



ISSN 2307-2873

Научно-практический
журнал

№2 (42) 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);
Н.В. Костюченков, 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. Перевойко, 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. Сычёва, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);
Н.А. Татарникова, д-р ветеринар. наук (г. Пермь, Россия);
Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);
В.И. Титова, д-р с.-х. наук (г. Н. Новгород, Россия);
И.Ш. Фатыхов, д-р с.-х. наук (г. Ижевск, Россия);
Т. Фишер, д-р естеств. наук (г. Бранденбург, Германия);
И.К. Хабиров, д-р биол. наук (г. Уфа, Россия);
В.Г. Черненко, акад. НАН ВШК, д-р с.-х. наук
(г. Астана, Казахстан)

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

Дата выхода в свет – 22.06.2023. Формат 60x84½. Усл. печ. л. 20.
Тираж 100. Заказ № 35. 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);
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. Mukhamadjarov, Dr. Tech. Sci. (Kirov, Russia);
A.A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., (Troitsk, Russia);
L.Iu. Ovchinnikova, Dr. Agr.Sci. (Troitsk, Russia);
Zh.A. Perevoiko, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);
M.V. Rogozin, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);
T.N. Sivkova, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);
V. Spalevic, Dr. (Podgorica, Montenegro);
L.V. Sycheva, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);
N.A. Tatarnikova, Dr. Vet. Sci. (Perm, Russia);
N.N. Terinov, Dr. Agr. Sci. (Ekaterinburg, Russia);
V.I. Titova, Dr. Agr. Sci. (Nizhny Novgorod, Russia);
I.Sh. Fatykhov, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);
T. Fischer, Dr. (Brandenburg, Germany);
I. K. Khabirov, Dr. Biol. Sci. (Ufa, Russia);
V.G. Chernenok, Academician of NAHEA SK,
Dr. Agr. Sci. (Astana, Kazakhstan)

*Director of the PPC «Prokrost» – O.K. Korepanova
Editor – E.A. Grayevskaya
Senior secretary – M.V. Zabolotnova
Translation – N.S. Dolmatova*

Signed to print – 22.06.2023. Format 60x84½.
Printed sheets 20. Ex. 100, Order No. 35. Postcode ПК840.
Unfixed price. Printed at the Publishing and Polygraphic
Center «Prokrost».
The PPC «Prokrost» 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

- Мударисов С.Г., Рахимов И.Р.,
Гайнуллин И.А., Пацкань А.Р.**
Результаты экспериментальных исследований
по определению мощности на привод ротора
разбрасывателя органических удобрений 4

АГРОНОМИЯ

- Галиченко А.П., Фокина Е.М.**
Оценка влияния гидротермических условий
на содержание белка и масла в семенах скоро-
спелых сортов сои 12

- Земцова Е.С., Боме Н.А., Колоколова Н.Н.**
Дифференциация сортов яровой пшеницы, рай-
онированных в тюменской области, по устойчи-
вости к фузариозу колоса 20

- Кравченко Р.В., Скамарохова А.С.**
Продуктивность бинарных вико-злаковых
травосмесей в условиях равнинного агроландшафта
Западного Предкавказья 27

- Лисина Т.Н., Бурдышева О.В., Шолгин Е.С.,
Латыпова А.Л., Елисева А.Д.**
Исследование влияния спектрального состава
освещения на картофель *in vitro* сортов Невский,
Каменский, Удача 34

- Майсак Г.П.**
Элементы технологии возделывания левзеи
сафлоровидной на семена в Пермском крае 43

- Попов Ф.А., Козлова Л.М., Носкова Е.Н.,
Светлакова Е.В.**
Возделывание клевера лугового в длительном
стационарном опыте с удобрениями 51

- Юшкевич Л.В., Щитов А.Г.,
Ющенко Д.Н., Бутко А.С.**
Влияние агротехнологий на формирование
сорного компонента и инфицированность
агрофитоценоза ячменя в лесостепи Западной
Сибири 58

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Березин А.С.**
Сравнение методов измерения экстерьера пчел
..... 66

- Гертман А.М., Максимович Д.М.,
Крупцова Н.Н.**
Сравнительная оценка различных способов ле-
чения гипокобальтоза коров-первотёлок в усло-
виях биогеохимической провинции 74

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING

- Mударisov S.G., Rakhimov I.R., Gainullin I.A.,
Patskan A.R.**
The results of experimental studies determining the
power to the rotor drive of the organic fertilizer
spreader 4

AGRONOMY

- Galichenko A.P., Fokina E.M.**
Assessment of impact of hydrothermal conditions
on protein and oil content in seeds of early maturing
soybean varieties 12

- Zemtsova E.S., Bome N.A., Kolokolova N.N.**
Differentiation of spring wheat varieties recognized
in the tyumen region by resistance to fusarium ear
blight 20

- Kravchenko R.V., Skamarokhova A.S.**
Productivity of binary vetch-cereal grass mixtures
under the conditions of the flat agrolandscape in the
Western Predkavkazie 27

- Lisina T.N., Burdysheva O.V., Sholgin E.S.,
Latypova A.L., Eliseeva A.D.**
Research of the effect of light spectral composition on
potato plants *in vitro* of Nevsky, Kamensky, Udacha
varieties..... 34

- Maisak G.P.**
Elements of cultivation technology of leuzea (*Rhapon-
ticum Carthamoides*) for seeds in Perm region 43

- Popov F.A., Kozlova L.M., Noskova E.N.,
Svetlakova E.V.**
Cultivation of meadow clover in a long-term stationary
experiment with fertilizers 51

- Yushkevich L.V., Shchitov A.G.,
Yushchenko D.N., Butko A.S.**
Influence of agrotechnologies on the formation of the
weed component and the degree of contamination
of agrophytocenosis of barley in the forest-steppe
of Western Siberia 58

ZOOTEC HNY AND VETERINARY

- Berezin A.S.**
Comparison of methods for measuring the exterior
of bees 66

- Gertman A.M., Maksimovich D.M.,
Kruptsova N.N.**
Comparative evaluation of various treatment meth-
ods of hypocobaltosis of first-calf cows in a biogeo-
chemical province 74

Зорина А.В., Мартынова Е.Н., Исупова Ю.В. Эффективность применения сексированной спермы разных быков-производителей в СХПК «Колос» Удмуртской Республики	82	Zorina A.V., Martynova E.N., Isupova Y.V. The effectiveness of the use of sexed sperm of different servicing bulls in the agricultural complex "Kolos" of the Udmurt Republic	82
Кадышева М.Д., Корнейченко В.И., Тюлебаев С.Д. Динамика гематологических показателей животных разных линий брединского мясного типа симменталов, и их распределение по генотипам гена CAST	90	Kadysheva M.D., Korneichenko V.I., Tyulebaev S.D. Dynamics of hematological indicators of animals of different lines of simmentals of bredy meat type and their distribution by CAST gene genotypes	90
Контэ А.Ф. Взаимосвязь признаков экстерьера первотелок черно-пестрой породы разной линейной принадлежности	97	Conte A.F. Interrelation of exterior features of cow-heifers of black-and-white breed with different linear affiliation	97
Николаев С.В. Сравнительная генетическая характеристика двух региональных популяций северного оленя ненецкой породы	105	Nikolaev S.V. Comparative genetic characteristics of two regional populations of reindeer of the nenets breed	105
Никулина Н.Б. Иммунологические показатели крови коров при развитии метаболического алкалоза.....	113	Nikulina N.B. Immunological parameters of cows blood in the development of metabolic alkalosis.....	113
Панин В.А. Влияние минеральной подкормки на волосяные фолликулы коз оренбургской породы	120	Panin V.A. The effect of mineral supplements on the hair follicles ofgo ats of the orenburg breed	120
Плешакова В.И., Лещёва Н.А., Кошкин И.Н., Ручко Е.Н. Фенотипическая оценка резистентности культур микроорганизмов, выделенных от сельскохозяйственных животных с помощью метода MALDI-TOF MS	128	Pleshakova V.I., Lescheva N.A., Koshkin I.N., Ruchko E.N. Phenotypic assessment of resistance of cultures of microorganisms isolated from farm animals using the MALDI-TOF MS method	128
Позовникова М.В., Васильева О.К., Романова Е.А., Тулинова О.В. Резистентность к субклиническому маститу коров голштинской породы в связи с аллельными вариантами генов <i>CD62L</i> и <i>ACSL1</i>	136	Pozovnikova M.V., Vasilyeva O.K., Romanova E.A., Tulinova O.V. Resistance to subclinical mastitis of holstein cows associated with allelic variants of the <i>ACSL1</i> and <i>CD62L</i> GENES	136
Рязанов В.А., Мирошников И.С. Влияние полыни горькой и солей кобальта <i>Artemisia Absinthil Herba</i> и $CoCl_2$ на изменения составных показателей крови бычков казахской белой породы	143	Ryazanov V.A., Miroshnikov I.S. Influence of wormwood and cobalt salts <i>Artemisia Absinthil Herba</i> and $CoCl_2$ on changes on the composite blood values of kazakh whiteheaded bulls	143
Хамируев Т.Н., Дашинимаев С.М., Базарон Б.З. Рост, развитие и взаимосвязь количественных признаков у молодняка лошадей разного генотипа.....	152	Khamiruev T.N., Dashinimaev S.M., Bazaron B.Z. Growth, development and interrelation of quantitative traits in young horses of different genotype.....	152

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Научная статья

УДК 631.33; 631.37

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_4

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МОЩНОСТИ НА ПРИВОД РОТОРА
РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

©2023. Салават Гумерович Мударисов^{1✉}, Ильдар Раисович Рахимов²,
Ильшат Анварович Гайнуллин³, Андрей Романович Пацкань⁴

^{1,3} Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

^{2,4} Южно – Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия

¹salavam@gmail.com

Аннотация. В последние годы для разбрасывания органических удобрений применяются полуприцепы для перевозки органических удобрений с вертикальными разбрасывающими роторами. В статье дана методика определения мощности двигателя трактора на привод ротора разбрасывателя через вал отбора мощности (ВОМ) трактора. Определен крутящий момент на ВОМ трактора при различных значениях нормы внесения органических удобрений и скорости движения агрегата и рассчитана мощность, затрачиваемая на привод ротора. В результате экспериментальных исследований установлено, что на привод ротора при частоте вращения ВОМ 540 об/мин и норме внесения удобрений от 14,8 т/га до 97,8 т/га затрачивается мощность от 9,54 кВт до 23,97 кВт. Полученные значения крутящего момента необходимы для прочностных расчетов деталей и узлов разбрасывателя органических удобрений.

Ключевые слова: разбрасыватель органических удобрений, выдвижной передний борт, роторный разбрасыватель, норма внесения удобрений, скорость движения агрегата, мощность на привод ротора, крутящий момент

Введение. Для увеличения урожайности и качества возделываемых зерновых и кормовых культур, а также для повышения плодородия почв, наряду с внедрением новых технологий, длительных севооборотов и способов обработки почвы и посева, в хозяйствах широко используется применение минеральных и органических удобрений и сидеральных культур [1,2,3,4,5,6,7]. Такой комплексный подход к возделыванию сельскохозяйственных культур в совокупности ведет к снижению уплотнения почвы [8,9,10,11], накоплению влаги в нижних горизонтах, устранению смыва почвы и спо-

собствует повышению эффективности органических и минеральных удобрений и плодородия почвы [12,13].

В последние годы существенно выросли требования к качеству внесения органических и минеральных удобрений. Особое внимание уделяется повышению их эффективности путем оптимального и дифференцированного распределения удобрений по площади поля при одновременном снижении степени загрязнения окружающей среды [3].

В конструкциях машин для внесения твердых органических удобрений прослежива-

ется тенденция увеличения их грузоподъемности, повышения производительности и надежности. При этом широкое распространение получают разбрасыватели органических удобрений с вертикальным расположением роторов разбрасывателя как наиболее надежных и имеющих широкую полосу разбрасывания [14].

В связи с развитием животноводства и птицеводства потребность в машинах для внесения органических удобрений увеличилась, что вызвало необходимость разработки и создания высокопроизводительных разбрасывателей органических удобрений.

В ООО «Челябинский компрессорный завод» начали выпуск полуприцепов грузоподъемностью от 10 до 45 тонн с выдвижным передним бортом в комплекте с разбрасывателями органических удобрений с вертикальным расположением разбрасывающих роторов.

