако в ГОСТе Р 52054-2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия» установлено содержание мочевины – не более 40,0 мг/100 мг молока.

При отклонении уровня мочевины в сыром молоке от оптимального (15-30 мг/100 мл или 3,3-3,5 моль/л) нарушается обмен веществ, что приводит к заболеваниям печени и почек,

уменьшению продолжительности хозяйственного использования животных, утрате генетического потенциала дойного стада и, как следствие, к снижению технологических свойств молока (понижение кислотности молока и подавление кислотообразующей способности заквасок). В связи с этим не реже одного раза в месяц рекомендуется определять содержание мочевины в сыром молоке [4, 6, 7]. Для оценки состояния обмена веществ у лактирующих коров по содержанию мочевины в молоке используют шкалу, представленную в таблице 1 [8].

Таблица 1

Шкала оценки состояния обмена веществ у лактирующих коров по содержанию мочевины в молоке

Обмен веществ	Содержание мочевины в молоке, мг/100 мл
Низкий	< 15
Оптимальный	20-25
Допустимый	26-30
Удовлетворительный	31-35
Субклинический	36-40
Клинический	>41

Мониторинг содержания уровня мочевины в молоке коров способствует увеличению молочной продуктивности за счёт оптимизации баланса белка и ферментируемых углеводов в рационе животных. Содержание мочевины в молоке менее 15 мг/100 мл свидетельствует о недостаточном обеспечении кормов протеином, а более 30-35 мг/100 мл указывает на избыток азота и сырого протеина в рубце [6].

С уровнем мочевины в крови растёт её концентрация в молоке, это приводит к тому, что концентрация белка в молоке снижается [9]. Поэтому для повышения пищевой ценности молока рекомендуется регулярный мониторинг уровня мочевины.

Целью исследования является проведение мониторинга на содержание мочевины в молоке у коров холмогорской породы для уточнения возможности использования его результатов в качестве инструмента контроля оценки энергетической и протеиновой составляющей кормового рациона коров.

Полученные данные позволят определить тенденцию сезонного изменения качественных показателей коровьего молока современного скота холмогорской породы.

Методика. Мониторинг содержания мочевины ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) в коровьем молоке проводился в ООО «Агрофирма «Холмогорская», численность основного стада которого составляет 410 коров холмогорской породы. На основании данных хозяйства за 2022 год, удой на одну фуражную корову составил 6943 кг молока, массовая доля жира – 3,78 %, белка – 3,04 %.

Содержание животных в хозяйстве – привязное в коровниках, кормление круглый год однотипное кормосмесями на кормовом столе. Доеение коров осуществляется двукратно в молокопровод. В период исследования животные находились на силосо-концентратном типе кормления, доля концентрированных кормов составляла 47,3 % от общей структуры рациона.

Исследование мочевины в пробах молока проходило ежемесячно у всего дойного

стада в разные периоды лактации с апреля 2022 по март 2023 года.

Отбирали суточную пробу молока в период контрольного доения в отдельный молочный стаканчик. Отбор проб в процессе исследований осуществлялся в соответствии с государственными стандартами (ГОСТ 26809.1-2014). Состав и свойства молока изучались в лаборатории селекционного контроля качества молока ПФ ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН – АрхНИИСХ. Массовую долю белка (МДБ) и уровень мочевины определяли с использованием аналитической системы Bentley Combi 150 в законсервированных пробах молока с использованием консерванта широкого спектра действия Microtabs II. Состав и физико-химические свойства молока изучали в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 02.05.2015 г. № 126-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» [10].

Распределение проб проводили в зависимости от уровня содержания мочевины ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) в молоке: <15 мг/100 мл – дефицит азота (белка) в рубце; 15-30 мг/100 мл – оптимальное значение уровня мочевины; >30 мг/100 мл – избыток азота (белка) в рубце [11, 12].

По результатам ежемесячного мониторинга динамики уровня $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ пробы молока в исследовании дополнительно распределены на 3 группы согласно среднему уровню мочевины и качеству скармливаемого силоса в различные месяцы года:

Первая группа (I) проб молока, отобрана в период контрольного доения животных с апреля по июль 2022 г. (снижение $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ от 25,89 до 21,61 мг/100 мл). В этот период кормление животных осуществлялось в основном силосом из многолетних трав, который в процессе хранения подвергался влиянию атмосферных осадков, сильному промерзанию в длительный период времени, и, как следствие, наблюдалась потеря питательной ценности.

Во вторую группу (II) вошли пробы молока, отобранные с августа по ноябрь 2022 г. (колебания $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ от 18,68 до 19,10 мг/100 мл). В этот период времени основой рациона являлся силос свежей заготовки, поэтому кормление животных проходило более качественным кормом.

В третью группу (III) вошли пробы с декабря 2022 г. по март 2023 г. (увеличение $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ от 13,27 до 20,86 мг/100 мл). В данный период кормом являлся силос из многолетних трав с коротким сроком хранения.

По данным хозяйства, структура рациона коров в течение года не менялась. При этом полностью покупные концентрированные корма одной рецептуры – КК 60-3-408 с содержанием сырого протеина 19,49 % – скармливались из расчёта 350 грамм на выданный 1 литр молока. Результаты исследований обработаны с помощью программы «Microsoft Excel».

Результаты. Суммарное количество исследованных образцов молока за 12 месяцев составило 4047 проб. Результаты ежемесячного мониторинга содержания мочевины и МДБ в пробах молока лактирующих коров за период с апреля 2022 г. по март 2023 г. представлены на рисунке 1.

Линии тренда исследуемых признаков указывают на наличие двух возрастных и убываний в зависимости от месяца исследований, с достаточно высокой достоверностью аппроксимации ($R^2 = 0,8432$ и $0,757$). То есть построенная линия тренда указывает на неслучайность изменений полученных данных. Линии тренда зеркально отображают изменение двух анализируемых величин – уровень $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и МДБ в пробах молока. Увеличение первой ведёт к снижению второй. Представленные на рисунке графики указывают на зависимость исследуемых признаков от календарного месяца года.

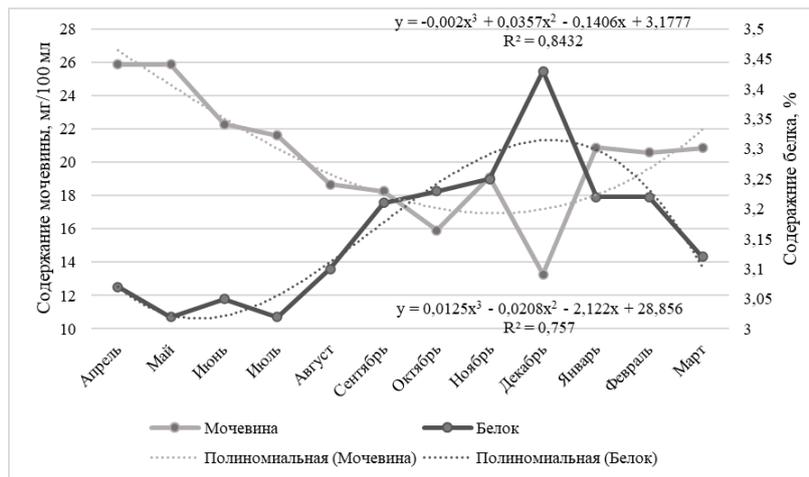


Рис 1. Средние показатели мочевины в пробах молока у лактирующих коров по месяцам года (2022 – 2023 гг.)

Fig. 1. Average urea content in milk samples from lactating cows by month of the year (2022 –2023)

Исходя из данных рисунка, видно, что наибольшее содержание мочевины в молоке наблюдалось в период апрель-июль 2022 г, а наименьшее – август-декабрь 2022 г., что, вероятно всего, связано со скормливанием силоса, который заложен в траншею с несоблюдением технологии в период его заготовки и при хранении, теряющим своё качество в условиях Крайнего севера.

В таблице 2 представлены показатели мочевины и белка в пробах молока у лактирующих коров, полученные в период с апреля 2022 г. по март 2023 г. В среднем по выборке содержание мочевины в молоке оптимально и равно 20,7 мг/100 мл при низкой МДБ 3,15 %, что свидетельствует о дефиците энергии в рационе. В I, II и III группах среднее содержание мочевины в молоке находится в пределах 15 – 30 мг/100 мл, но только во II и III группах среднее значение белка около 3,2 %. Это указывает на здоровье лактирующих коров и нормальный рацион их кормления в данные месяцы года.

Рассматривая распределение проб молока по уровню мочевины, можно констатировать, что в группу с содержанием мочевины <15 мг/100 мл отнесено 7,0 %, 15-30 мг/100 мл – 91,7 % и >30 мг/100 мл – 1,3 %.

Наибольшее количество проб с низким содержанием мочевины (<15 мг/100 мл)

наблюдается во II группе (89,4 %) при среднем значении белка менее 3,2 %. Это указывает на недостаточное обеспечение протеином как перевариваемым в рубце, так и усвояемым в желудочно-кишечном тракте. Возможными последствиями могут быть повреждение печени, скрытая течка, медленная ацетонемия, замедленный выброс яичного пузыря, кисты и др. Для предотвращения данной ситуации необходимо повысить качество и количество корма [4].

В III группе таких проб 9,6 % при оптимальном значении белка (3,31 %), что свидетельствует о дефиците количества сырого протеина и энергии в рационе коров. В результате это может привести к нарушению функционирования яичников. Необходимо повысить содержание сырого протеина в корме, расщепляемого в рубце [4].

При оптимальном содержании мочевины (15-30 мг/100 мл) в I группе проб среднее значение белка менее 3,2 % в 34,3 % случаев, что говорит о неусвояемости протеина животными в желудочно-кишечном тракте, а также недостаточном количестве энергии в пище. Рекомендуется повысить качество и количество основного корма [4].