В процессе работы таких разбрасывателей мощность двигателя трактора используется на передвижение агрегата, на привод гидронасоса для выдвижения штоков гидроцилиндров перемещения переднего борта полуприцепа и на привод роторов разбрасывателя органических удобрений через ВОМ трактора.



Рис 1. Общий вид агрегата в составе трактора Case Puma 210 и машины для разбрасывания органических удобрений на базе полуприцепа ПТВ – 256

Fig. 1. General view of the unit as part of the Case-Puma 210 tractor and the organic fertilizer spreader based on the semi-trailer PTV-256

Если расход мощности двигателя трактора на перемещение агрегата и на привод гидронасоса определяются расчетным путем при известных параметрах агрегата, то определение мощности на привод роторов разбрасывателя вызывает определенные сложности. В связи с этим возникает необходимость определения мощности на привод роторов разбрасывателя органических удобрений экспериментальным путем.

Цель исследования – определить мощность на привод вертикальных роторов разбрасывателя органических удобрений при различных нормах внесения удобрений и различных скоростях движения агрегата.

Методика. Опыты по определению мощности на привод роторов разбрасывателя удобрений проведены на полях КФХ «Березка» Чесменского района Челябинской области 27...29 июля 2022 года. Агрегат состоял из трактора Case Puma 210 с мощностью двигателя 157 кВт и массой 6850 кг и полуприцепа ПТВ-256 грузоподъемностью 15 тонн и массой 6300 кг с установленным вместо заднего борта разбрасывателем удобрений с вертикальной осью вращения роторов. Общий вид агрегата представлен на рисунке 1, а в работе – на рисунке 2.



Рис 2. Технологический процесс разбрасывания удобрений агрегатом в составе трактора Case Puma 210 и полуприцепа ПТВ – 256

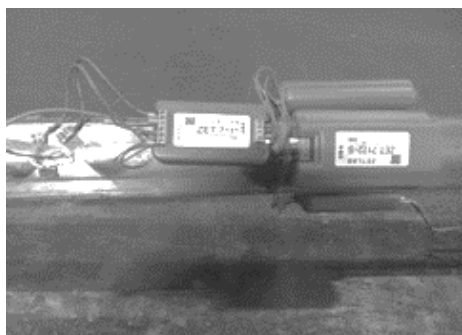
Fig. 2. Technological process of spreading fertilizers with a unit as part of the CasePuma 210 tractor and the semi-trailer PTV-256

В опытах вносили слежавшийся перегной, который в верхней части имеет малую влажность и плотность, а в нижней части – большую, что оказывало влияние на массу вносимого перегноя в отдельных опытах при одинаковой емкости кузова. Опыты проводили согласно ГОСТ 28718-2016.

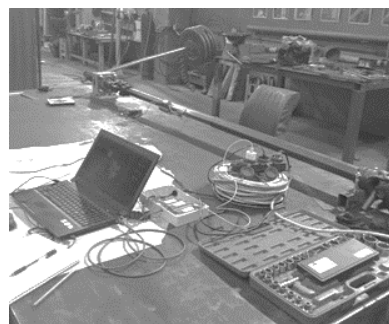
В опытах частота вращения ВОМ составила 540 об/мин. Стабильность частоты вращения ВОМ обеспечивалась поддержанием номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя за счет интеллектуальной системы управления мощностью двигателя (ЕРМ) и оптимального выбора передач на роботизированной коробке передач Powershift. Частота вращения дизеля находилась в пределах 2100 -2200 об/мин в диапазоне постоянной мощности. Определяли момент кручения на валу ВОМ (рис.3 а) с тензорезисторами и измерительным модулем ZET 7111 [15]. Далее передача данных производилась по радиоканалу телеметрической системы ZET 7172, осуществляющей беспроводную передачу данных

от тензорезисторов до ноутбука. В начале опытов тензорезисторы наклеили на карданный вал по полумостовой схеме (рис.3 а). Для тарировки измерительного оборудования крутящего момента было изготовлено приспособление (рис.3 б). В лабораторных условиях тарировка тензорезисторов и измерительной аппаратуры производилась до значения крутящего момента 2000 Нм.

В полевых условиях установленные на карданный вал тензорезисторы и датчики прикрывались полиэтиленовой пленкой и скотчем для защиты их от влаги и пыли (рис. 4). В начале испытаний измерение крутящего момента производилось на холостых частотах вращения ВОМ, далее крутящий момент измерялся в рабочем процессе. Запись сигнала осуществлялась после включения ВОМ без нагрузки и его выключения после завершения выгрузки органических удобрений. Фрагмент осциллограммы записи крутящего момента представлен на рисунке 5.



а)



б)

Рис 3. Установка тензорезисторов (а) и тарировка измерительного оборудования (б) в лабораторных условиях

Fig. 3. Installation of strain gauges (a) and calibration of measuring equipment (b) in laboratory environment



Рис 4. Измерение крутящего момента на карданном валу

Fig. 4. Measuring torque on the cardan shaft

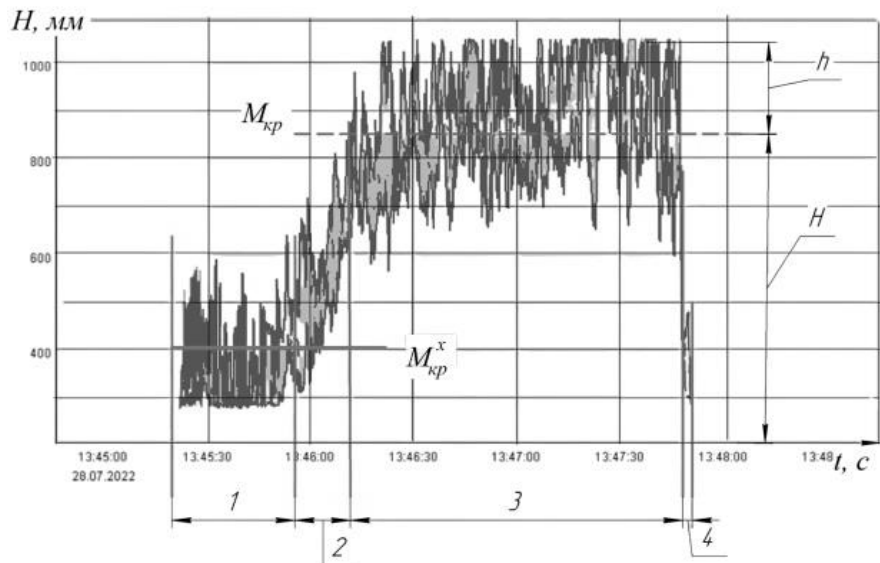


Рис 5. Измерение крутящего момента на карданном валу:

1 – величина $M_{кр}^x$ на приводе при холостой работе роторов; 2 – величина $M_{кр}$ при переходном периоде работы роторов; 3 – величина $M_{кр}$ в процессе разбрасывания удобрений; 4 – завершение работы разбрасывателя удобрений

Fig. 5. Measuring torque on the cardan shaft:

1 – value $M_{кр}^x$ on the drive during idle operation of the rotors; 2 – value $M_{кр}$ during the transition-al period of rotor operation; 3 – value $M_{кр}$ during fertilizer spreading; 4 – completion of the fertilizer spreader operation

Как видно из осциллограммы (рис. 5), изменение крутящего момента разбрасывателя удобрений состоит из четырех этапов: 1 – крутящий момент $M_{кр}^x$, затрачиваемый на привод ротора без нагрузки; 2 – переходный период, при котором крутящий момент растет до значения, когда происходит разбрасывание органических удобрений с установленной нормой внесения; 3 – крутящий момент $M_{кр}$, затрачиваемый на разбрасывание удобрений с заданной нормой внесения; 4 – конец подачи удобрений.

При известных величинах отклонения осциллограммы H , мм и масштабном коэффициенте μ , Нм/мм можно определить крутящий момент $M_{кр}$, Нм, в виде: $M_{кр} = H\mu$.

При известных отклонениях h , мм от среднего значения отклонения H , мм можно определить максимальные и минимальные значения $M_{кр}$, Нм и среднее квадратическое отклонение $\sigma_{M_{кр}}$, Нм.

При известных $M_{кр}$, Нм и частоте вращения ВОМ n , об/мин можно определить мощность N , кВт на привод вертикальных роторов разбрасывателя удобрений: $N = \frac{2\pi M_{кр} n}{60}$.

КПД привода учитывался при определении крутящего момента тензометрированием с учетом местных потерь на привод ротора разбрасывателя.

При известной массе разбрасываемых удобрений G_y , кг, ширине захвата разбрасывателя B , м и длине пути разбрасывания L , м можно определить норму внесения органических удобрений Q , т/га в виде: $Q = \frac{10 G_y}{LB}$.

Результаты. Согласно методике исследований, перед каждым опытом взвешивалась масса загруженного агрегата G , кг, во время опытов определялись скорость движения агрегата v_a , м/с, путь, пройденный агрегатом до полной разгрузки кузова L , м, ширина разбрасывания удобрений B , м, а также с помощью измерительного комплекса Zetlab – крутящий момент $M_{кр}$, Нм, на ВОМ трактора.

Полученные данные и результаты расчетов по определению нормы внесения удобрений Q , момента $M_{кр}$ и мощности, затрачиваемой на привод ротора разбрасывателя N , внесены в таблицу 1 и представлены в виде графиков на рисунках 6...9.

Результаты экспериментальных исследований разбрасывателя органических удобрений

№ опыта	G , кг	G_0 , кг	G_y , кг	B , м	L , м	S_0 , м ²	t , с	V_a , м/с	V_a , км/ч	Q , т/га	n_1 , об/мин	$M_{кр}^{cp}$, Нм	N_1 , кВт
1	23050	13340	9710	12	169,6	2036	65	2,61	9,4	42,9	540	284,1	16,05
2	22100	13340	8760	12	123,6	1571	96,5	1,34	4,8	47,3	540	286,9	16,21
3	23850	13340	10510	12	230,8	2769	97	2,38	8,57	37,9	540	292,8	16,54
4	22850	13340	9510	12	510	6120	300	1,7	6,12	14,7	540	168,8	9,54
5	24640	13340	11300	12	132,6	1591	60	2,21	7,96	63,9	540	412,3	23,3
6	24075	13340	10735	12	160	1920	104	1,53	5,5	58,8	540	337,9	19,1
7	27480	13340	14140	12	160,2	1922	60	2,67	9,61	73,5	540	420,5	23,76
8	26700	13340	13360	12	147,9	1774	51	2,9	10,44	75,3	540	424,1	23,97
9	28060	13340	14720	12	120,9	1451	42	2,88	10,36	97,5	540	521,6	29,5
10	28260	13340	14920	12	455,6	5467	170	2,68	9,65	27,3	540	270	15,26

где $G = G_T + G_n + G_y$ – масса агрегата, загруженного удобрениями, кг;

G_n – масса прицепа, кг;

G_T – масса трактора, кг;

$G_y = G - G_0$ – масса удобрений в кузове прицепа, кг;

$G_0 = G_T + G_n$ – масса агрегата без удобрений, кг;

B – ширина полосы разбрасывания, м;

v_a – скорость движения агрегата, м/с;

t – время работы агрегата до полной разгрузки кузова, с;

$L = v_a t$ – путь агрегата до полной разгрузки кузова, м;

$S = LB$ – площадь разбрасывания удобрений, м²;

$Q = G_y/S$ – норма внесения удобрений, т/га;

$M_{кр}^{cp}$ – средняя величина крутящего момента на валу ВОМ, Нм;

n_1 , частота вращения ВОМ, об/мин;

$N_1 = \frac{2\pi M_{кр}^{cp} n_1}{60}$, – мощность, затрачиваемая на привод ВОМ при частоте вращения ВОМ n_1 , кВт.

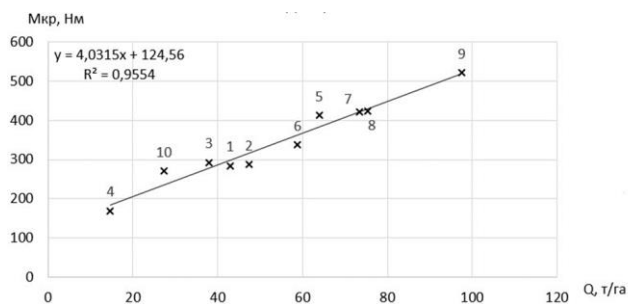


Рис 6. Зависимость крутящего момента $M_{кр}$ на валу отбора мощности трактора от нормы внесения органических удобрений Q (цифры – номера опытов)

Fig. 6. Dependence of the torque $M_{кр}$ on the tractor power take-off shaft on the rate of application of organic fertilizers Q (numbers show numbers of experiments)

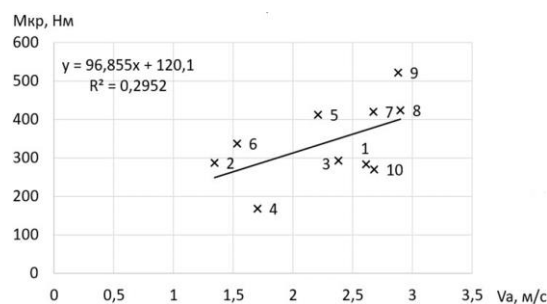


Рис 7. Зависимость крутящего момента $M_{кр}$ на валу отбора мощности трактора от скорости движения агрегата v_a (цифры – номера опытов)

Fig. 7. Dependence of the torque $M_{кр}$ on the tractor power take-off shaft on the speed of movement of the unit v_a (numbers show numbers of experiments)

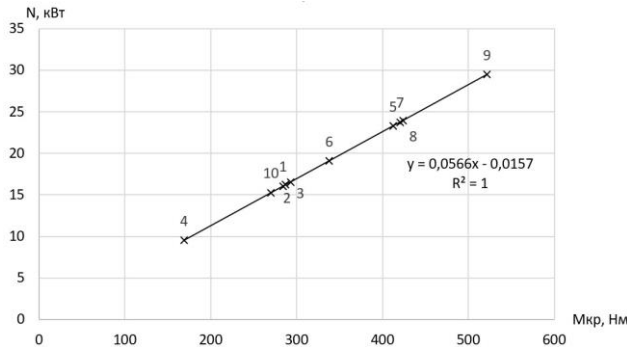


Рис 8. Зависимость мощности N , затрачиваемой на привод ВОМ, от крутящего момента $M_{кр}$ (цифры – номера опытов)

Fig. 8. Dependence of the power N , expended for the PTO drive, on the torque $M_{кр}$ (numbers show experiment numbers)

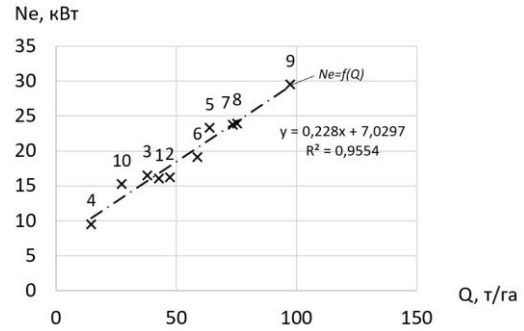


Рис 9. Зависимость мощности N , затрачиваемой на привод ВОМ, от крутящего момента $M_{кр}$ (цифры – номера опытов)

Fig. 9. Dependence of the power N , expended for the PTO drive, on the torque $M_{кр}$ (numbers show experiment numbers)

Из рисунка 6 следует, что с увеличением нормы внесения удобрений Q , от 14,7 до 97,5 т/га крутящий момент $M_{кр}$ на валу отбора мощности увеличивается по прямо пропорциональной зависимости от 168,8 до 521,6 Нм ($R^2=0,9554$). При этом, вследствие неравномерного поступления органических удобрений на лопадки ротора разбрасывателя, мгновенные значения крутящего момента на привод ВОМ, в зависимости от нормы внесения удобрений, изменяются в пределах 50...80 Нм в большую и меньшую стороны. При этом среднеквадратическое отклонение $\sigma_{M_{кр}}$ находится в пределах 16 до 27 Нм. Крутящий момент на привод ротора разбрасывателя при холостой частоте вращения находится в пределах 102...136 Нм.

С увеличением скорости движения агрегата v_a (рисунок 7) крутящий момент на привод ротора разбрасывателя $M_{кр}$ имеет тенденцию к увеличению из-за возрастания подачи удобрений на ротор для обеспечения заданной нормы внесения удобрений. Однако при этом корреляции между $M_{кр}$ и v_a не прослеживается ($R^2=0,2952$).

Мощность двигателя трактора N , затрачиваемая на привод ротора разбрасывателя при различных значениях крутящего момента на

валу отбора мощности $M_{кр}$ (рисунок 8) показывает прямо пропорциональную зависимость ($R^2=1$). При $n = 540$ об/мин затрачиваемая мощность N с увеличением $M_{кр}$ от 168,8 до 521,6 Нм возрастает от 9,54 до 23,97 кВт.

С увеличением нормы внесения удобрений Q мощность N , затрачиваемая на разбрасывание удобрений, возрастает по прямо пропорциональной зависимости в указанных выше пределах.

Выводы. На основе проведенных исследований установлены факторы, влияющие на мощность, затрачиваемую на привод ротора разбрасывателя органических удобрений. Наибольшее влияние на мощность привода оказывает норма внесения удобрений, с увеличением которой крутящий момент на привод ротора возрастает по прямо пропорциональной зависимости. В результате экспериментальных исследований установлено, что на привод ротора при частоте вращения ВОМ 540 об/мин и норме внесения удобрений от 14,8 т/га до 97,8 т/га затрачивается мощность от 9,54 кВт до 23,97 кВт. Полученные значения крутящего момента позволяют определить нагрузку на лопадки ротора и провести прочностные расчеты деталей и узлов разбрасывателя органических удобрений.

Список источников

1. Козаченко А.П. Состояние, почвенно-экологическая оценка и приемы реабилитации использования земель сельскохозяйственного назначения в Челябинской области на основе адаптивно-ландшафтной системы земледелия: монография. Челябинск: ОПП ЧГАУ, 2004. 380 с.
2. Зыбалов В.С., Добровольский И.П., Рахимов Р.С., Хлызов Н.Т., Капкаев Ю.Ш. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Челябинской области: монография. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. 268 с.

3. Зыбалов В.С., Добровольский И.П., Хлызов Н.Т., Рахимов И.Р., Бархатов В.И. Управление плодородием почв Челябинской области: монография. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. 194 с.
4. Щербаков С.И., Личман Г.И. Обоснование функциональных схем и параметров рабочих органов машин для поверхностного дифференцированного внесения органических удобрений // Нива Поволжья. 2008. № 4 (9). С. 64-67.
5. Панов А.И., Алдошин Н.В., Манохина А.А., Семин В.В. Тягово-энергетический расчет орудия для внутрипочвенного внесения органических удобрений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (69). С. 158-171.
6. Сычев В.Г., Мерзляя Г.Е., Афанасьев Р.А., Новоселов С.И., Комелин А.М. Эффективность внутрипочвенного внесения органических удобрений // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 33-36.
7. Aduova M.A., Nukusheva S.A., Uteulov K., Tulegenov T.K., Zernov A. Technologies and technical means for introducing organic fertilizers // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. № 1 (104). С. 185-190.
8. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Hasanov E., Farhutdinov I. Soil compaction management: reduce soil compaction using a chain-track tractor. Journal of Terramechanics. 2020. Т. 89. С. 1-12.
9. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Khasanov E. Improvement of traction indicators of a track-chain tractor // Komunikacie. 2020. Т. 22. № 3. С. 89-102.
10. Mudarisov S., Farkhutdinov I., Aminov R., Rakhimov Z., Bagautdinov R., Rakhimov I., Gainullin I. Comparative assessment of discrete element methods and computational fluid dynamics for energy estimation of the cultivator working bodies // Journal of Applied Engineering Science. 2020. Т. 18. № 2. С. 198-206.
11. Гайнуллин И.А., Зайнуллин А.Р. Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву // Фундаментальные исследования. 2017. № 2. С. 31-36.
12. Сычев И.Б., Абезин В.Г., Моторин В.А. Оптимизация конструктивных параметров машины для измельчения и внесения в почву твердых органических удобрений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 240-247.
13. Бричагина А.А., Кузьмин А.Е. Обзор технических средств, применяемых для внесения органических удобрений // Вестник ИрГСХА. 2011. № 42. С. 51-57.
14. Рахимов Р.С., Ялалетдинов А.Р., Рахимов И.Р., Ялалетдинов Д.А., Пацкань А.Р. Обоснование параметров универсального полуприцепа для разбрасывания органических удобрений. АПК России: Т. 29, № 2. 2022. с. 180-187.
15. Руководство по эксплуатации ЗТМС.411600.001 РЭ. Цифровые тензодатчики Zet 7010, Zet 7110, Zet 7111. https://file.zetlab.com/Document/04_7XXX/04_CAN_SENSOR/РЭ_ZET7x10_7111.pdf.

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES DETERMINING THE POWER TO THE ROTOR DRIVE OF THE ORGANIC FERTILIZER SPREADER

©2023. Salavat G. Mudarisov^{1✉}, Ildar R. Rakhimov², Ilshat A. Gainullin³, Andrey R. Patskan⁴

^{1,3}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

^{2,4}South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

¹salavam@gmail.com

Abstract. In recent years, semi-trailers for transporting organic fertilizers with vertical spreading rotors have been used for spreading organic fertilizers. The article provides a method for determining the power of the tractor engine to drive the spreader rotor via the tractor power take-off (PTO) shaft. The torque on the tractor is determined at different values of the application rate of organic fertilizers and the unit movement speed and the power spent on the rotor drive is calculated. As a result of experimental studies, it was found that the rotor drive at the PTO speed of 540 rpm and the fertilizer application rate from 14,8 t/hectares to 97,8 t/hectares consumes power from 9,54 kW to 23,97 kW. The obtained torque values are necessary for strength calculations of parts and assemblies of the organic fertilizer spreader.

Key words: organic fertilizer spreader, retractable front side, rotary spreader, fertilizer application rate, unit movement speed, rotor drive power, torque

References

1. Kozachenko A.P. Sostoyanie, pochvenno-ekologicheskaya otsenka i priemy reabilitatsii ispol'zovaniya zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya v Chelyabinskoi oblasti na osnove adaptivno-landshaftnoi sistemy zemledeliya: monografiya (Status, soil-ecological assessment and methods of rehabilitation of agricultural land use in the Chelyabinsk Oblast on the basis of adaptive landscape system of agriculture: monograph), Chelyabinsk: OPP CHGAU, 2004, 380 p.
2. Zybalov V.S., Dobrovolsky I.P., Rakhimov R.S., Khlyzov N.T., Kapkaev Yu.Sh. Ratsional'noe ispol'zovanie zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Chelyabinskoi oblasti: monografiya (Rational use of agricultural lands of the Chelyabinsk Oblast: monograph), Chelyabinsk: South Ural State University, 2016, 268 p.