Показатели мочевины и белка в пробах молока у лактирующих коров холмогорской породы

Группа	Кол-во		Содержание	
	голов	%	Мочевина	Белок
Содержание мочевины <15 мг/100 мл				
I	3	1,1	14,43±1,00	2,90±0,18*
II	252	89,4	13,08±0,26*	3,18±0,02*
III	27	9,6	14,06±0,34*	3,31±0,05*
Всего	282	100,0	13,17±0,23	3,19±0,02
Содержание мочевины 15-30 мг/100 мл				
I	1274	34,3	23,45±0,13*	3,04±0,01*
II	1138	30,7	19,02±0,11*	3,20±0,01*
III	1301	35,0	20,51±0,08*	3,20±0,01*
Всего	3713	100,0	21,07±0,07	3,14±0,01
Содержание мочевины >30 мг/100 мл				
I	50	96,2	31,60±0,61	2,97±0,05
II	1	1,9	30,26	3,15
III	1	1,9	32,32	5,08
Всего	52	100,0	31,59±0,59	3,00±0,06
В среднем				
I	1327	32,8	23,75±0,13	3,04±0,01
II	1391	34,4	17,98±0,12	3,19±0,01
III	1329	32,8	20,41±0,09	3,20±0,01
Всего	4047	100,0	20,70±0,08	3,15±0,01

*p<0,05

Избыточное количество мочевины (>30 мг/100 мл) со средним значением белка 2,97 % в I группе имеют 96,2 % или 3,77 % от общего количества проб в выборке. Это свидетельствует о дефиците энергии в рационе и неперевариваемости протеина животными в рубце при избытке сырого протеина в нём. Данное состояние опасно для здоровья коровы и может привести к развитию кист, диареи, заболеванию копыт. Необходимо повысить качество и количество потребляемого корма, богатого энергией, с большим количеством расщепляемого протеина в рубце [4].

Таким образом, установлено, что дефицит энергии наблюдается в I и II группах при низком и высоком содержании мочевины и при оптимальном (15-30 мг/100 мл) в I группе с общим количеством проб 1529 или 37,8 %; небольшое количество проб (51 или 1,3 %) с высоким содержанием мочевины в I и II группах свидетельствует о дефиците энергии и избытке сырого протеина, а 27 проб или 0,7 % выявлено в III группе с дефицитом сырого протеина, что может означать снижение сырого протеина в корме в процессе его хранения.

Единичные случаи увеличения или уменьшения содержания мочевины и белка в молоке

лактирующих коров могут быть обусловлены влиянием других факторов состояния здоровья животного (отравление, инфекционные или вирусные заболевания, нарушение функции эндокринной системы и др.).

Выводы. В результате проведённого исследования выявлено, что ежемесячный мониторинг уровня мочевины может быть использован в качестве инструмента оценки энергетической и протеиновой составляющей кормового рациона коров, что будет способствовать раннему выявлению дисбаланса обмена веществ в организме животных и принятию решения по его ликвидации через корректировку кормового рациона, результатом которого будет поддержание белковой составляющей в сыром молоке.

При мониторинге содержания мочевины обнаружили наибольшее содержание мочевины в молоке с апреля по июль, а наименьшее – с августа по декабрь, что вероятнее всего, связано со скармливанием силоса, который заложен в траншею с несоблюдением технологии в период его заготовки и при хранении, теряющим свое качество в условиях Крайнего севера.

Источник финансирования. Работа подготовлена в рамках выполнения темы государственного задания ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН

«Разработка системы производства полноценной и экологически безопасной продукции отрасли молочного животноводства в АЗ РФ на основе использования генотипированных племенных животных» (FUUW-2021-0005) (регистрационный номер – 121122800216-6).

Список источников

1. Griffiths M. Improving the Safety and Quality of Milk. Milk production and processing // Woodhead Publishing Limited. 2010. 498 p.
2. Воронцова Е. С. Экологическая безопасность молока и эффективность его производства при использовании новых кормовых добавок: дис. канд. биол. наук. Волгоград, 2020. 119 с.
3. Оценка идентификационных характеристик молока-сырья и его пригодности к хранению / Е. А. Юрова, Д. Н. Мельденберг, Е. С. Семенова, Н. А. Жижин // Контроль качества продукции. 2018. № 1. С. 17-22.
4. Павлов А.В. Оценка мочевины при работе со стадом // Молочная промышленность. 2017. № 2. С. 1-34.
5. Часовщикова М.А., Губанов М.В. Мониторинг качества молока при контрольном доении коров в племенных хозяйствах тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9. С. 132-137.
6. Экологическая безопасность при производстве животноводческой продукции: учеб. метод. пособие / Т.В.Медведская [и др.]. Витебск: УО ВГАВМ, 2009. 39 с.
7. Effects of protein supplementation strategy and genotype on milk composition and selected milk processability parameters in late-lactation spring-calving grazing dairy cows / M.J. Doran, M. O'Sullivan, F.J. Mulligan, M.B. Lynch, A.G. Fahey, Z.C. McKay, H. Ryan, K.M. Pierce // International Dairy Journal. 2021. V. 119. Pp. 1-8.
8. Иванова Д.А. Сезонные изменения качественных показателей молока у коров айрширской породы в условиях Вологодской области // Молочный вестник. 2022. № 2 (46). С. 83-95.
9. Effects of dietary crude protein and rumen-degradable protein concentrations on urea recycling, nitrogen balance, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows / T. Mutsvangwa, K.L. Davies, J.J. McKinnon, D.A. Christensen // Journal of Dairy Science. 2016. V. 99. № 8. Pp. 6298-6310.
10. Разработка улучшенной технологии селекционного контроля качества молока в условия арктической зоны Российской Федерации: отчет от НИР (промежуточ.) / ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН – АрхНИИИСХ; рук. Кожевникова И.С.; исполн.: Худякова Н.А. [и др.]. Архангельск, 2021. 33 с. № НИОКР 121122800216 6.
11. Абрамов Н.И., Сереброва И.С., Иванова Д.И. Влияние сезона года на продуктивность и уровень мочевины в молоке коров черно-пестрой породы с учетом способов содержания и технологии доения // Владимирский земледелец. 2018. № 3(85). С. 36-39.
12. Букаров Н.Г., Кисель Е.Е Организация централизованного контроля содержания мочевины и кетоновых тел в молоке коров // «Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения»: матер. Междунар. науч.-практич. конф. Быково, РАМЖ, 2013. С. 97-103.

UREA MONITORING AS A QUALITY CONTROL TOOL FOR EVALUATING THE FEED RATION OF COWS

©2023. Natalia A. Khudyakova^{1✉}, Olga V. Tulinova², Marina A. Kudrina³

^{1,3}N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

²L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, Russia

¹labinnovrazv@yandex.ru

Abstract. The article presents experimental data on the content of urea and the mass fraction of protein in milk from lactating cows of the Kholmogorsky breed on the farm of the Arkhangelsk region. Milk samples were taken in accordance with the monthly schedule of control milking, for this purpose, a daily milk sample was taken in each milking session in a separate milk cup. The composition and properties of milk were studied in the laboratory of milk quality control of the PF FGBUN FITSKIA RAS – ARCHNIISKH, using the Bentley Combi 150 analytical system. The study was conducted from April 2022 to March 2023. A research base was formed and an analysis of milk quality indicators was carried out taking into account the season of the year. The total number of milk samples studied for 12 months was 4047 samples. The highest content of urea in milk was noted in the period April-July 2022, and the lowest – August-December 2022. Energy deficiency is observed in groups I and II with low and high urea content and at optimal (15-30 mg/100 ml) in group I, a small number of samples with high urea content in groups I and II indicates energy deficiency and excess of crude protein, and 27 samples were detected in group III with crude protein deficiency, which may mean a decrease in crude protein

in the feed during its storage. It is established that the milk of cows of the Kholmogorsky breed, produced in the conditions of the Far North, meets the modern requirements for milk.

Key words: cattle, Kholmogorskaya breed, urea, protein, feed ration

References

1. Griffiths M. Improving the Safety and Quality of Milk. Milk production and processing. Woodhead Publishing Limited, 2010, 498 p.
2. Vorontsova E. S. Ekologicheskaya bezopasnost' moloka i effektivnost' ego proizvodstva pri ispol'zovanii novykh kormovykh dobavok (Environmental safety of milk and efficiency of its production using new feed additives): dis. kand. biol. nauk. Volgograd, 2020, 119 p.
3. Otsenka identifikatsionnykh kharakteristik molokasyr'yai ego prigodnosti k khraneniyu (Assessment of the identification characteristics of raw milk and its suitability for storage), E. A. Yurova, D. N. Mel'denberg, E. S. Semenova, N. A. Zhizhin, Kontrol' kachestvaproduktov, 2018, No. 1, pp. 17-22.
4. Pavlov A.V. Otsenka mocheviny pri rabote so stadom (Urea assessment when working with herds), Molochnaya-promyshlennost', 2017, No. 2, pp. 1-34.
5. Chasovshchikova M.A., Gubanov M.V. Monitoring kachestva moloka pri kontrol'nom doenii korov v plemennykh khozyaistvakh Tyumenskoi oblasti (Monitoring of the milk quality during control milking of cows in breeding farms of the Tyumen region), Vestnik Kras GAU, 2021, No. 9, pp. 132-137.
6. Ekologicheskayabezopasnost' priproizvodstvezhivotnovodcheskoiproduktov (Environmental safety in the production of livestock products) : ucheb. metod. posobie, T.V. Medvedskaya, Vitebsk: UO VGAVM, 2009, 39 p.
7. Effects of protein supplementation strategy and genotype on milk composition and selected milk processability parameters in late-lactation spring-calving grazing dairy cows, M.J. Doran, M. O'Sullivan, F.J. Mulligan, M.B. Lynch, A.G. Fahey, Z.C. McKay, H. Ryan, K.M. Pierce, International Dairy Journal, 2021, V. 119, pp. 1-8.
8. Ivanova D.A. Sezonnyeizmeneniyakachestvennykhpkokazateleimoloka u korovaishirskoi porody v usloviyakh Vologodskoi oblasti (Seasonal changes in milk quality indicators in cows of the Aishir breed in the Vologda region), Molochnyvestnik, 2022, No 2 (46), pp. 83-95.
9. Effects of dietary crude protein and rumen-degradable protein concentrations on urea recycling, nitrogen balance, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows, T. Mutsvangwa, K.L. Davies, J.J. McKinnon, D.A. Christensen, Journal of Dairy Science, 2016, V. 99, No. 8, pp. 6298-6310.
10. Razrabotkauluchshennoitekhnologiiiselektionnogokontrolyakachestvamoloka v usloviyaarkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii (Development of improved technology for selection control of milk quality in the Arctic zone of the Russian Federation): otchetot NIR (promezhutoch.), FGBUN FITsKIAUro RAN – ArkhNIISKh; ruk. Kozhevnikova I.S.; ispoln.: Khudyakova N.A. [i dr.], Arkhangel'sk, 2021, 33 p. No. NIOKR 121122800216 6.
11. Abramov N.I., Serebrova I.S., Ivanova D.I. Vliyaniyesezonagodanaproduktivnost' iuroven' mocheviny v molokekorochno-pestroi porody s uchetsom sposobovsoderzhaniyaitekhnologidoeniya (The influence of the season on the productivity and level of urea in the milk of black-and-white cows, taking into account housing methods and milking technology), Vladimirskii zemledelets, 2018, No. 3(85), pp. 36-39.
12. Bukarov N.G., Kisel' E.E Organizatsiyatsentralizovannogokontrolyasoderzhaniyamochevinyiketonykh tel v molokekorochno-pestroi porody s uchetsom sposobovsoderzhaniyaitekhnologidoeniya (Organization of centralized control of the content of urea and ketone bodies in cows' milk), «Povysheniye konkurentosposobnostizhivotnovodstvaizadachikadrovogo obespecheniya»: mater. Mezhdunar. nauch.–praktich. konf. Bykovo, RAMZh, 2013, pp. 97-103.