3. Zybalov V.S., Dobrovolsky I.P., Khlyzov N.T., Rakhimov I.R., Barkhatov V.I. Upravlenie plodorodiem pochv Chelyabinskoi oblasti: monografiya (Soil fertility management of the Chelyabinsk region: monograph), Chelyabinsk: South Ural State University, 2018, 194 p.
4. Shcherbakov S.I., Lichman G.I. Obosnovanie funktsional'nykh skhem i parametrov rabochikh organov mashin dlya poverkhnostnogo differentsirovannogo vneseniya organicheskikh udobrenii (Substantiation of functional schemes and parameters of working bodies of machines for surface differentiated application of organic fertilizers), Niva Povolzh'ya, 2008, No. 4 (9), pp. 64-67.
5. Panov A.I., Aldoshin N.V., Manokhina A.A., Semin V.V. Tyagovo-energeticheskii raschet orudiya dlya vnutripochvennogo vneseniya organicheskikh udobrenii (Traction and energy calculation of tools for intra-soil application of organic fertilizers). Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No. 4 (69), pp. 158-171.
6. Sychev V.G., Merzlaya G.E., Afanasyev R.A., Novoselov S.I., Komelin A.M. Effektivnost' vnutripochvennogo vneseniya organicheskikh udobrenii (Efficiency of intra-soil application of organic fertilizers), Plodorodie, 2021, No. 4 (121), pp. 33-36.
7. Aduova M.A., Nukusheva S.A., Uteulov K., Tulegenov T.K., Zernov A. Technologies and technical means for introducing organic fertilizers, Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 2020, No. 1 (104), pp. 185-190.
8. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Hasanov E., Farhutdinov I. Soil compaction management: reduce soil compaction using a chain-track tractor, Journal of Terramechanics, 2020, Vol. 89, pp. 1-12.
9. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Khasanov E. Improvement of traction indicators of a track-chain tractor // Komunikacie. 2020. Vol. 22. No. 3. Pp. 89-102.
10. Mudarisov S., Farkhutdinov I., Aminov R., Rakhimov Z., Bagautdinov R., Rakhimov I., Gainullin I. Comparative assessment of discrete element methods and computational fluid dynamics for energy estimation of the cultivator working bodies, Journal of Applied Engineering Science, 2020, Vol. 18, No. 2, pp. 198-206.
11. Gainullin I.A., Zainullin A.R. Vliyaniye konstruktivnykh parametrov dvizhitelei i nagruzochnykh rezhimov traktorov na pochvu (Impact of design parameters of propellers and loading modes of tractors on the soil), Fundamental'nye issledovaniya, 2017, No. 2, pp. 31-36.
12. Sychev I.B., Abezin V.G., Motorin V.A. Optimizatsiya konstruktivnykh parametrov mashiny dlya izmel'cheniya i vneseniya v pochvu tverdykh organicheskikh udobrenii (Optimization of design parameters of a machine for grinding and applying solid organic fertilizers to the soil), Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie, 2017, No. 3 (47), pp. 240-247.
13. Brichagina A.A., Kuz'min A.E. Obzor tekhnicheskikh sredstv, primenyaemykh dlya vneseniya organicheskikh udobrenii (Review of technical means used for applying organic fertilizers), Vestnik IrGSHA, 2011, No. 42, pp. 51-57.
14. Rakhimov R.S., Yalaletdinov A.R., Rakhimov I.R., Yalaletdinov D.A., Patskan A.R. Obosnovanie parametrov universal'nogo polupritsepa dlya razbrasyvaniya organicheskikh udobrenii (Justification of parameters of a universal semi-trailer for spreading organic fertilizers), APK Rossii, 2022, Vol. 29, No. 2, pp. 180-187.
15. Rukovodstvo po ekspluatatsii ZTMS.411600.001 RE. Tsifrovyye tenzodatchiki Zet 7010, Zet 7110, Zet 7111. (Manual for ZTMS.411600.001 RE. Digital strain gauges Zet 7010, Zet 7110, Zet 7111). https://file.zetlab.com/Document/04_7XXX/04_CAN_SENSOR/РЭ_ZET7x10_7111.pdf.

Сведения об авторах

С. Г. Мударисов^{1✉} – д-р техн. наук, профессор;
И. Р. Рахимов² – д-р техн. наук, старший научный сотрудник;
И. А. Гайнуллин³ – канд. техн. наук, доцент;
А. Р. Пацкань⁴ – аспирант.

^{1,3}ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия.

^{2,4}ФГБОУ ВО Южно – Уральский государственный аграрный университет, Челябинск.

¹salavam@gmail.com

²ildarr@bk.ru

³gainullin_ia@mail.ru

⁴patskan@chgz.ru

Information about the authors

S. G. Mudarisov¹ – Dr. Tech. Sci., Professor;
 I. R. Rakhimov² - Dr. Tech. Sci., Senior Researcher;
 I.A. Gainullin³ - Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
 A.R. Patskan⁴ – postgraduate student.

^{1,3}Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

^{2,4}South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk.

¹salavam@gmail.com

²ildarr@bk.ru

³gainullin_ia@mail.ru

⁴patskan@chgz.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 16.12.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 16.12.2022; approved after reviewing 10.02.2023; accepted for publication 05.06.2023.

АГРОНОМИЯ

Научная статья

УДК 633.853.52:631.521:551.5

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_12

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И МАСЛА В СЕМЕНАХ
СКОРОСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ**©2023. Анна Петровна Галиченко^{1✉}, Евгения Михайловна Фокина²^{1,2} Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия¹gap@vniiso.ru

Аннотация. Целью данной работы являлось определение содержания белка и масла в семенах сои скороспелых сортов и оценка влияния гидротермических условий южной зоны Амурской области на данные показатели. Исследовано влияние погодных условий на содержание белка и масла в семенах четырёх скороспелых сортов сои селекции Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (ФНЦ ВНИИ). Полевой эксперимент проводили в 2020–2022 гг. на луговой чернозёмовидной, среднемощной почве. Наиболее благоприятными по сумме активных температур и осадков для накопления белка и масла в семенах сои были 2020 и 2021 гг., превышение относительно многолетней нормы составило 126, 136 °С и 173, 68 мм, соответственно. Установлено, что наиболее благоприятными для накопления белка и масла в семенах скороспелых сортов сои являются периоды, когда высокие температуры воздуха сочетаются с большим количеством равномерно выпадающих осадков. Варьирование данных показателей по годам было незначительным ($V=3,4...8,5\%$). За три года исследований высокое и стабильное содержание белка отмечено в семенах сои сорта Статная – 43,1%, содержание масла – в семенах сорта сои Лидия – 19,9%. Накопление белка у изучаемых сортов сои имело сильную прямую корреляционную зависимость от гидротермических условий в период налива семян – созревания. На содержание масла решающее влияние оказали температурный фон и влагообеспеченность в фазы цветения и начала бобообразования. Стрессоустойчивость у сортов сои Лидия, Сентябринка, Статная и Апис была различной ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,6...-4,8$). Данные сорта высоко адаптированы к изменяющимся погоднo-климатическим условиям региона ($K_a=0,93...1,06$). Наибольшую экологическую пластичность по содержанию белка в семенах проявили сорт сои Лидия ($b_i=1,24$), по содержанию масла – сорт Сентябринка ($b_i=1,19$). Сорт сои Апис оказался отзывчивым на изменение условий выращивания по обоим изучаемым признакам ($b_i=1,09; 1,58$).

Ключевые слова: соя, сорт, белок, масло, гидротермические условия, индекс условий среды, корреляция, стрессоустойчивость, генетическая гибкость, адаптивность, пластичность

Введение. Из года в год производство сои все более расширяется, что связано с растущими потребностями в растительном белке и масле как необходимых компонентах для питания человека, корма для животных и птиц, а также для медицинских и технических целей. В среднем семена сои содержат около 40 % белка и 20 % масла. Оставшиеся 40 % представляют собой углеводы и зольные вещества [1–3].

Содержание белка и масла в семенах сои зависит от генетических особенностей сорта, агротехнологических приемов, фазы вегетации и погодных-климатических условий зоны возделывания [4–6]. Известно, что абиотические стрессы в период закладки репродуктивных органов, формирования и налива семян могут снизить количество, жизнеспособность и энергию прорастания семян и изменить их биохимическую структуру. Недостаток увлажнения является наиболее важным регулирующим параметром, который снижает содержание белка в семенах сои. Многие ученые отмечают, что качество семян главным образом снижается от воздействия засухи в фазу налива семян [6–8]. Выбор исходного материала при селекции на качество семян сои требует знаний о зависимости биохимических показателей семян от метеорологических условий конкретного региона возделывания данной культуры [9, 10].

В связи с этим, целью данной работы являлось определение содержания белка и масла в семенах скороспелых сортов сои и оценка влияния гидротермических условий южной зоны Амурской области на данные показатели.

Методика. В изучении находилось 4 скороспелых сорта сои, селекции ФНЦ ВНИИ сои: Лидия, Сентябринка, Статная и Апис [11, 12], период вегетации которых в годы проведения исследований (2020–2022 гг.) составил 102...108 дней. Полевые исследования проводили на экспериментальном участке в с. Садовое Тамбовского района Амурской области на тяжёлой по гранулометрическому составу луговой чернозёмовидной, среднemocной почве. Изучение сортов осуществляли в демонстрационном питомнике (повторность – трехкратная), ширина междурядий 45 см, площадь делянки составляла 45 м² (5 рядков длиной 20 м).

Погодные условия в годы проведения исследований отличались по количеству выпавших осадков, средней температуре воздуха и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои (рис. 1, 2).

2020 год характеризовался как умеренно теплый с избыточным количеством осадков за период вегетации сои (ГТК – 2,2). Сумма осадков в южной зоне Амурской области составила 614 мм, сумма активных температур – 2597 °С, что соответственно на 173 мм и 126 °С больше климатической нормы (табл. 1).

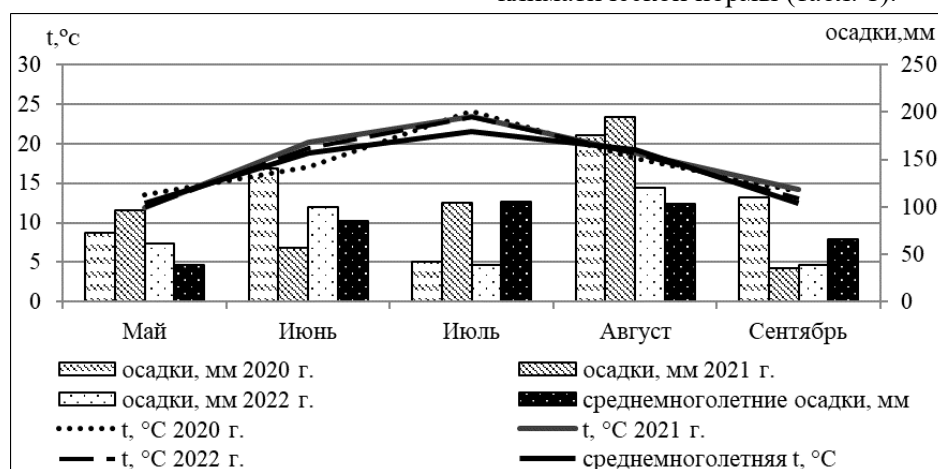


Рис 1. Количество осадков и среднемесячная температура воздуха за вегетационный период (2020–2022 гг.)

Fig. 1. Precipitation amount and average monthly air temperature during the growing season (2020–2022)

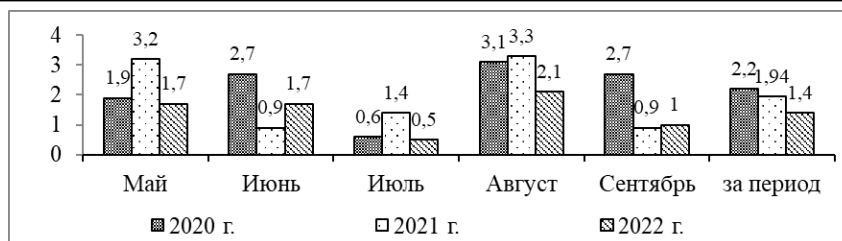


Рис 2. Гидротермический коэффициент в период вегетации сои 2020–2022 гг.

Fig. 2. Hydrothermal coefficient during the soybean growing season 2020–2022

Таблица 1

Сумма активных температур и осадков за вегетационный период 2020–2022 гг.

Год	Сумма активных температур, °С	Отклонение от нормы, °С	Сумма осадков, мм	Отклонение от нормы, мм
Норма	2471	–	441	–
2020	2597	+126	614	+173
2021	2607	+136	509	+68
2022	2501	+30	399	–42

Гидротермический режим 2021 года был экстремальным в плане весеннего переувлажнения в мае, и летнего – в первой и третьей декадах августа. Температурный фон превышал норму на 136 °С.

Погодные условия 2022 года были наиболее близки к среднегодовым показателям (ГТК – 1,4). Сумма активных температур за вегетационный период превысила норму всего на 30 °С, тогда как осадков выпало на 42 мм меньше.

Содержание белка и масла в семенах определяли в лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции методом диффузного отражения в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «Foss NIRSystem 5000» (Дания) [13]. Метеорологические показатели вегетационных периодов получены с гидрометеостанции г. Благовещенска и метеопоста Садовый. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [14]. Анализ

сортов по стрессоустойчивости и генетической гибкости проводили по методике А.А. Rossielle, J. Hemblin в изложении А.А. Гончаренко [15]. Индекс условий среды и экологическую пластичность вычисляли по методу S.A. Eberhart и W.A. Russell [16]. Оценку адаптивного потенциала сортов по содержанию белка и масла в семенах сои проводили по методике Л.А. Животкова [16].

Результаты. Ряд ученых, изучавших особенности накопления белка и масла у различных сортов сои, отмечали, что существенное влияние на данные показатели оказывают преимущественно погодные условия периода вегетации [5, 8].