Сведения об авторах

Н.А.Худякова¹ – канд. с.-х. наук, научный сотрудник;

О.В.Тулинова² – канд. с.-х. наук, зав. лабораторией;

М.А.Кудрина³ – младший научный сотрудник.

^{1,3} ФГБУН ФИЦКИА УРО РАН, Россия, г. Архангельск, пр. Никольский, 20

² ВНИИГРЖ – ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а

¹ labinnovrazv@yandex.ru

Information about the authors

N.A.Khudyakova¹ – Cand. Agr. Sci., Researcher;

O.V. Tulina² – Cand. Agr. Sci., Head of the Laboratory;

M.A.Kudrina³ – Junior Researcher.

^{1,3} FECIAR UrB RAS, 20, Nikolsky Ave., Arkhangelsk, Russia, 163020

² L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55a, Moskovskoe Shosse, Pushkin, St.Petersburg, Russia

¹ labinnovrazv@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 17.04.2023; одобрена после рецензирования 22.05.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 17.04.2023; approved after reviewing 22.05.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 636.22/.28.082.265

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_133

ЭНЕРГИЯ РОСТА БЫЧКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ СКРЕЩИВАНИЯ КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ С БЫКАМИ АБЕРДИН-АНГУССКОЙ И КАЛМЫЦКОЙ ПОРОД, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ

©2023. Анатолий Фоадович Шевхужев¹, Владимир Анисеевич Погодаев^{2✉}

^{1,2} Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

² pogodaev_1954@mail.ru

Аннотация. Целью исследования было установление особенностей весового и линейного роста бычков, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской и калмыцкой пород, в зависимости от технологии выращивания. Научно-хозяйственные опыты проводились в трех хозяйствах Карачаево-Черкесской Республики: ООО Фирма «Хаммер» (опыт 1); СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2); ООО «Югагрохим» (опыт 3) в 2021-2022 годах. За весь период выращивания у помесей (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) в первом опыте средний суточный прирост составил 711 г, на 1 кг прироста затрачено 8,5 энергетической кормовой единицы (ЭКЕ), в то время как прирост симментальских бычков насчитывал 655 г в сутки, на 1 кг прироста израсходовано 10,4 ЭКЕ (на 22,35 % больше). Помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая) по приросту и оплате корма больше приближались к бычкам симментальской породы. Разница в приростах во втором опыте в пользу помесей (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) равнялась 3,72 и 5,02 %, а по оплате корма приростом живой массы 0,5 и 0,7 ЭКЕ. Затраты кормов на 1 кг прироста в третьем опыте (ООО «Югагрохим») за весь период выращивания до 18 месяцев составили у помесного молодняка (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) 10,0 ЭКЕ, у бычков симментальской породы – 10,7 ЭКЕ, что на 7,0 % больше. Помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) имели растянутое и широкое туловище с хорошо развитыми окороками и меньшей высоконогостью.

Ключевые слова: скрещивание, симментальская порода, абердин-ангусская порода, калмыцкая порода, помеси, энергия роста, оплата корма, экстерьер

Введение. Актуальной и первостепенной задачей продовольственной безопасности, стоящей перед агропромышленным комплексом страны, становится повышение конкурентоспособности производства говядины для обеспечения населения качественными мясопродуктами при увеличении объема производства и улучшения ее качества [1–3]. Однако среднестатистическое потребление говядины в России к 2022 г. снизилось с 18 кг (2010 г.) до 14 кг в год (с 2016 до 2022 г.) и, по предварительному прогнозу, останется на таком уровне в ближайшие годы [4]. Мясное ско-

водство является важным источником производства мяса в нашей стране. Генетический потенциал современных пород скота позволяет молодняку достигать 400–600 кг живой массы в возрасте 15–20 месяцев и получать полно мясные туши массой 220–330 кг. Однако этот потенциал используется пока только на 50–60%. Даже использование всех имеющихся резервов маточного поголовья молочных и комбинированных пород крупного рогатого скота не обеспечит потребностей говядины в России [5–11]. Одним из резервов повышения мясной продуктивности

крупного рогатого скота является промышленное скрещивание, при котором проявляется эффект гетерозиса. Использование явления гетерозиса – экономически важный способ увеличения валовой продукции животноводства, так как помесные животные в условиях оптимального кормления увеличивают продуктивность на 10–20% по сравнению с чистопородными сверстниками [12–15].

Целью настоящего исследования явилось установление особенностей весового и линейного роста бычков, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской и калмыцкой пород, в зависимости от технологии выращивания. Научная новизна работы состоит в том, что впервые в трех хозяйствах Карачаево-Черкесской Республики изучены особенности продуктивности чистопородных и помесных бычков при разных условиях кормления

Методика. Для определения продуктивности в зависимости от технологии выращивания помесей, полученных от скрещивания коров симментальской породы с быками абердин-ангусской и калмыцкой пород, были поставлены научно-хозяйственные опыты в трех хозяйствах Карачаево-Черкесской Республики: ООО Фирма «Хаммер» (опыт 1); СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2); ООО «Югагрохим» (опыт 3). В ООО Фирма «Хаммер» телят до шестимесячного возраста выращивали в обычных хозяйственных условиях. В СПК ПЗ «Заря-1» телята до семи месяцев находились на хозяйственном кормлении. В среднем за молочный период каждому теленку скормлено 200 л цельного молока и 600 л обрат, 70–75 кг концентрированных кормов за молочный период. В ООО Фирма «Хаммер» все три породные группы телят поставили на выращивание с 01.11.2021 и СПК ПЗ «Заря-1» – с 01.12.2021.

Кормление – групповое. В зимний период молодняку давали сено, солому, силос, свеклу, картофель и концентрированные корма. Остатки корма учитывали в журнале. Летом животных содержали на естественных пастбищах и дополнительно подкармливали концентратами и зеленой травой. Расход кормов при выращивании молодняку до восемнадцатимесячного возраста показан в таблице 1. В СПК ПЗ «Заря-1» в сентябре – ноябре 2022 года в течение 80 дней проводили заключительный откорм молодняку на свекле, концентрированных кормах, сене с частичной пастьбой животных. За этот период в среднем на голову в сутки скармливали свеклы 21 кг, концентратов – 2,95 кг и сена – 1,6 кг.

В третьем опыте, проведенном в ООО «Югагрохим», кормили молодняк более обильно, особенно в первые шесть месяцев, в рацион была введена кукуруза, сахарная свекла и жом. До 18-месячного возраста здесь в среднем на одну голову израсходовали следующее количество кормов (таблица 2).

По питательности на долю молока приходится 5,7 грубых 10,1, сочных – 17,3, зеленых – 34,7 и концентратов – 32,2 %. Учет роста и развития животных осуществляли путем их индивидуального взвешивания при рождении, в 3-, 6-, 12- и 18-месячном возрасте. На основании взвешиваний вычисляли абсолютный, среднесуточный и относительный приросты живой массы по периодам опыта и за весь цикл выращивания и откорма. В восемнадцатимесячном возрасте у подопытных животных брали промеры статей тела, на основании которых вычисляли индексы телосложения. Материалы, полученные при проведении исследований, обрабатывали биометрически с использованием пакета компьютерных программ Statistica, Statgraf [16].