В наших исследованиях содержание белка в семенах скороспелых сортов сои варьировало от 36,4 до 45,2 %, масла – от 16,5 до 21,6 % как между сортами в один и тот же год возделывания, так и в пределах одного сорта в разные вегетационные периоды (табл. 2).

Таблица 2

Содержание белка и масла в семенах скороспелых сортов сои (2020–2022 гг.)

Сорт	Содержание белка, %			V, %	Содержание масла, %			V, %	Период вегетации, дни
	2020 г.	2021 г.	2022 г.		2020 г.	2021 г.	2022 г.		
Лидия	41,2	40,5	36,4	5,4	19,2	20,8	19,6	3,4	104
Сентябринка	42,8	41,3	38,9	3,9	17,4	20,2	17,8	6,7	102
Статная	42,5	45,2	41,7	3,5	17,3	18,2	16,5	4,0	108
Апис	41,1	41,3	37,3	4,6	17,9	21,6	18,4	8,5	104
НСР ₀₅	0,32	0,26	0,44		0,42	0,39	0,38		

Наиболее благоприятное сочетание гидротермических условий для накопления белка у скороспелых сортов селекции ФНЦ ВНИИ сои сложилось в 2020 и 2021 гг. (I_j – 1,05 и 1,23), масла – в 2021 г. (I_j – 1,46) (рис. 3). Содержание белка в 2020 г. находилось в пределах 41,1...42,8 %, масла – 17,3...19,2 %. Высо-

кое содержание белка (42,8%) отмечено в семенах сорта Сентябринка, а низкое – сорта Апис. Высокие температуры и обильные осадки 2020 г. способствовали увеличению периода вегетации скороспелых сортов сои в среднем на 2...7 дней, что положительно отразилось на накоплении белка в семенах.

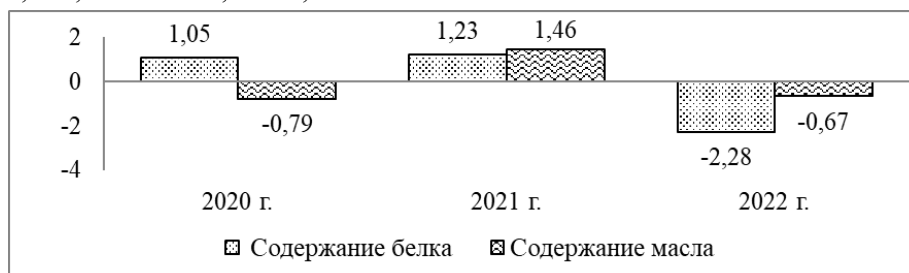


Рис 3. Индекс условий среды (I_j)

Fig. 3. Index of environmental conditions (I_j)

Погодные условия 2021 г. по температурному режиму были благоприятными для накопления как белка, так и масла в семенах сои. Среднемесячные температуры воздуха в июне, июле и сентябре превысили норму на 1,4; 1,9 и 1,8 °С соответственно. Обильные осадки в августе (194,2 мм) способствовали оттоку пластических веществ в семена, в результате чего изучаемые сорта накопили 40,5...45,2 % белка и 18,2...21,6 % масла. Максимальное содержание белка зафиксировано у сорта сои Статная – 45,2 %, у сорта Апис в 2021 г. отмечено не только высокое содержание белка (41,3%), но и масла (21,6 %).

Гидротермические условия 2022 г. были наиболее близки к значениям среднемноголетних показателей, однако температуры мая и августа на 1,2 и 1,1 °С были ниже нормы, а осадки выпадали неравномерно в течение всего вегетационного периода. В фазы цветения и бобообразования сои осадков выпало на 63,9 % ниже нормы, в результате чего скороспелые сорта сои накопили минимальное количество белка в семенах – 36,4...41,7 % и среднее количество масла – 16,5...19,6 %.

Так как индивидуальные показатели содержания белка и масла в семенах сои определяются различными погодными условиями [5], были вычислены коэффициенты вариации

этих признаков. Содержание белка варьировало в пределах от 3,5 до 5,4 %, масла – от 3,4 до 8,5 % (табл. 2).

В результате анализа корреляционных связей, направленных на изучение влияния метеорологических условий вегетационного периода на биохимические показатели семян сои, установлена сильная корреляционная зависимость между содержанием белка в семенах скороспелых сортов сои и среднемесячными температурами воздуха в сентябре ($r = 0,99$), суммой осадков в августе ($r = 0,98$) и ГТК в августе ($r = 0,99$). На содержание масла в семенах сои прямое влияние оказали температурный фон июня ($r = 0,73$), влагообеспеченность июля ($r = 0,99$) и ГТК июля ($r = 0,98$). Сильная обратная связь зафиксирована между содержанием масла и суммой осадков в июне ($r = -0,91$).

При возделывании сои в Амурской области немаловажное значение имеет адаптивный потенциал сортов, характеризующий их устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам. Показатель стрессоустойчивости имеет отрицательный знак, и чем меньше разность между минимальными и максимальными значениями, тем выше стрессоустойчивость сорта [10, 13]. Оценка статистических параметров, определяющих стрессоустойчивость генотипов по признаку «содержание белка в семенах», показала, что в наиболее благоприятные годы изучаемые сорта сои формируют более

высокие показатели качественного состава семян сои ($Y_{\min}-Y_{\max} = -3,5 \dots -4,8$) (табл. 3). Способность накапливать масло в семенах сои в различных гидротермических условиях проявили сорта Лидия и Статная ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,6; -1,7$). Максимальное значение генетической

гибкости ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2$) по содержанию белка и масла в семенах, определяющее степень соответствия между биохимическими показателями сортов и контрастными метеоусловиями, показали сорта сои Статная – 43,5 и Лидия – 20,0.

Таблица 3

Характеристика биохимического состава семян скороспелых сортов сои по параметрам адаптивности

Сорт	Y_{\min}	Y_{\max}	Стрессоустойчивость, ($Y_{\min}-Y_{\max}$)	Генетическая гибкость, ($Y_{\min}+Y_{\max}$)/2	Адаптивность	
					K_a	b_i
по содержанию белка						
Лидия	36,4	41,2	-4,8	38,8	0,96	1,24
Сентябринка	38,9	42,8	-3,9	40,9	1,00	0,85
Статная	41,7	45,2	-3,5	43,5	1,05	0,60
Апис	37,3	41,3	-4,0	39,3	0,97	1,09
по содержанию масла						
Лидия	19,2	20,8	-1,6	20,0	1,06	0,65
Сентябринка	17,4	20,2	-2,8	18,8	0,98	1,19
Статная	16,5	18,2	-1,7	17,5	0,93	0,58
Апис	17,9	21,6	-3,7	19,8	1,03	1,58

Y_{\min} – величина признака, сформировавшегося в ограниченных условиях среды; Y_{\max} – величина признака, сформировавшегося в благоприятных условиях среды; $Y_{\min}-Y_{\max}$ K_a – коэффициент адаптивности; b_i – коэффициент регрессии (пластичность).

Коэффициент адаптивности, определяющий приспособленность сортов не только к благоприятным, но и к контрастным погодным условиям, у изучаемого набора сортов по содержанию белка и масла в семенах находился на высоком уровне (0,96...1,05; 0,93...1,06, соответственно). Коэффициент регрессии (экологическая пластичность – b_i) позволил выявить сорта сои, наиболее отзывчивые на изменение условий выращивания. По содержанию белка такой отзывчивостью обладали сорта сои Лидия ($b_i=1,24$) и Апис ($b_i=1,09$). В вегетационные периоды благоприятные по сочетанию гидротермических условий для накопления масла в семенах высокий уровень пластичности показали сорта Сентябринка ($b_i=1,19$) и Апис ($b_i=1,58$).

Выводы. Наиболее благоприятные гидротермические условия для накопления белка в семенах скороспелых сортов сои селекции ФНЦ ВНИИ сложились в 2020–2021 гг., масла – в 2021 г. В среднем за три года исследований высокое и стабильное содержание белка (с превышением 40,0 % вне зависимости от погодных условий) зафиксировано в семенах сои сорта Статная – 43,1 %. По содержанию масла в семенах наиболее стабильным оказался сорт сои Лидия – 19,9

%. Самыми оптимальными для накопления белка и масла в семенах сои являются вегетационные периоды, когда повышенные температуры воздуха сочетаются с большим количеством равномерно выпадающих осадков. Изменчивость данных показателей была незначительной ($V=3,4 \dots 8,5$ %). Оценка корреляционных связей позволила установить, что накопление белка у изучаемых сортов сои имело сильную прямую зависимость от гидротермических условий в период налива семян – созревания, тогда как на содержание масла решающее влияние оказали температурный фон и влагообеспеченность в фазы цветения и начала бобообразования. Устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам изучаемого набора сортов была различной ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,6 \dots -4,8$). Скороспелые сорта сои показали высокий уровень адаптивности к контрастным погодным условиям региона ($K_a=0,93 \dots 1,06$). Наиболее пластичными по содержанию белка в семенах был сорт сои Лидия ($b_i=1,24$), масла – сорт Сентябринка ($b_i=1,19$). Самым отзывчивым на изменение условий выращивания по двум качественным показателям оказался сорт сои Апис ($b_i=1,09; 1,58$).

Список источников

1. Burlyaeva M. O., Rostova N. S Variability of the structure of correlations between the morphological and commercial traits of soybeans with different growth habit and branching characters // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 6. P. 78–86.
2. Зеленцов С. В., Мошненко Е. В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: моделирование механизмов увеличения белка в семенах // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 2 (166). С. 34–41.
3. Wenda-Piesik A., Ambroziak K. The Choice of Soybean Cultivar Alters the Underyielding of Protein and Oil under Drought Conditions in Central Poland // Applied Sciences. 2022. No. 12. P. 7830.
4. Study of soybean vegetable samples in the conditions of the Central European part of Russia and modeling of new variety biotypes / D. R. Shafigullin [et al.] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2018. No. 4. P. 73–98.
5. Синеговская В. Т., Очкурова В. В., Синеговский М. О. Содержание белка и жира в семенах сортов сои различного генетического происхождения // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 15–19.
6. Накопление сырого протеина и сырого жира растениями сортов сои северного экотипа / Е. В. Головина [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 62–69.
7. Сравнительный анализ качества семян коллекционных образцов сои *Glycine max* (L.) Merr., выращенных в условиях орошения и без орошения юго-востока республики Казахстан / Р. С. Ержебаева [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 58–66.
8. Крупнова О. В. О взаимосвязи урожайности с содержанием белка в зерне и зерновых и бобовых культур (обзор литературы) // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 3. С. 13–23.
9. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л. Ю. Новикова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(6). С. 708–715.
10. Влияние погодно-климатических условий на формирование белка и масла в семенах сои в Приморском крае / Е. С. Бутовец [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2. С. 88–97.
11. Каталог сортов сои / Е.М. Фокина, Г.Н. Беляева, М.О. Синеговский, В.Т. Синеговская, О.О. Клеткина; под общей редакцией академика РАН В.Т. Синеговской // ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 69 с.
12. Фокина Е. М., Беляева Г. Н., Титов С. А. Новые сорта сои для Дальневосточного региона // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3(55). С. 68–75.
13. Низкий С. Е., Кодирова Г. А., Кубанкова Г. В. Особенности калибровочных уравнений для ИК-сканеров при определении аминокислотного состава белков сои // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 4. С. 131–135.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2011. 350 с.
15. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.
16. Galichenko A., Fokina E. The source material estimation of early-maturing group soybeans by adaptability parameters // E3S Web of Conferences. Orel, 2021, P. 01028.