Таблица 1

Расход кормов на выращивание молодняка (в среднем на 1 голову)

Периоды	Корма, кг						Питательная ценность	
	молоко цельное	обрат	грубые корма	силос и корнеплоды	пастбище и зеленая подкормка	концентраты	корм. ед.	переваримого протеина (в кг)
ООО Фирма «Хаммер» (опыт 1)								
До 6 мес.	200	800	100	300	600	$\frac{126}{60}$	$\frac{523^x}{463^{xx}}$	$\frac{62,3}{56,3}$
01.11.2021	–	–	874	552	–	582	1073	106,4
01.05.2022–20.11.2022	–	–	100	910	2044	674	1248	119,5
всего	200	800	1074	1762	2644	$\frac{1382}{1322}$	$\frac{2844^x}{2784^{xx}}$	$\frac{288,2}{282,2}$
СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2)»								
До 7½ мес.	200	600	100	300	830	105	523	60,3
01.12.21–01.05.22	–	–	678	1318	–	282	878	77,2
01.05.22–01.09.22	–	–	–	36	3156	222	798	80,7
1.09.22–20.11.22 (откорм.)	–	–	128	1680	1600	236	839	72,4
всего	200	600	906	3334	5586	815	3038	290,6

Примечание: x – по группе помесей калмыков симменталов; xx – по группе помесей абердин-ангусов

Таблица 2

Расход кормов на выращивание молодняка за 18 месяцев (в среднем на 1 голову) (опыт 3)

Возраст, мес.	Молоко, л		Корма, кг						Питательная ценность кормов	
	цельное	обрат	сено	солома	силос и корнеплоды	жом сырой	трава и кукуруза	концентраты	корм. ед.	переваримого протеина (в кг)
0–6	200	600	48	–	11	–	949	145	478	78,3
6–12	–	–	333	176	868	1443	136	336	856	94,2
12–18	–	–	134	–	589	492	4380	243	1185	199,2
Всего	200	600	515	176	1468	1935	5465	724	2519	362,7

Таблица 3

Изменение живой массы бычков за период выращивания (n = 10)

Группа	Живая масса, кг				Затрачено кормов на 1 кг прироста, ЭКЕ
	при рождении	6 месяцев	12 месяцев	18 месяцев	
ООО Фирма «Хаммер» (опыт 1)					
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	34,0±1,02	146,3±5,48	297,6±8,41	418,0±12,26	8,5
½ симментальская + ½ калмыцкая	29,3±0,96	156,7±6,02	280,4±9,51	406,6±10,73	9,8
симментальская	32,0±0,87	160,6±5,76	267,4±7,67	385,5±9,89	10,4
СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2)					
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	31,0±0,92	128,3±6,41	254,4±7,96	392,4±11,65	8,0
½ симментальская + ½ калмыцкая	26,8±0,78	121,0±5,07	239,2±8,06	371,0±10,94	8,7
симментальская	27,7±0,89	128,0±6,12	249,3±9,42	376,0±11,23	8,5
ООО «Юагрохим» (опыт 3)					
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	34,1±0,84	171,0±6,52	305,0±9,00	425,0±12,40	10,0
симментальская	37,0±0,96	160,0±6,69	284,0±8,83	411,0±11,27	10,7

Результаты. При указанном выше кормлении у помесного и симментальского молодняка к полутора годам средняя живая масса составляла от 371 до 425 кг (таблица 3). В первом опыте помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) имели большую живую массу по сравнению сверстниками (½ симментальская + ½ калмыцкая) и чистопородными бычками симментальской породы по живой массе при рождении на 4,7 и 2,0 кг, в 12 месяцев – на 17,2 и 30,2 кг (P > 0,999), в 18 месяцев – на 11,4 кг (P > 0,99) и 32,5 кг (P > 0,999), а в 6-месячном возрасте уступали им соответственно на 10,4 и 14,3 кг.

Во втором опыте бычки (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) также имели более высокую живую массу, чем помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая) и чистопородные

симменталы при рождении в 6; 12; 18- месячном возрасте соответственно на 4,2 и 3,3 кг; 7,3 кг (P > 0,95) и 0,3 кг; 15,2 кг (P > 0,99) и 5,1 кг (P > 0,90); 21,4 г (P > 0,999) и 16,4 кг (P > 0,99). В третьем опыте помесные бычки (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) превосходили бычков симментальской породы по живой массе в 6-, 12- и 18-месячном возрасте на 11,0 кг (P > 0,95), 21,0 кг (P > 0,999) и 14,0 кг (P > 0,99). Во всех трех опытах помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) превосходили по живой массе симментальских бычков в 18-месячном возрасте на 3,4 – 8,4 %, помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая) в ООО Фирма «Хаммер» были тяжелее на 5,5 %, но в СПК ПЗ «Заря-1» живая масса калмыцких помесей приближалась к живой массе бычков симментальской породы.

Таблица 4

Динамика среднесуточных приростов живой массы (n = 10)

Группа	Возраст, мес.			
	0–6	6–12	12–18	0–18
ООО Фирма «Хаммер» (опыт 1)				
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	623±18,64	841±16,32	668±12,86	711±18,25
½ симментальская + ½ калмыцкая	708±19,10	687±17,44	701±16,39	699±19,37
симментальская	714±20,17	593±16,02	656±17,23	655±18,00
СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2)				
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	541±19,65	701±17,02	767±16,96	669±18,05
½ симментальская + ½ калмыцкая	523±21,00	657±18,00	732±17,54	637±19,00
симментальская	557±20,51	674±16,89	704±18,00	645±18,62
ООО «Юагрохим» (опыт 3)				
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	761±21,22	744±19,21	667±17,90	724±18,57
симментальская	683±18,75	689±17,58	700±18,43	693±17,94

За весь период выращивания у помесей (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) в первом опыте средний суточный прирост составлял 711 г, на 1 кг прироста затрачено 8,5 энергетической кормовой единицы (ЭКЕ), в то время как прирост симментальских бычков насчитывал 655 г в сутки, на 1 кг прироста затрачено 10,4 ЭКЕ, что на 22,35 % больше. Помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая) по приросту и оплате корма больше приближались к бычкам симментальской породы. Разница в приростах во втором опыте в пользу помесей (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) равнялась 3,72 и 5,02 %, а по оплате

корма приростом живой массы – 0,5 и 0,7 ЭКЕ (таблицы 3 и 4).

Затраты кормов на 1 кг прироста в третьем опыте (ООО «Юагрохим») за весь период выращивания до 18 месяцев составили у помесного молодняка (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) 10,0 кормовых единиц, у бычков симментальской породы – 10,7 кормовой единицы, что на 7,0 % больше. Более полную и объективную картину напряженности роста животного дает показатель относительного роста живой массы (табл. 5).

Наиболее высокий относительный прирост живой массы, показывающий энергию роста животных, прослеживался в первом опыте

у помесей (½ симментальская + ½ калмыцкая). Их превосходство над бычками с кровностью (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) и чистопородными животными в 18-и месячном возрасте было 159 и 183 абс. %, а коэффициент увеличения живой массы был больше на 12,94 и 15,19 % соответственно. Аналогичные результаты получены и во втором опыте. За период выращивания относительный прирост живой массы бычков (½ симментальская + ½ калмыцкая) оказался больше на 118 и 27 абс. %, а коэффициент увеличения живой массы – на 9,32 и 2,0 %, чем у помесей (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) и симментальской

пород. В третьем опыте за период от рождения до 18-месячного возраста бычки кровностью (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) превосходили сверстников симментальской породы по относительному приросту живой массы на 135 абс. %, а коэффициенту увеличения живой массы – на 12,15 %. Таким образом, можно заключить, что помесные бычки (½ симментальская + ½ калмыцкая) и (½ симментальская + ½ абердин-ангусская) во всех трех опытах превосходят чистопородных животных симментальской породы по продуктивности.

Таблица 5

Относительный прирост и коэффициент увеличения живой массы бычков

Породные группы	Возрастной период, мес.							
	0–6		6–12		12–18		0–18	
	относительный прирост, %	коэффициент увеличения живой массы	относительный прирост, %	коэффициент увеличения живой массы	относительный прирост, %	коэффициент увеличения живой массы	относительный прирост, %	коэффициент увеличения живой массы
ООО Фирма «Хаммер» (опыт 1)								
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	330,3	4,30	103,4	2,03	40,5	1,40	1129	12,29
½ симментальская + ½ калмыцкая	434,8	5,35	78,9	1,79	45,1	1,45	1288	13,88
симментальская	401,9	5,02	66,5	1,66	44,2	1,44	1105	12,05
СПК ПЗ «Заря-1» (опыт 2)								
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	313,9	4,14	98,3	1,98	54,2	1,54	1166	12,66
½ симментальская + ½ калмыцкая	351,5	4,51	97,7	1,98	55,1	1,55	1284	13,84
симментальская	362,1	4,62	94,8	1,95	50,8	1,51	1257	13,57
ООО «Юагрохим» (опыт 3)								
½ симментальская + ½ абердин-ангусская	401,5	5,01	78,4	1,78	39,3	1,39	1146	12,46
симментальская	332,4	4,32	77,5	1,77	44,7	1,45	1011	11,11

По типу телосложения помесный молодец занимает промежуточное место между симменталами и чистопородными абердин-ангусами, что подтверждают показатели промеров и индексов телосложения (таблица 6).

Показатели относительного развития шести широтных промеров чистопородных абердин-ангусских бычков, помесей и симменталов показывают, что у помесей преобладает промежуточный тип телосложения, при этом по ширине груди, ширине в тазобедренных сочленениях и в седалищных буграх они приближались

к чистопородным абердин-ангусам, а по ширине в маклоках и в пояснице – ближе к симменталам. Телята рождаются на более низких ногах, чем симменталы, с широким округлым туловищем. Помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая) по типу менее однообразны, чем помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская). Они значительно выше на ногах и по формам ближе к симменталам. Масть помесей (½ симментальская + ½ калмыцкая) красная.

Промеры и индексы телосложения подопытных бычков в 18-месячном возрасте

Показатели	Абердин-ангусская порода	Опыт 1			Опыт 2			Опыт 3	
		помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская)	помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая)	симментальская порода	помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская)	помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая)	симментальская порода	помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская)	симментальская порода
Промеры, см									
Высота в холке	114,0	124,7	127,9	131,7	124,1	126,5	130,1	122,7	126
Высота в крестце	117,5	129,1	134,5	139,4	128	133,5	137,5	131,6	135
Глубина груди	66,5	66,7	66,6	68,4	65,8	65,3	67	64	64
Ширина в маклаках	46,5	43,7	46,4	45,9	45,2	44,8	44	44,6	43,8
Косая длина туловища	151	144,3	144,2	146,4	142,6	141,5	145,3	143,9	138,7
Обхват груди	192,5	179,3	183,5	164,2	177,8	175,8	177,5	179,6	179,3
Обхват пясти	22,8	20,8	19,6	19,9	20,4	19,5	20,1	20,0	20,3
Индексы, %									
Высоконогости	44,6	46,5	47,9	48	46,8	48,4	48,5	46,6	49,2
Перерослости	103	103,2	105	106	103,2	105,2	105,8	107	107
Массивности	169	144	143	139	143	139	136,5	146	141
Растянутости	132	116	113	111	115	112	111,5	117	110

Выводы. При скрещивании разных пород и выращивании помесей в различных условиях кормления установлено, что при достаточном уровне кормления помеси по формам телосложения, выраженности мясного типа развиваются больше в сторону отцовской породы. При снижении уровня кормления формирование типа телосложения животных и их внешние признаки уклоняются в сторону молочного скота, развитие широкотелости задерживается, и мясные качества помесей не могут проявиться

в должной мере. Во всех трех опытах помеси (½ симментальская + ½ абердин-ангусская и ½ симментальская + ½ калмыцкая), в сравнении с симменталами, отличались более высокой интенсивностью роста и лучшей оплатой корма. Помеси (½ симментальская + ½ калмыцкая) по развитию больше приближались к симменталам. По типу телосложения помесный молодец занимает промежуточное место между симменталами и чистопородными абердин-ангуссами.