**ASSESSMENT OF IMPACT OF HYDROTHERMAL CONDITIONS
ON PROTEIN AND OIL CONTENT IN SEEDS OF EARLY
MATURING SOYBEAN VARIETIES**©2023. Anna P. Galichenko^{1✉}, Evgenia M. Fokina²^{1,2}All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia¹gap@vniisoi.ru

Abstract. The aim of this work was to determine the protein and oil content in soybean seeds of early maturing varieties and to evaluate the effect of hydrothermal conditions in the southern zone of the Amur Region on these indicators. The impact of weather conditions on protein and oil content in seeds of four early maturing soybean varieties selected by the Federal Scientific Center “All-Russian Soybean Research Institute” (FNTS VNII) was studied. The field experiment was conducted in 2020–2022 on a meadow chernozemic, moderately deep soil. 2020 and 2021 were the most favorable by degree days and precipitation in terms of protein and oil accumulation in soybean seeds, exceeding the long-term average by 126, 136 °C and 173, 68 mm, respectively. It was established that periods when high air temperatures are accompanied by large amounts of even precipitation are the most favorable for protein and oil accumulation in the seeds of early maturing soybean varieties. The variation of these indicators by year was insignificant ($V=3.4...8.5\%$). Over three years of studies, a high and stable protein content (43.1%) was found in seeds of Statnaya soybean variety, oil content – in seeds of Lydia soybean variety (19.9%). The protein accumulation of soybean varieties, that are studied, had a strong direct correlation dependence on the seeding period – the maturation, the temperature background and the moisture decisively impacted on the oil content in the phases of flowering and the beginning of bean formation. Stress resistance of Lydia, Sentyabrinka, Statnaya and Apis soybean varieties was different ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1.6...-4.8$). These varieties are highly adapted to changing weather and climatic conditions of the region ($K_a=0.93...1.06$). The Lydia soybean variety showed the highest ecological plasticity in seed protein content ($b_i = 1.24$), while Sentyabrinka showed the same in oil content ($b_i=1.19$). The Apis soybean variety was responsive to changes in growing conditions for both studied features ($b_i = 1.09; 1.58$).

Key words: soybean, variety, protein, oil, hydrothermal conditions, environmental index, correlation, stress resistance, genetic flexibility, adaptability, plasticity

References

1. Burlyaeva M. O., Rostova N. S Variability of the structure of correlations between the morphological and commercial traits of soybeans with different growth habit and branching characters, Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2019, Vol. 23, No. 6, pp. 78–86.
2. Zelentsov S. V., Moshnenko Ye. V. Perspektivy selektsii vysokobelkovykh sortov soi: modelirovaniye mekhanizmov uvelicheniya belka v semenakh (Prospects for the selection of high-protein soybean varieties: modeling of mechanisms for increasing protein in seeds), Maslichnyye kul'tury, Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur, 2016, No. 2 (166), pp. 34–41.
3. Wenda-Piesik A., Ambroziak K. The Choice of Soybean Cultivar Alters the Underyielding of Protein and Oil under Drought Conditions in Central Poland, Applied Sciences, 2022, No. 12, pp. 7830.
4. Study of soybean vegetable samples in the conditions of the Central European part of Russia and modeling of new variety biotypes / D. R. Shafigullin [et al.], Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy, 2018, No. 4, pp. 73–98.
5. Sinegovskaya V. T., Ochкурова V. V., Sinegovskiy M. O. Soderzhaniye belka i zhira v semenakh sortov soi razlichnogo geneticheskogo proiskhozhdeniya (Content of protein and fat in seeds of soybean varieties of different genetic origin), Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka, 2020, No. 5, pp. 15–19.
6. Nakopleniye syrogo protein i syrogo zhira rasteniyami sortov soi severnogo ekotipa (Accumulation of crude protein and crude fat by plants of soybean varieties of the northern ecotype), Ye. V. Golovina [i dr.], Zernobobovyye i krupyanyyekul'tury, 2016, No. 3 (19), pp. 62–69.
7. Sravnitel'nyi analiz kachestva semyan kolleksiionnykh obraztsov soi Glycinemax (L.) Merr., vyrashchennykh v usloviyakh orosheniya i bez orosheniya yugo-vostoka respubliki Kazakhstan (Comparative analysis of seed quality of soybean of Glycine max (L.) Merr. variety grown under and without irrigation conditions in the south-east of the Republic of Kazakhstan), R. S. Yerzhebeyeva [i dr.], Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury, 2020, No. 3 (35), pp. 58–66.

8. Krupnova O. V. O vzaimosvyazi urozhaynosti s sodержaniyem belka v zerne i zernovykh i bobovykh kul'tur (obzor literatury) (On the relationship between yield and protein content in grain and grain and legume crops (literature review)), Sel'skokhozyaystvennaya biologiya, 2009, No. 3, pp. 13–23.
9. Vliyaniye pogodno-klimaticheskikh usloviy na sodержaniye belka i masla v semenakh soi na SevernomKavkaze (Impact of weather and climatic conditions on protein and oil content in soybean seeds in the North Caucasus), L. YU. Novikova [i dr.], Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii, 2018, No. 22(6), pp. 708–715.
10. Vliyaniye pogodno-klimaticheskikh usloviy na formirovaniye belka i masla v semenakh soi v Primorskom krae (Impact of weather and climatic conditions on protein and oil formation in soybean seeds in Primorsky Krai), Ye. S. Butovets [i dr.], VestnikKrasGAU, 2023, No. 2, pp. 88–97.
11. Katalog sortov soi (Catalog of soybean varieties), Ye.M. Fokina, G.N. Belyayeva, M.O. Sinegovskiy, V.T. Sinegovskaya, O.O. Kletkina; pod obshchey redaktsiyey akademika RAN V.T. Sinegovskoy, FGBNU FNTS VNII soi, Blagoveshchensk: OOO «IPK «ODEON», 2021, 69 s.
12. Fokina Ye. M., Belyayeva G. N., Titov S. A. Novyye sorta soi dlya Dal'nevostochnogo regiona (New soybean varieties for the Far East region), Dal'nevostochniy agrarniy vestnik, 2020, No. 3(55), pp. 68–75.
13. Nizkiy S. Ye., Kodirova G. A., Kubankova G. V. Osobennosti kalibrovochnykh uravneniy dlya IK-skanerov pri opredelenii aminokislotochnogo sostava belkov soi (Peculiarities of calibration equations for IR scanners in determining the amino acid composition of soybean proteins), Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniy aRossiyskoy akademii nauk, 2020, No. 4, pp. 131–135.
14. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) (Technique of field experiment), Moskva, Al'yans, 2011, 350 s.
15. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur (On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties), Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2005, No. 6, pp. 49–53.
16. Galichenko A., Fokina E. The source material estimation of early-maturing group soybeans by adaptability parameters, E3S Web of Conferences, Orel, 2021, p. 01028.

Сведения об авторах

А.П.Галиченко^{1✉} – научный сотрудник;

Е.М.Фокина² – ведущий научный сотрудник.

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

¹ gap@vniisoi.ru

Information about the authors

A.P.Galichenko^{1✉} – Researcher;

E.M.Fokina² – Leading Researcher.

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

¹ gap@vniisoi.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 05.04.2023; одобрена после рецензирования 18.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 05.04.2023; approved after reviewing 18.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, РАЙОНИРОВАННЫХ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ФУЗАРИОЗУ КОЛОСА

©2023. Елена Сергеевна Земцова^{1✉}, Нина Анатольевна Боме²,
Наталья Николаевна Колоколова³

¹Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук, Тобольск, Россия

^{2,3} Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

¹ zemcovaelena@mail.ru

Аннотация. Объектами исследования являлись сортообразцы яровой мягкой пшеницы Икар, Авиада, Рикс, Омская 36, Лютесценс 70, Тюменская 29, Тюменская 25, Скэнт 3, Казахстанская 10, Тюменская 33. В течение двух лет сортообразцы испытывали на искусственном инфекционном фоне. Для заражения использовали смесь штаммов гриба *F. avenaceum*, в период массового цветения колосья опрыскивали водной суспензией спор. После уборки растений оценивали распространённость болезни, развитие симптомов на колосе, заражённость зерна фузариозом, содержание зёрен с внешними признаками фузариоза. Во второй год исследования дополнительно анализировали сортообразцы с государственных сортоиспытательных участков Тюменской области, расположенных в трех природно-климатических зонах (подтайги, северной и южной лесостепи). Определяли заражённость зерна грибами рода *Fusarium* и содержание фузариозных зёрен. Выявлены тесные прямые корреляции между показателями фузариозоустойчивости, полученными при испытании сортов пшеницы на искусственном и естественном инфекционных фонах. Сорта Казахстанская 10, Рикс, Икар проявили высокую восприимчивость к болезни, а сорта Тюменская 29, Тюменская 25, Тюменская 33 – относительную устойчивость (по сравнению с другими сортами) как в естественных полевых условиях, так и при искусственной инокуляции растений.

Ключевые слова: фузариоз колоса, устойчивость, сорт, яровая пшеница, Тюменская область

Введение. Фузариоз колоса/зерна относится к особо опасным заболеваниям зерновых культур, что связано со способностью грибов р. *Fusarium* продуцировать токсичные вещества, которые накапливаются в заражённых зёрнах и сохраняются в продуктах переработки. В истории мировой токсикологии известны случаи массовой острой интоксикации фузариотоксинами людей и животных со смертельным исходом [1]. В процессе хранения зерна происходит естественное оздоровление семян от фузариозной инфекции, микотоксины

сохраняются гораздо дольше самого организма [2]. Вредоносность заболевания также заключается в потерях урожая и ухудшении посевных и хлебопекарных качеств зерна.

С инфицированием зерна могут быть связаны более 20 видов грибов р. *Fusarium* [3], их состав и соотношение варьируют в зависимости от культуры, места возделывания и складывающихся погодных условий. В Тюменской области доминирующими видами, выявляемыми в зерне пшеницы, являются *F. avenaceum* и *F. sporotrichioides* [4, 5]. Заражение колоса чаще всего происходит во время

цветения. Симптомы болезни можно наблюдать уже в фазе молочной спелости в виде обесцвечивания заражённых колосков. Позже на колосковых чешуях появляется оранжевый или розовый налет мицелия и спороношения гриба. Некоторые виды (*F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. tricinctum*) окрашенной споровой массы на поверхности колоса не образуют [5]. Заражённые зёрна часто имеют сморщенный вид, белёдые, иногда с розовыми пятнами. Помимо зерна, явно пораженного грибами *Fusarium* spp., в образце всегда есть зёрна, не отличимые внешне от здоровых, но при этом несущие внутреннюю инфекцию [6].

Наиболее надежным, экономичным и экологичным методом защиты растений является возделывание резистентных сортов. Выявить генотипы с потенциальной и стабильной болезнестойчивостью в относительно короткие сроки позволяют испытания в условиях искусственного инфекционного фона. Иммунонеспособных к фузариозу колоса сортов зерновых культур нет, наблюдаются лишь различия по степени устойчивости растений к патогенам [7, 8]. Большинство европейских сортов яровой пшеницы средневосприимчивы, а тетраплоидные виды (*Triticum durum*) – высоковосприимчивы к фузариозу колоса [8, 9, 10]. Устойчивость к болезни невидоспецифична [10, 11, 12], то есть устойчивость к одному виду гриба *Fusarium* будет сохраняться в случае заражения другими видами этого рода.

Цель исследования – оценить фузариозоустойчивость сортов яровой пшеницы, районированных в Тюменской области, в условиях искусственного заражения растений и на естественном инфекционном фоне.

Методика. Объектами исследования являлись сортообразцы яровой мягкой пшеницы – Икар, Авиада, Рикс, Омская 36, Лютеценс 70, Тюменская 29, Тюменская 25, (пе-

речисленные сорта внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Западно-Сибирском регионе на 2022 год), Скэнт 3, Казахстанская 10, Тюменская 33. В течение двух лет (2014-2015 гг.) сортообразцы испытывали на искусственном инфекционном фоне (повторность опыта – двукратная). Для заражения использовали смесь штаммов гриба *F. avenaceum*. В период массового цветения колосья опрыскивали водной суспензией спор (4×10^6 конидий/мл). После уборки растений оценивали: 1) распространенность болезни, % (доля колосков с симптомами фузариоза: (оранжевый налет гриба на колосковых чешуях) в общей выборке колосков, 2) развитие болезни на колосе, % (доля поражённых фузариозом колосков в колосе в среднем по выборке); 3) заражённость зерна фузариозом, % (доля зёрен, инфицированных грибами *Fusarium* spp. к общему числу анализируемых зёрен); 4) содержание фузариозных зёрен (определяли по методике ГОСТ 31646-2012). Заражённость зерна оценивали с помощью метода «влажной камеры» (ГОСТ 12044-93). Во второй год исследования дополнительно анализировали сортообразцы с государственных сортоиспытательных участков (ГСУ) Тюменской области, расположенных в разных природно-климатических зонах (подтайги, северной и южной лесостепи). Оценивали заражённость зерна грибами *Fusarium* spp. и содержание зёрен с видимыми симптомами фузариоза. Анализ проводили через 9 месяцев хранения зерна.