Список источников

1. Концепция устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2017. С. 7.
2. Эффективность применения ЭМ-технологии при выращивании на мясо бычков черно-пестрой породы / О.Г. Лоретц, А.А. Белооков, С.А. Гриценко, О.В. Горелик // Аграрный вестник Урала. 2016. № 1 (143). С. 25–28.
3. Белооков А.А. Оценка экономической эффективности производства говядины в мясном скотоводстве при использовании в рационе молодняка ЭМ-препаратов // Аграрный вестник Урала. 2012. № 3 (95). С. 57.

4. Кравченко В. Рынок говядины: от роста производства – к экспорту // Животноводство России. Сентябрь. 2022. С.7-8.
5. Acclimatization and productive qualities of american origin aberdeen-angus cattle pastured at the submontane area of the northern caucasus Smakuyev D., Shakhmurzov M., Pogodaev V., Shevkhuzhev A., Rebezov M., Kosilov V., Yessimbekov Z // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2021. Т. 20. № 7. С. 433-442.
6. Формирование мясной продуктивности бычков абердин-ангусской породы при различной длительности производственного цикла / А.Ф. Шевхужев, В.А. Погодаев, Д.Р. Смакуев, И.Я. Шахтамиров, У.А. Делаев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 4 (40). С. 60–65.
7. Погодаев В.А., Сангаджиев Д.А. Особенности роста бычков калмыцкой мясной породы крупного рогатого скота, полученных от кроссов разных линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 243–246.
8. Годжиев Р. С., Гогаев О. К., Тукфатулин Г. С. Формирование мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота при использовании разных условий кормления // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56. № 1. С. 86–91.
9. Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А. Особенности динамики роста, экстерьера, оплаты корма бычков абердин-ангусской породы разного типа телосложения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 49–59.
10. Гриценко С., Белооков А., Зайдуллина А. Оценка мясной продуктивности черно-пестрого скота с использованием генетических параметров // Молочное и мясное скотоводство. 2008. № 8. С. 13-14.
11. Кизаев М. А., Ажмулдинов Е. А., Титов М. Г. Продуктивные качества бычков различных генотипов при промышленной технологии производства говядины // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (50). С. 78–81.
12. Лумбунов С. Г., Гармаев Б. Д. Мясная продуктивность бычков калмыцкой породы разной селекции // Главный зоотехник. 2021. № 11 (220). С. 31–46.
13. Мясная продуктивность и качество продуктов убоя чистопородных и помесных бычков / В.И. Косилов, Е.А. Никонова, А.В. Харламов, С.Д. Тюлебаев // Мичуринский агрономический вестник. 2018. № 1.С. 26–32.
14. Раджабов Р.Г., Н.В. Иванова Мясная продуктивность бычков разных пород //Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 2-1 (36). С. 9–14.
15. Косилов В. И., Мироненко С. И. Создание помесных стад в мясном скотоводстве: монография. М.: ООО ЦП «Васиздат», 2009. 304 с.
16. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М., 1969. 256 с.

GROWTH POWER OF BULL CALVES SECURED FROM THE MATING OF SIMMENTAL COWS WITH ABERDEEN-ANGUS AND KALMYK BULLS DEPENDING ON THE REARING TECHNOLOGY

©2023. Anatoly F. Shevkhuzhev¹, Vladimir A. Pogodaev²✉

^{1,2}North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhailovsk, Russia,

¹pogodaev_1954@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to establish the features of weight and linear growth of bull calves secured from mating of Simmental cows with Aberdeen-Angus and Kalmyk bulls, depending on the rearing technology. The scientific and economic experiments were conducted in three farms of the Karachay-Cherkessia Republic: LLC Firm Hammer (experiment 1); SEC PZ Zarya-1 (experiment 2); LLC Yugagrohim (experiment 3) in 2021-2022. For the entire period of breeding in crossbreeds (½ Simmental + ½ Aberdeen-Angus) in the first experiment, the average daily increase was 711 g, 8.5 energetic feed units (EFU) were spent for 1 kg of growth, while the growth of Simmental bulls accounted for 655 g per day, 10.4 EFU were spent for 1 kg of growth (22.35% more). The crossbreeds (½ Simmental + ½ Kalmyk) were closer to the bulls of the Simmental breed in terms of growth and feed efficiency. The difference in growth in the second experiment in favor of crossbreeds (½ Simmentalskaya + ½ Aberdeen-Angus) was equal to 3.72 and 5.02%, and for feed efficiency with an increase in live weight - 0.5 and 0.7 EFU. Feed efficiency per 1 kg of growth in the third experiment (LLC Yugagrohim) for the entire rearing period up to 18 months amounted to 10.0 EFU for mixed bred young animals (½ Simmental + ½ Aberdeen-Angus), 10.7 EFU for bull calves of the Simmental breed, which is 7.0% more. The crossbreeds (½ Simmental + ½ Aberdeen-Angus) had a stretched and wide body with well-developed hocks and less long legs.

Key words: mating, Simmental breed, Aberdeen-Angus breed, Kalmyk breed, crossbreeds, growth power, feed efficiency, exterior

References

1. The concept of sustainable development of beef cattle breeding in the Russian Federation for the period up to 2030. – М., 2017. – P. 7.
2. The effectiveness of the use of EM technology in the rearing of Black-and-White bull calves for meat / Loretts O.G., Belookov A.A., Gritsenko S.A., Gorelik O.V. // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 1 (143). pp. 25-28.
3. Belookov A.A. Evaluation of the economic efficiency of beef production in beef cattle breeding when using EM preparations in the diet of young animals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. No. 3 (95). P. 57.
4. Kravchenko V. Beef market: from increase in production to export // Animal husbandry of Russia. September. 2022. pp.7-8.
5. Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-Angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus Smakuyev D., Shakhmurzov M., Pogodaev V., Shevkhuzhev A., Rebezov M., Kosilov V., YessimbekovZ. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2021. Vol. 20. No. 7. pp. 433-442.
6. Formation of meat productivity of Aberdeen-Angus bull calves with different duration of the production cycle / Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Smakuev D.R., Shakhtamirov I.Ya., Delaev U.A. // Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev. 2018. No. 4 (40). pp. 60-65.
7. Pogodaev V.A., Sangadzhiev D.A. Features of growth of calves of the Kalmyk meat breed of cattle secured from mating of different lines // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 1 (87). pp. 243-246.
8. Godzhiev R. S., Gogaev O. K., Tukfatulin G. S. Formation of meat productivity in young cattle under different feeding conditions // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2019. Vol. 56. No. 1. pp. 86-91.
9. Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A. Features of the growth dynamics, exterior, and feed efficiency of Aberdeen-Angus bull calves of different body types // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2021. No. 2. pp. 49-59.
10. Gritsenko S., Belookov A., Zaidullina A. Evaluation of meat productivity of Black-and-White cattle using genetic parameters // Dairy and beef cattle farming. 2008. No. 8. pp. 13-14.
11. Kizaev M. A., Azhmuldinov E. A., Titov M. G. Productive qualities of bull calves of various genotypes in the industrial technology of beef production // Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2019. No. 2(50). pp. 78-81.
12. Lumbunov S. G., Garmaev B. D. Meat productivity of Kalmyk bull calves of different selections // Head of Animal Breeding. 2021. No. 11 (220). pp. 31-46.
13. Meat productivity and quality of slaughter products of purebred and crossbred bull calves / V.I. Kosilov, E.A. Nikonova, A.V. Kharlamov, S.D. Tyulebaev // Michurinsk agronomy bulletin. 2018. No. 1, pp. 26-32.
14. Radzhabov R.G., N.V. Ivanova Meat productivity of bull calves of different breeds // Vestnik of Don State Agrarian University. -2020. No. 2-1 (36). pp. 9-14.
15. Kosilov V. I., Mironenko S. I. Development of crossbreed herds in beef farming: monograph. М.: LLC CP “Vasizdat”. 2009. 304 p.
16. Plokhinsky N.A. Guide to biometrics for livestock specialists. М., 1969. 256 p.

Сведения об авторах

А.Ф. Шевхужев¹ – д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник;

В.А. Погодаев^{2✉} – д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник.

^{1,2}Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» г. Михайловск, Ставропольский край, Россия

Information about the authors

A.F. Shevkhuzhev¹ – Dr. Agr. Sci., Chief Researcher;

V.A. Pogodaev^{2✉} – Dr. Agr. Sci., Chief Researcher.

^{1,2}Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Center”, Mikhailovsk, Stavropol Region, Russia

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 27.04.2023; одобрена после рецензирования 09.07.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 09.07.2023; accepted for publication 04.09.2023

Научная статья

УДК 636.084.1

doi: 10.47737/2307-2873_2023_43_141

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ЖЕЛЕЗА НА ПРОЦЕССЫ ФЕРМЕНТАЦИИ В РУБЦЕ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ В *IN VITRO* ИССЛЕДОВАНИЯХ

©2023. Елена Владимировна Шейда^{1✉}, Ольга Вилориевна Кван²,

Денис Александрович Тюриков³

^{1,2,3} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия,

¹elena-shejjda@mail.ru

Аннотация. В работе изучено влияние изменения состава рациона и дополнительное включение элемента железа в ультрадисперсной форме на процессы ферментации в рубце: уровень летучих жирных кислот, метаболиты азота и таксономический состав микробиоты рубцового содержимого. Основная цель работы – оценить влияние элемента железа в ультрадисперсной форме на течение метаболических процессов в рубце жвачных животных в опыте *in vitro*. Исследования производили методом *in vitro*, в качестве объекта исследования использовали рубцовое содержимое. Исследования проводили в инкубаторе «ANKOM DaisyII» - модель искусственного рубца. Для исследования были использованы ультрадисперсные частицы (УДЧ) железа, полученные методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона ($d=90$ нм, Z-потенциал $7,7\pm 0,5$ мВ), содержали 99,8% Fe. Применение в эксперименте УДЧ железа показало изменение некоторых параметров метаболизма в рубцовой жидкости, в частности, повышение уровня ЛЖК и общего азота. Структура микробиома рубцового содержимого при использовании железа не изменялась, однако следует отметить увеличение численности представителей *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_ "Bacteroidales"* на 0,9 %, 2,7 %, 0,5 %, 3,8 %.

Ключевые слова: ультрадисперсные частицы, железо, летучие жирные кислоты, азот, микробиом, рубцовое содержимое, жвачные

Введение. Нанотехнологии открыли новую эру в различных областях научных интересов - биотехнологии, биомедицине, ветеринарии и науках о животных, предоставив новые маломасштабные инструменты и материалы, полезные для живых организмов [1]. Разновидности наноматериалов, которые используются для диагностики заболеваний, лечения, доставки лекарств, питания животных, разведения животных, воспроизводства и придания дополнительной ценности продуктам животного происхождения и, наконец, безопасности пищевых продуктов включает использование

липосом, полимерных наночастиц, дендримеров, металлических наночастиц, углеродных наночастиц, квантовых точек, углеродных нанотрубок, магнитных наночастиц и фуллеренов [2].

Недавно нанотехнология внесла вклад в разработку нетоксичных противомикробных средств для снижения устойчивости к антибиотикам, используемым для борьбы с различными патогенами, вызывающими хронические инфекции у домашнего скота [2]. Кроме того, применение наноматериалы как противовирусные агенты, играют важную роль в обеспечении здоровья и воспроизводства животных.

Наконец, наноматериалы находят применение в пищевой промышленности [3].

Минеральные препараты в нано- и ультрадисперсных формах обладают высокой биологической активностью по сравнению с органической и неорганической формами этих веществ, а также оказывают иммуномодулирующее, антибактериальное воздействие и обладают отсутствием токсичного эффекта [4, 5]. За счет большей активной поверхности или поверхностной функциональности УДЧ имеют высокую проникающую способность и лучшее всасывание в желудочно-кишечном тракте [5, 6].

Изучено влияние обогащения рациона бычков калмыцкой породы наноразмерными частицами микроэлементов в составе ультрадисперсных порошков металлов на мясное сырье. Введение в рацион добавки железа в дозировке 0,08 мг/кг веса способствовало улучшению нутриентного состава мяса и насыщению его эссенциальным железом для детского и функционального питания. В результате проведенного исследования зафиксировано увеличение содержания в мясе говядины железа более чем в два раза при сравнении с контрольной группой, при этом содержание железа в длиннейшей мышце туш опытных бычков составило 89,29 мг/кг [7].

В исследованиях при включении наночастиц железа на фоне использования в кормлении бычков жировой добавки установлено увеличение переваримости сухого вещества рациона в рубце на 9 % и повышение интенсивности течения метаболических процессов [8]. Включение в жировые рационы ультрадисперсных частиц железа повышало переваримость питательных компонентов корма (сырого жира, органического вещества и БЭВ) [9]. Однако очень мало проведено работ по изучению влияния железа в чистом виде на обменные процессы в рубце.

Цель исследования: оценить в опыте *in vitro* влияние ультрадисперсных частиц железа

на течение обменных процессов в рубце жвачных животных.

Методика. В качестве объекта исследования использовалось рубцовое содержимое, полученное через хроническую фистулу рубца от бычков, n=4, породы казахская белоголовая, в возрасте 10 мес. Эксперимент проводился методом латинского квадрата 4 × 4 в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Проведение экспериментальных исследований, содержание и обслуживание опытных животных осуществляли в соответствии с рекомендациями и инструкциями к выполнению биологических исследований [10, 11]. Количество исследуемых образцов и опытных животных были сведены к минимуму с целью уменьшения страдания животных. Кормление животных осуществляли по общепринятым нормам с учетом рекомендаций А.П. Калашникова и др. [12]. Структура и питательность рациона представлены в таблице 1.

Отбор проб содержимого рубца производили, спустя 12 часов после кормления, через хроническую фистулу рубца (ANKOM, d=80 мм) резиновым шлангом длиной 200 см и наружным диаметром 40 мм в термос объемом 3 литра. Транспортировку осуществляли в термосах в течение 30 минут.

Схема эксперимента. Исследования производили методом *in vitro* с помощью установки - инкубатора «ANKOM DaisyII» (ANKOM Technology, США) (модификации D200 и D200I) по специализированной методике [13]. Для исследования были приготовлены I контрольный образец (состав контрольного рациона не отличался от состава и структуры рациона для данного вида, пола, продуктивности и возраста животных (таблица 1)) и два опытных. В состав опытных образцов входили рацион и дополнительные компоненты: II – подсолнечный жмых, III – подсолнечный жмых + 1,4 мг железа/кг СВ.

Состав и питательность рациона, %

Компонент	Содержание
Сено разнотравное (Mixed grass hay), %	47,4
Сено бобовое (Legume hay), %	32,6
Зерновая смесь (Grain mixture), %	19,0
Mineral, %	1,0
Итого, %	100
В рационе содержится (% СВ) / The diet contains (% DM)	
Сухое вещество	94,68
Сырой протеин	5,9
Сырая клетчатка	28,0
НДК	6,3
КДК	4,6
Гемцеллюлоза	1,65
Сырой жир	2,73
Органическое вещество	93,4
Кальций	0,51
Фосфор	0,37
Сырая зола	1,28
БЭВ	53,8

Для исследования были использованы ультрадисперсные частицы железа, полученные методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона («Передовые порошковые технологии», г. Томск). Препараты Fe НЧ ($d=90$ нм, Z-потенциал $7,7\pm 0,5$ мВ), содержали 99,8% Fe. Перед включением в рацион ультрадисперсные частицы железа диспергировали в физиологическом растворе с помощью УЗДН-2Т («НПП Академприбор», Россия) (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 30 мин). Образцы корма взвешивали по 500 мг и помещали в полиамидные мешочки, затем мешочки помещались в инкубатор для инкубации при температуре +39,5 °С: 48 часов – в смеси буферного раствора с рубцовой жидкостью. По окончании инкубации образцы промывались и высушивались при температуре +60 °С до постоянного веса. Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после инкубации. После инкубирования производили отбор проб воздуха для определения уровня метана на приборе «Кристаллюкс-2000М» методом газовой хроматографии.

Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии с пламенно-ионизацион-

ном детектированием на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М (СКБ Хроматек, Россия), определение форм азота – по ГОСТ 26180-84, ГОСТ 13496.4-2019.

Анализ микробного биоразнообразия содержимого рубца проводили с помощью MiSeq («Illumina», США) методом секвенирования нового поколения (NGS) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle) в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» (Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН).

Некоторые ОТЕ выравнивали с помощью алгоритма BLAST [14], используя базы данных нуклеотидных последовательностей nr/nt National Center for Biotechnological Information, NCBI [15] и выровненных последовательностей генов рибосомальной РНК SILVA [16].

Для биоинформатической обработки результатов используется программа PEAR (Pair-End AssembleR, PEAR v0.9.8).

Результаты секвенирования обрабатывали с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel 16, программного обеспечения Microsoft Office (США). Численные данные были обработаны с помощью программы SPSS «Statistics 20» («IBM», США), рассчитывали

средние (M), среднеквадратичные отклонения ($\pm\sigma$), ошибки стандартного отклонения ($\pm SE$). Для сравнения вариантов использовали непараметрический метод анализа. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$. Численные данные были обработаны с помощью программы SPSS «Statistics 20» («IBM», США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные отклонения ($\pm\sigma$), ошибки стандартного отклонения ($\pm SE$). Для

сравнения вариантов использовали непараметрический метод анализа. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результаты. В группе, получавшей подсолнечный жмых, переваримость СВ относительно контроля повышалась на 1,8 %, при этом дополнительное включение УДЧ железа повышало переваримость СВ относительно контроля на 2% (рисунок 1).