Статистический анализ данных выполняли с помощью программ Statistica (StatSoft) и Microsoft Excel. При проверке статистических гипотез применяли критерий ранговой корреляции Спирмена и критерий Краскела-Уоллиса. Критический уровень статистической значимости принимался равным 0,05.

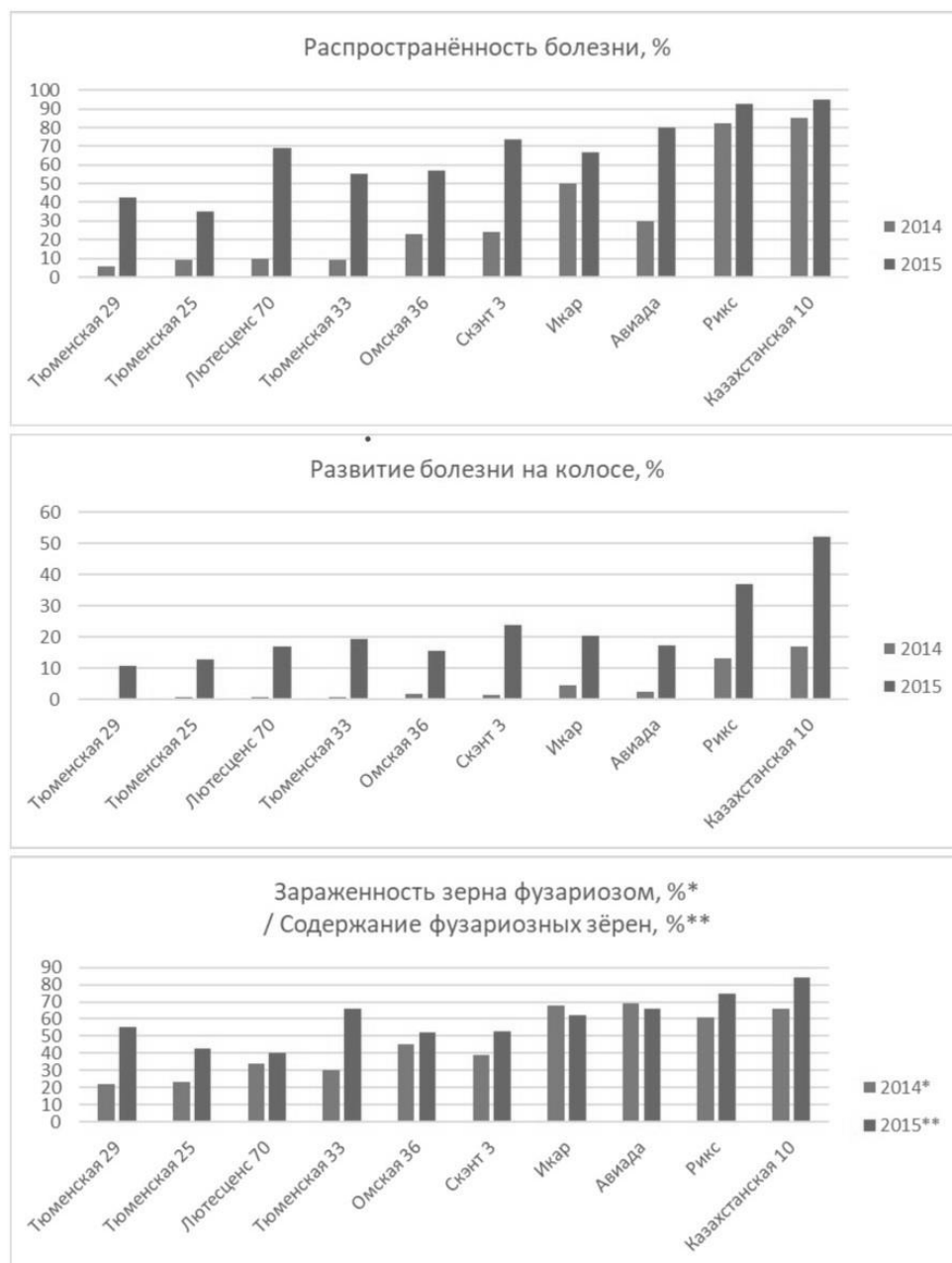


Рис 1. Результаты оценки фузариозоустойчивости сортообразцов яровой пшеницы на искусственном инфекционном фоне

Fig. 1. The results of the evaluation of fusarial head blight resistance of spring wheat varieties on an artificial infectious background

В первый год исследования средние по двум повторностям опыта показатели распространённости болезни варьировали в зависимости от сорта в пределах 6-85 %, развития болезни на колосе – 0,4-16,7 %, заражённости зерна фузариозом – 22-69 %. Во второй год обильные осадки и тёплая погода во время цветения растений и созревания зерна благоприятствовали развитию возбудителя болезни,

вследствие чего показатели исследуемых признаков были значительно выше по сравнению с предыдущим годом. Диапазон распространённости болезни составил 35-95%, развития болезни на колосе – 10,8-52 %; отмечалось массовое заражение фузариозом зёрен всех исследуемых сортообразцов (свыше 80%), вследствие чего дифференцировать их по данному признаку не представлялось возможным. Была

проведена оценка содержания зёрен с визуальными симптомами болезни, минимальные показатели по сортообразцам соответствовали 40 %, максимальные – 84 %.

Как в первый год исследования, так во второй показатели фузариозоустойчивости сортов, полученные в двух повторностях опыта, коррелировали между собой. Наиболее тесные связи были характерны для признаков – распространённость фузариоза (r составил 0,97 в первый год и 0,74 – во второй) и развитие болезни на колосе (r соответственно – 0,94 и 0,78). Между показателями 2014 и 2015 гг. также выявлены положительные корреляции (r составил от 0,61 до 0,94 для разных признаков).

Проведено ранжирование сортов в зависимости от значений анализируемых призна-

ков, каждому сорту присвоено среднее по комплексу признаков ранговое значение, характеризующее его устойчивость к фузариозу колоса. В первый год исследования сорта по мере возрастания ранга расположились следующим образом: Тюменская 29 < Тюменская 25 < Тюменская 33 < Лютесценс 70 < Скэнт 3 < Омская 36 < Авиада < Икар = Рикс < Казахстанская 10; во второй год упорядочились в ряд: Тюменская 25 < Тюменская 29 < Омская 36 < Лютесценс 70 < Тюменская 33 < Икар < Скэнт 3 < Авиада < Рикс < Казахстанская 10.

На рисунке 2 представлены результаты оценки заражённости зерна фузариозом исследуемых сортообразцов пшеницы, выращенной на шести ГСУ Тюменской области, а также данные о содержании зёрен с видимыми симптомами заболевания в данных сортообразцах.

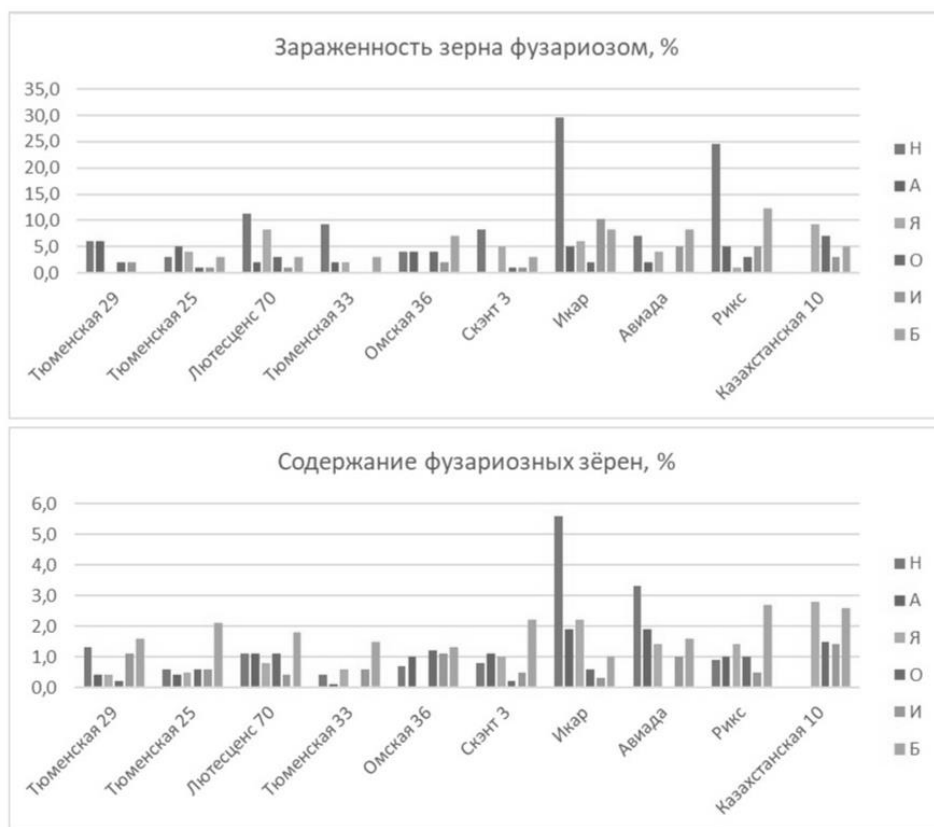


Рис 2. Результаты анализа семян сортообразцов яровой пшеницы, выращенной в 2015 г. на ГСУ Тюменской области (Н – Нижнетавдинском, А – Аромашевском, Я – Ялуторовском, О – Омутинском, И – Ишимском, Б – Бердюжском) в естественных полевых условиях

Fig. 2. The results of the analysis of seeds of spring wheat varieties grown in 2015 at the State Agricultural Institutions of the Tyumen region (N – Nizhnetavdinsky, A – Aromashevsky, I – Yalutorovsky, O – Omutinsky, I – Ishimsky, B – Berdyuzhsky) in natural field conditions

Средние по госсортоучасткам показатели заражённости зерна *Fusarium* spp. у разных сортообразцов находились в интервале от 2,7 до 10,2 %, содержания зёрен с видимыми признаками фузариоза – в диапазоне от 0,6 до 2,1 %. В половине случаев содержание фузариозных зёрен превосходило ограничительную норму для заготавливаемой пшеницы – 1,0 % (согласно ГОСТ 9353-90); самые высокие значения определены в образце сорта Икар с Нижнетавадинского ГСУ – 5,6 %.

Статистически значимых различий по исследуемым признакам между сортообраз-

цами пшеницы, выращенной в условиях естественного инфекционного фона, не выявлено. Однако отмечена тенденция к большей восприимчивости к болезни у сортов Икар, Авиада, Рикс, Казахстанская 10.

Усредненные по ГСУ показатели зараженности зерна сортообразцов фузариозом, а также содержания фузариозных зерен коррелировали с рангом фузариозоустойчивости, полученном при испытании данных сортов на искусственном инфекционном фоне (рисунок 3).

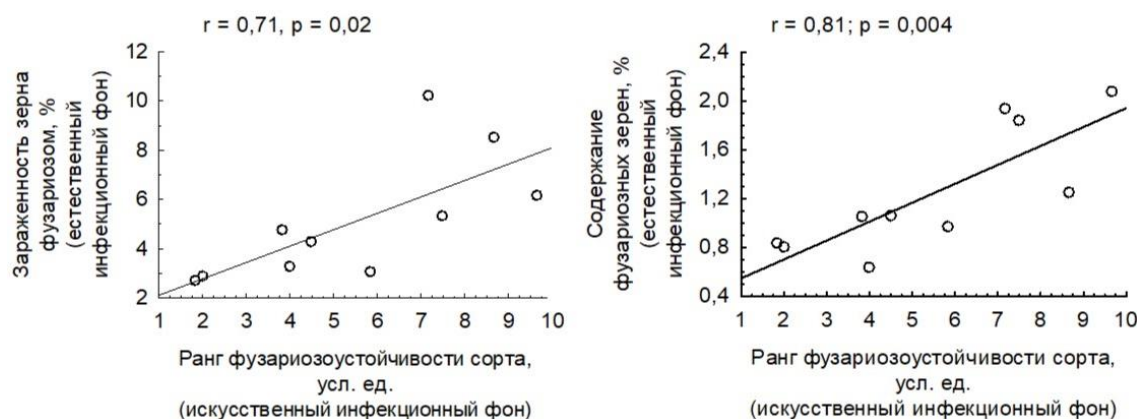


Рис 3. Корреляции между показателями фузариозоустойчивости сортов пшеницы ($n = 10$), полученными на естественном и искусственном инфекционном фонах

Fig. 3. Correlations between indicators of fusarial head blight resistance of wheat varieties ($n = 10$) obtained on natural and artificial infectious backgrounds

Выводы. Анализ устойчивости сортов яровой пшеницы к фузариозу колоса на естественном инфекционном фоне и в условиях искусственного заражения растений позволил условно дифференцировать их на высоковосприимчивые (Казахстанская 10, Рикс, Икар),

средневосприимчивые (Авиада, Скэнт 3, Омская 36, Лютесценс 70) и относительно устойчивые (Тюменская 29, Тюменская 25, Тюменская 33).