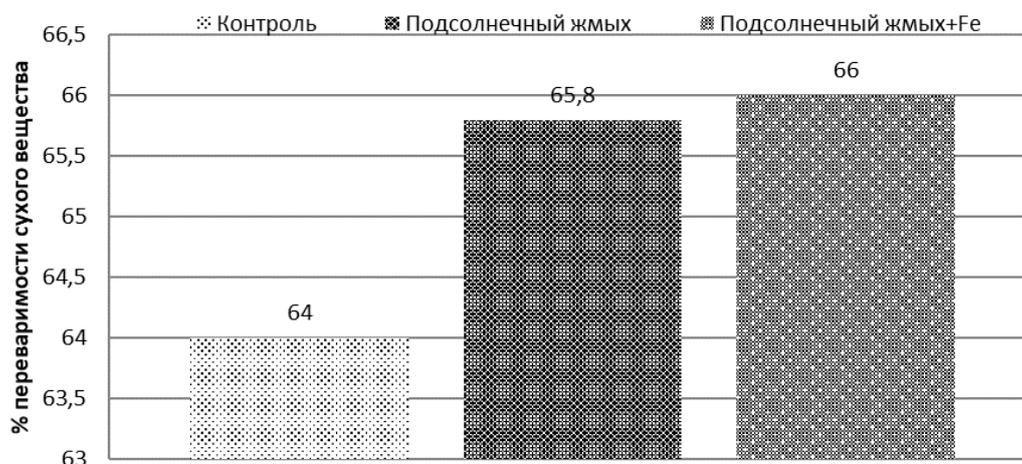
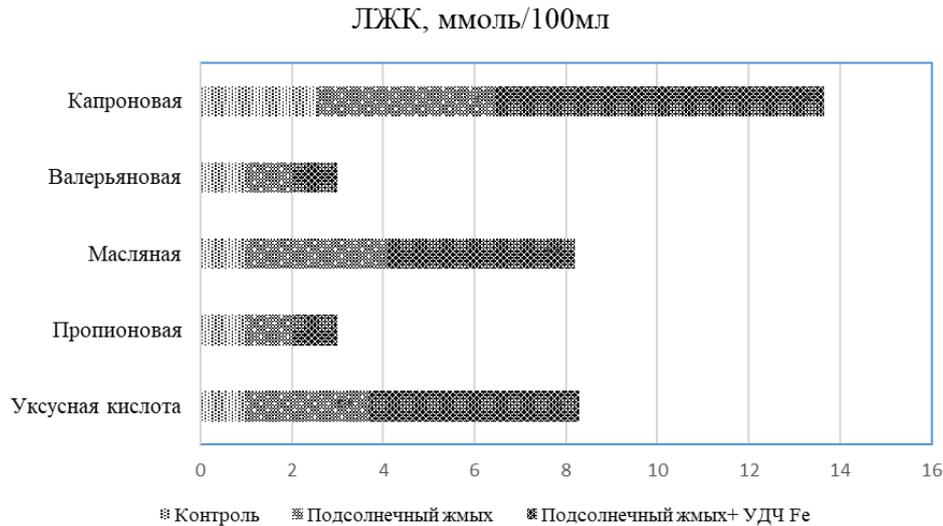


Рис 1. Переваримость сухого вещества белковых рационов при дополнительном включении железа, %
 Fig. 1. Digestibility of dry matter of protein diets with additional inclusion of iron, %

Включение протеинового концентрата в рацион бычков способствовало повышению уровня углеводов в рационах опытных групп на 0,42 %, а, как известно, конечным продуктом сбраживания углеводов в рубце являются ЛЖК. Соответственно, чем выше уровень углеводов, тем больше концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости. В ходе исследований *in vitro* установлено, что уровень ЛЖК в образцах при введении ультрадисперсных препаратов на фоне использования белковых компонентов изменялся (рисунок 2).

В контрольной группе был отмечен достаточно низкий уровень ЛЖК, за исключением капроновой кислоты, однако ее уровень

был ниже, чем в опытных группах. Дополнительное включение железа на фоне протеиновых рационов сдвигало метаболические процессы в рубце в сторону ацетата и бутирата. Так, относительно контрольных значений, концентрация уксусной кислоты в группе с подсолнечным жмыхом была выше на 168 %, а при использовании подсолнечного жмыха и железа – на 360 % ($p \leq 0,05$). Уровень масляной и капроновой кислот также был выше относительно контроля в группе с подсолнечным жмыхом на 210 % ($p \leq 0,01$) и 52,3 % ($p \leq 0,05$), в группе с включением УДЧ железа – на 310 % ($p \leq 0,01$) и 181 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Метаболизм азота в РЖ в присутствии железа также изменялся по-разному (рисунок 3).



Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

Рис 2. Изменение уровня ЛЖК в содержимом рубца при дополнительном включении белковых концентратов и железа, ммоль/100 мл

Fig. 2. Change in the level of VFA in the ruminal digesta with additional inclusion of protein concentrates and iron, mmol / 100 ml

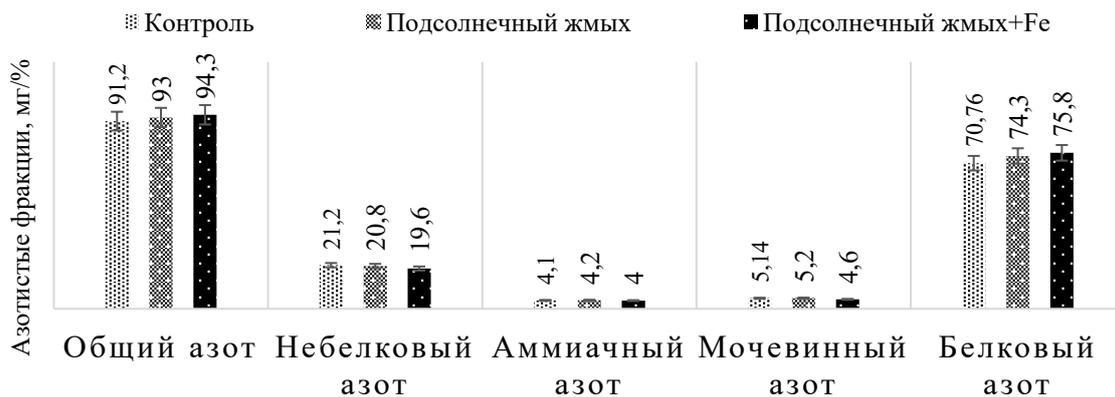


Рис 3. Концентрация метаболитов азота в содержимом рубца при дополнительном включении белковых концентратов и железа, мг/%

Fig. 3. Concentration of nitrogen metabolites in the ruminal digesta with additional inclusion of protein concentrates and iron, mg/%

Уровень общего и белкового азота в опытных группах относительно контроля увеличился: при использовании подсолнечного жмыха и железа – на 3,3 % и 6,6 % соответственно. Уровень небелкового, аммиачного и мочевинового азота в присутствии железа был

ниже контрольных значений. При дополнительном использовании железа на фоне белкового рациона качественный состав микробиома рубца не изменялся, а вот в количественном отношении были выявлены изменения (рисунок 4).

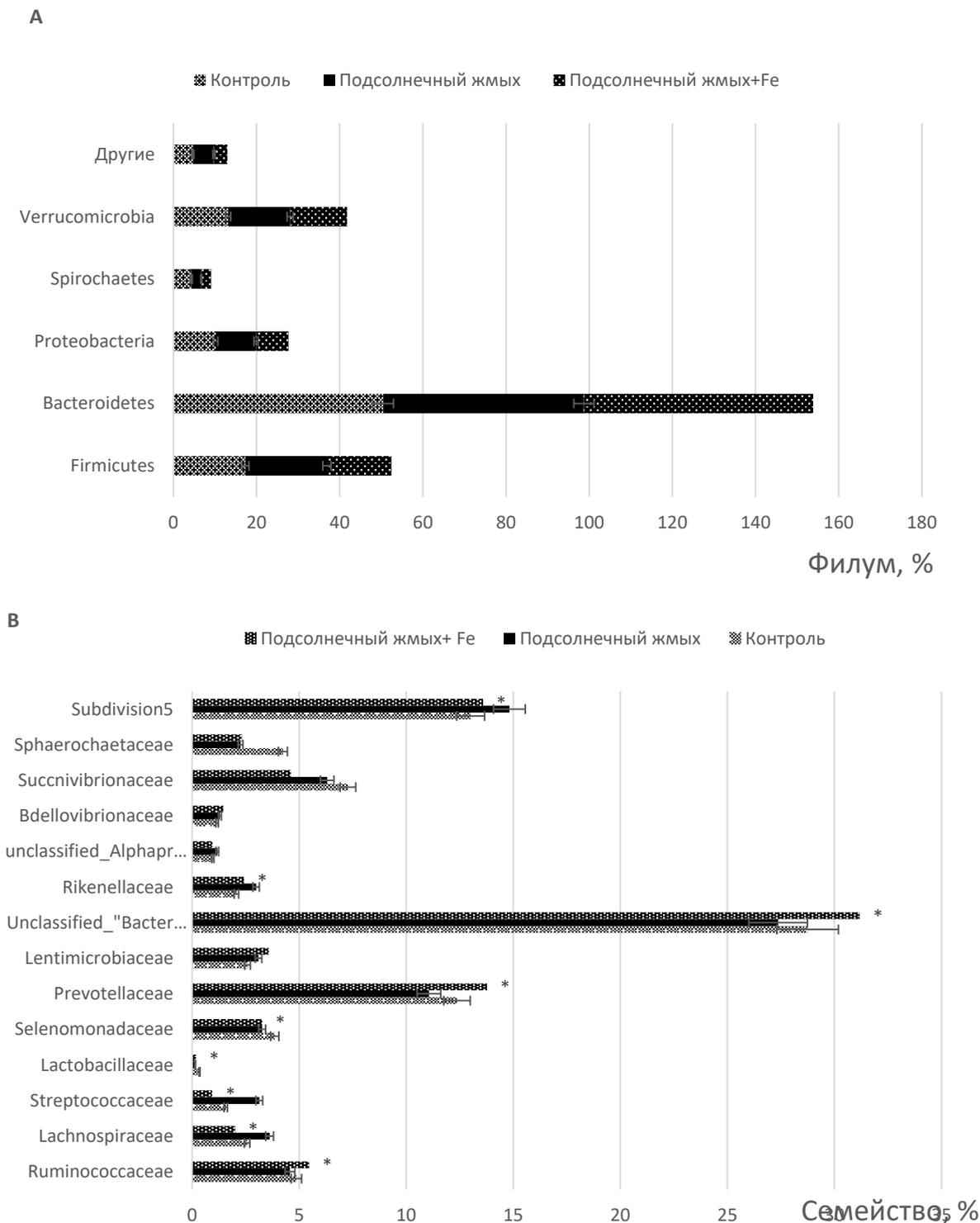


Рис 4. Видовой состав микробиома (преобладающие таксоны) рубцового содержимого in vitro, при дополнительным включением железа на фоне белковых рационов, %:

A – на уровне филума; B – на уровне семейства

Fig. 1. Species composition of the microbiome (predominant taxa) of the ruminal digesta in vitro, with additional inclusion of iron on the background of protein diets, %:

A – at the phylum level; B – at the family level

В контрольной и опытных группах доминирующими филумами были *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*. Железо увеличивало численность представителей филума *Bacteroidetes* на 6,9 %, а *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* снижало на 4,1 %, 1,9 % и 1,2 %, соответственно, относительно контрольных значений.

Доминирующими семействами оказались *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified "Bacteroidales"*, *Rikenellaceae*, *Succinivibrionaceae* (рисунок В). Включение УДЧ железа увеличивало количество представителей *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified "Bacteroidales"* на 0,9 %, 2,7 %, 0,5 %, 3,8 %, соответственно, уменьшилась численность *Lachnospiraceae*, *Rikenellaceae*, *Succinivibrionaceae* на 1,6 %, 0,7 %, 1,7 %, соответственно, относительно образцов с использованием белкового компонента.

В опытной группе с использованием белкового концентрата отмечено повышение численности *Ruminococcaceae*, участвующих в

расщеплении, главным образом, клетчатки. Включение УДЧ железа способствовало увеличению числа представителей *Firmicutes* и *Proteobacteria*, отвечающих за переваримость крахмала и белков в кормах и участвующих в фиксации азота, о чем свидетельствует повышение уровня общего и белкового азота в рубцовом содержимом.

Вывод. Дополнительное использование в кормлении жвачных животных ультрадисперсных частиц железа показало усиление течения обменных процессов в рубце, что достоверно повышало уровень ЛЖК и общего азота в рубцовой жидкости. Структура микробиома рубца при использовании железа не изменялась, однако следует отметить увеличение численности представителей *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified "Bacteroidales"* на 0,9 %, 2,7 %, 0,5 %, 3,8 %.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (No 0761-2019-0005)

Список источников

1. Bai D.P., Lin X.Y., Huang Y.F., Zhang X.F. Theranostics Aspects of Various Nanoparticles in Veterinary Medicine // International Journal of Molecular Sciences. 2018. 19. P. 3299. doi:10.3390/ijms19113299
2. Muktar Y., Bikila T., Keffale M. Application of Nanotechnology for Animal Health and Production Improvement: A Review // World Appl. Sci. J. 2015. 33. P. 1588–1596
3. Lee J., Jo M., Kim T.H., Ahn J.Y., Lee D.K., Kim S., Hong S. Aptamer sandwich-based carbon nanotube sensors for single-carbon-atomic-resolution detection of non-polar small molecular species // Lab Chip. 2011. 11. P. 52–56.
4. Swain P.S., Rajendran D., Rao S.B.N., Dominic G. A review // Veterinary World. 2015. 8(7). P. 888. doi: 10.14202/vet-world.2015.888-891
5. Rajendran D., Kumar G., Ramakrishnan S., Thomas K.S. Enhancing the milk production and immunity in Holstein Friesian crossbred cow by supplementing novel nano zinc oxide // Research Journal Biotechnology. 2013. 8 (5). P.11–17.
6. Зазимко М.А., Забашта Н.Н., Головки Е.Н., Синельщикова И.А., Лисовицкая Е.П. Обогащение рациона бычков железом // Молочное и мясное скотоводство. 2021. 6. С. 26-29. doi: 10.33943/MMS.2021.68.90.005
7. Левахин Ю.И., Нуржанов Б.С., Рязанов В.А., Джуламанов Е.Б. Изменения микробиоценоза рубца, крови и переваримость сухого вещества рациона при введении бычкам совместно с жировой добавкой ультрадисперсных частиц железа // Аграрный вестник Урала. 2019. 1 (192). С. 53–59. doi: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-53-59
8. Шейда Е.В., Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Шошина О.В. Адаптационные процессы в пищеварительной системе при введении ультрадисперсных частиц железа в жировые рационы крупного рогатого скота // Сельскохозяйственная биология. 2022. 2 (57). С. 328-342. doi: 10.15389/agrobiology.2022.2.328rus
9. Сарымсакова Б.Е., Розенсон Р.И., Баттакова Ж.Е. Руководство по этике научных исследований: методические рекомендации. Астана, 2007. 98 с.
10. Веселова Т.А., Мальцева А.А., Швец И.М. Биоэтические проблемы в биологических и экологических исследованиях: учебно-методическое пособие в электронном виде. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. 187 с.
11. Калашников А.П., Фисинин В.И., Щеглов В.В., Клейменов Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие 3-е издание переработанное и дополненное. Москва, 2003. 456 с.
12. Левахин Г.И., Мещеряков А.Г. К методике определения расщепляемости протеина кормов в лабораторных условиях // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. 3. С. 12-13.
13. https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome
14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
15. <https://www.arb-silva.de>

THE EFFECT OF IRON PREPARATION ON FERMENTATION PROCESSES IN THE RUMEN AND TAXONOMIC COMPOSITION IN IN VITRO STUDIES

©2023. Elena V. Sheida^{1✉}, Olga V. Kvan², D.A. Tyurikov³

^{1,2,3} Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia,

¹elena-shejda@mail.ru

Abstract. The paper studies the effect of changes in the composition of the diet and the additional inclusion of the element iron in ultrafine form on the fermentation processes in the rumen: the level of volatile fatty acids, nitrogen metabolites and the taxonomic composition of the microbiota of the ruminal digesta. The main objective of the work is to evaluate the effect of the element iron in ultrafine form on the metabolic processes in the rumen of ruminants in an in vitro experiment. The studies were carried out by the in vitro method, the ruminal digesta was used as the object of the study. The research was carried out in the incubator "ANKOM DaisyII" - a model of an artificial rumen. For the study, ultrafine particles (UDP) of iron obtained by the method of an electric explosion of a conductor in an argon atmosphere ($d=90$ nm, Z -potential 7.7 ± 0.5 mV) were used, containing 99.8% Fe. The use of iron in the UDP experiment showed a change in some parameters of metabolism in the rumen fluid, in particular, an increase in the level of LVH and total nitrogen. The structure of the microbiome of the ruminal digesta did not change when using iron, however, it should be noted that the number of representatives of *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified_ "Bacteroidales"* increased by 0.9 %, 2.7 %, 0.5 %, 3.8 %.

Key words: ultrafine particles, iron, volatile fatty acids, nitrogen, microbiome, ruminal digesta, ruminants

References

- Ding-Ping Bai, Xin-Yu Lin, Yi-Fan Huang and Xi-Feng Zhang. Theranostics Aspects of Various Nanoparticles in Veterinary Medicine. International Journal of Molecular Sciences. 2018, 19, 3299; doi:10.3390/ijms19113299
- Mukhtar, Y.; Bikila, T.; Keffale, M. Application of Nanotechnology for Animal Health and Production Improvement: A Review. World Appl. Sci. J. 2015, 33, 1588–1596
- Lee, J.; Jo, M.; Kim, T.H.; Ahn, J.Y.; Lee, D.K.; Kim, S.; Hong, S. Aptamer sandwich-based carbon nanotube sensors for single-carbon-atomic-resolution detection of non-polar small molecular species. Lab Chip 2011, 11, 52–56
- Swain P. S., D. Rajendran, S. B. N. Rao and G. Dominic A review Veterinary World 8(7) 888 (2015) DOI: 10.14202/vet-world.2015.888-891
- Rajendran D., G. Kumar, S. Ramakrishnan, and K. S. Thomas Research Journal Biotechnology, vol. 8, no. 5, pp. 11-17 (2013)
- Zazimko M.A., Zabashta N.N., Golovko E.N., Sinelshchikova I.A., Lisovitskaya E.P. Enrichment of the diet of bulls with iron / Dairy and beef cattle breeding. 2021. No. 6. pp. 26-29. DOI: 10.33943/MMS.2021.68.90.005
- Levakhin Yu. I., Nurzhanov B. S., Ryazanov V. A., Dzhulamanov E. B. Changes in the microbiocenosis of the rumen, blood and the digestibility of the dry matter of the diet when introduced to bulls together with a fat additive of ultrafine iron particles. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 01 (192). pp. 53-59. (doi: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-53-59)
- Sheida E.V., Lebedev S.V., Miroshnikov S.A., Grechkinav.V., Shoshina O.V. Adaptive processes in the digestive system when introducing ultrafine iron particles into fat rations of cattle. Agricultural Biology. Vol.57. No.2. 2022. pp. 328-342. Doi: 10.15389/agrobiology.2022.2.328rus
- Sarymsakova BE, Rosenson RI, Battakova THE SAME. Guidelines on the ethics of scientific research: methodological recommendations. Astana. 2007. 98 c.
- Veselova TA, Maltseva AA, Shvets IM. Bioethical problems in biological and environmental research: an educational and methodological manual in electronic form. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University. 2018. 187p.
- Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. Norms and rations of feeding of farm animals. Reference manual 3rd edition revised and expanded. Moscow, 2003. 456 p.
- Levakhin G.I., Meshcheryakov A.G. On the methodology for determining the cleavability of feed protein in laboratory conditions. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2003, 3: 12-13.
- https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- <https://www.arb-silva.de>

16. Zhang J., Kobert K., Flouri T., Stamatakis A, PEAR: A fast and accurate Illumina Paired-End reAd merger, *Bioinformatics*, 2014, 30(5): 614-620 (doi: 10.1093/bioinformatics/btt593)

Сведения об авторах

Е.В.Шейда¹✉ – канд. биол. наук, научный сотрудник;

О.В. Кван² – канд. биол. наук, старший научный сотрудник;

Д.А.Тюриков³ – специалист.

^{1,2,3} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской Академии наук, ул. 9 января 29, г. Оренбург, Россия.

¹ elena-shaejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

² kwan111@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

³ mental5058@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6251-6411>

Information about the authors

E.V. Sheida¹✉ – Cand. Biol. Sci., Researcher;

O.V. Kvan² – Cand. Biol. Sci., Senior Researcher;

D.A. Tyurikov³ – Expert.

^{1,2} Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia.

¹ elena-shaejjda@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

² kwan111@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

³ mental5058@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6251-6411>

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 11.05.2023; одобрена после рецензирования 20.06.2023; принята к публикации 04.09.2023

The article was submitted 11.05.2023; approved after reviewing 20.06.2023; accepted for publication 04.09.2023

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. Агрономия, 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 включенным 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 подписанную вручную 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 должную 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) 217-95-49 Заболотнова Мария Валерьевна, 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». Каталожная стоимость подписки на полгода составит 2200 рублей. Индекс издания, по которому Вы можете найти журнал в каталоге – ПК840.