Список источников

1. Саркисов А.Х. Перезимовавшие под снегом зерновые культуры. М.: Изд-во Министерства сельского хозяйства СССР, 1948. 108 с.
2. Шипилова Н.П. Влияние хранения на заражённость семян зерновых культур грибами рода *Fusarium* // Современная микология в России. Материалы III международного микологического форума. 2015. Т. 5. С. 128-129.
3. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам. Методическое пособие / Под ред. Е.Е. Радченко. М., 2008. 432 с.
4. Гаврилова О.П., Орина А.С., Гогина Н.Н., Гагкаева Т.Ю. Проблема фузариоза зерна в Зауралье: ретроспектива исследований и современная ситуация // Аграрный вестник Урала. 2020. № 7 (198). С. 29-40. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40>.
5. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур // Защита и карантин растений. 2011. № 5. С. 69-120.
6. Иващенко В.Г., Шипилова Н.П., Назаровская Л.А. Фузариоз колоса хлебных злаков. СПб.: ВИЗР, 2004. 164 с.
7. Schroeder H.W., Christensen J.J. Factor affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology*, 1963, vol. 53, pp. 831-838.

8. Snijders C.H.A. The inheritance of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in winter wheat. *Euphatica*, 1990, vol. 50, pp. 11–18. <https://doi.org/10.1007/BF00023155>
9. Аблова И.Б., Грицай Т.И. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на устойчивости к фузариозу колоса в Краснодарском крае // Пшеница и тритикале. Краснодар, 2001. С. 337-351.
10. Mesterhazy A. Methodology of resistance testing and breeding against *Fusarium* head blight in wheat and results of the selection. *Cereal Res. Commun*, 1997, vol. 25, no. 3/2, pp. 651-654.
11. Balkandzhieva Yu., Karadzova Y. Genetic sources of resistance to *Fusarium* on the ear. *Plant sci.*, Sofia, 1994, vol. 31, no. 7-10, pp. 79–82.
12. Stack R.W., Froberg R.C., Casper H. Reaction of spring wheats incorporating Sumai#3-derived resistance to inoculation with seven *Fusarium* species. *Cereal Res. Commun*, 1997, vol. 25, no. 3/2, pp. 667-671. <https://doi.org/10.1007/BF03543809>

DIFFERENTIATION OF SPRING WHEAT VARIETIES RECOGNIZED IN THE TYUMEN REGION BY RESISTANCE TO FUSARIUM EAR BLIGHT

©2023. Elena S. Zemtsova^{1✉}, Nina A. Bome², Natal'ya N. Kolokolova³

¹Tobolsk complex scientific station Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, Russia

^{2,3} Tyumen State University, Tyumen, Russia

¹zemcovaelena@mail.ru

Abstract. The objects of the study were varieties of spring soft wheat Ikar, Aviada, Riks, Omskaya 36, Lyutestsens 70, Tyumenskaya 29, Tyumenskaya 25, Skent 3, Kazakhstanskaya 10, Tyumenskaya 33. For two years, the cultivars were tested on an artificial infectious background. A mixture of strains of the fungus *F. avenaceum* was used for infection. During the period of mass flowering, the ears were sprayed with an aqueous spore suspension. After harvesting the prevalence of the disease, the development of symptoms on the ear, the infection of the grain with *Fusarium*, and the content of grains with external features of *Fusarium* were evaluated. During the second year of the study, cultivars from the state variety testing sites of the Tyumen region located in three natural and climatic zones (sub-boreal forest, northern and southern forest steppe) were additionally analyzed. The infection of grain with *Fusarium* fungi and the content of fusarium-affected seeds were determined. Positive correlations between the indicators of resistance to fusarium blight, obtained by testing of wheat cultivars on artificial and natural infectious backgrounds were identified. Cultivars of Kazakhstanskaya 10, Riks, Ikar wheat showed high susceptibility to the disease. Cultivars of Tyumenskaya 29, Tyumenskaya 25, Tyumenskaya 33 wheat showed relative resistance (compared to other varieties) both in natural field conditions and with artificial inoculation of plants.

Key words: fusarium ear blight, resistance, cultivar, spring wheat, Tyumen region

References

1. Sarkisov A.Kh. Perezimovavshie pod snegom zernovye kul'tury (Crops overwintered under the snow). Moscow, Izdatel'stvo Ministerstva sel'skogo khozyaystva SSSR, 1948, 108 p.
2. Shipilova N.P. Vliyaniye khraneniya na zarazhennost' semyan zernovykh kul'tur gribami roda *Fusarium* (The effect of storage on the contamination of seeds of grain crops with fungi of the genus *Fusarium*). *Sovremennaya mikologiya v Rossii. Materialy III mezhdunarodnogo mikologicheskogo foruma*, 2015, vol. 5, pp. 128-129.
3. Izuchenie geneticheskikh resursov zernovykh kul'tur po ustoichivosti k vrednym organizmam (The study of genetic resources of grain crops for resistance to harmful organisms). *Metodicheskoe posobie*. Ed. E.E. Radchenko. Moscow, 2008. 432 p.
4. Gavrilova O.P., Orina A.S., Gogina N.N., Gagkaeva T.Yu. Problema fuzarioza zerna v Zaural'e: retrospektiva issledovaniy i sovremennaya situatsiya (The problem of *Fusarium* ear blight of grain crops in the Zauralie: history and current situation). *Agrarnyi vestnik Urala*, 2020, no. 7 (198), pp. 29-40. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40.
5. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V. Fuzarioz zernovykh kul'tur (*Fusarium* disease of grain crops). *Zashchita i karantin rastenii*, 2011, no. 5, pp. 69-120.
6. Ivashchenko V.G., Shipilova N.P., Nazarovskaya L.A. Fuzarioz kolosa khlebykh zlakov (*Fusarium* ear blight of cereals). Saint-Petersburg, Vserossiiskii institut zashchity rastenii, 2004, 164 p.
7. Schroeder H.W., Christensen J.J. Factor affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology*, 1963, vol. 53, pp. 831-838.

8. Snijders C.H.A. The inheritance of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in winter wheat. *Euphitica*, 1990, vol. 50, pp. 11–18. <https://doi.org/10.1007/BF00023155>

9. Ablova I.B., Gritsai T.I. Iskhodnyi material dlya selektsii ozimoi myagkoi pshenitsy na ustoichivost k fuzariozu kolosa v Krasnodarskom krae (Initial material for breeding winter soft wheat on resistance to fusarium ear blight in Krasnodar Krai). *Pshenitsa i tritikale*. Krasnodar, 2001, pp. 337–351.

10. Mesterhazy A. Methodology of resistance testing and breeding against *Fusarium* head blight in wheat and results of the selection. *Cereal Res. Commun*, 1997, vol. 25, no. 3/2, pp. 651–654.

11. Balkandzhieva Yu., Karadzova Y. Genetic sources of resistance to *Fusarium* on the ear. *Plant sci.*, Sofia, 1994, vol. 31, no. 7–10, pp. 79–82.

12. Stack R.W., Froberg R.C., Casper H. Reaction of spring wheats incorporating Sumai#3-derived resistance to inoculation with seven *Fusarium* species. *Cereal Res. Commun*, 1997, vol. 25, no. 3/2, pp. 667–671. <https://doi.org/10.1007/BF03543809>

Сведения об авторах

Е.С. Земцова¹✉ – научный сотрудник химико-экологической лаборатории;

Н.А. Боме² – д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники;

Н.Н. Колоколова³ – канд. биол. наук, доцент кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук, ул. имени академика Юрия Осипова, 15, г. Тобольск, Россия, 626152.

^{2,3} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Тюменский государственный университет, Институт биологии, ул. Пирогова, 3, г. Тюмень, 625043.

¹ zemcovaelena@mail.ru

² bomena@mail.ru

³ campanella2004@mail.ru

Information about the authors

E.S. Zemtsova¹✉ – Researcher;

N.A. Bome² – Dr. Agr. Sci., Professor of the Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture;

N.N. Kolokolova³ – Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture.

¹ Tobolsk complex scientific station Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15, Yu. Osipova St., Tobolsk, Russia, 626152.

^{2,3} Tyumen State University, Institute of Biology, 3, Pirogova St., Tyumen, Russia, 625043.

¹ zemcovaelena@mail.ru

² bomena@mail.ru

³ campanella2004@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 27.04.2023; одобрена после рецензирования 03.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 03.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 633.11 (470.620)

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_27

ПРОДУКТИВНОСТЬ БИНАРНЫХ ВИКО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ РАВНИННОГО АГРОЛАНДШАФТА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

©2023. Роман Викторович Кравченко^{1✉}, Александра Сергеевна Скамарохова²

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

²Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, Знаменский, Россия

¹roma-kravchenko@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты опытов по изучению продуктивности озимых бинарных вико-злаковых травосмесей (озимые вика + пшеница и вика + тритикале) в зависимости от вида и сорта вики в условиях аллювиально-лессового равнинного с распаханными степями агроландшафта Западного Предкавказья (Краснодарский край). Объекты исследований: фактор вида и сорта в формировании продуктивности вико-злаковой травосмеси. Предмет исследований: *Triticum aestivum* L. (озимая пшеница) сорта Таня; *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus (озимая тритикале) сорта Хлебоборб; *Vicia pannonica* Granz (вика паннонская) сортов Черمونорская и Орлан; *Vicia villosa* op Roth (вика мохнатая) сортов Луговская-2 и Глинковская. При укосе в первую декаду мая наиболее продуктивны травосмеси озимой пшеницы Таня + вика паннонская Орлан (зелёная масса – 102,6 ц/га, сухая масса – 19,7 ц/га) и озимой тритикале Хлебоборб + вики мохнатой Глинковская (100,2 ц/га зелёной массы и 20,0 ц/га сухой). При укосе в третью декаду мая наиболее продуктивны также травосмеси озимой пшеницы Таня + вика паннонская Орлан (зелёная масса – 105,4 ц/га, сухая масса – 19,6 ц/га) и озимой тритикале Хлебоборб + вика мохнатая Глинковская (119,3 ц/га зелёной и 21,8 ц/га сухой массы). Более питательным был зелёный корм, полученный на основе травосмеси озимой тритикале и вики мохнатой (сортов Таня и Глинковская), заготовку которого произвели в третьей декаде мая (фаза цветения обоих культур).

Ключевые слова: пшеница озимая Таня, тритикале озимая Хлебоборб, вика паннонская Орлан, Черمونорская, вика мохнатая Глинковская, Луговская-2

Введение. Перспективным аналогом кормов, полученных на основе многолетних трав, представляются однолетние озимые бобово-злаковые травосмеси, основу которых составляют такие культуры, как тритикале или пшеница со стороны злаков и вика разных видов со стороны бобовых культур. Во-первых, озимая травосмесь тритикале и вики идеально подходит региону по климатическим условиям, так как обе культуры устойчивы к засухе, что делает предсказуемой урожайность, во-вторых, они быстро накапливают сухое ве-

щество в ранние фазы фенологического развития, в-третьих, они отзывчивы на улучшение питания и орошение. И, что немаловажно, у вики темп нарастания массы сухого вещества превосходит темп лигнификации сырой клетчатки, а значит и степень накопления кислотно-детергентной клетчатки (КДК) также ниже, поэтому для вики и тритикале это колосальный плюс, с точки зрения её кормовой ценности. Это свойство делает вико-тритикалевую травосмесь незаменимой для употребления в рационе высокопродуктивного молочного скота в летний период времени. Важно

высевают тритикале высокорослых сортов с высокой облиственностью и потенциальной урожайностью 400 ц/га [1-6].

Также, вика как кормовая культура обеспечивает получение зеленого корма раньше других культур. На конец мая только вика мохнатая в состоянии предоставить зеленый корм быстро и достаточной массы (до 28 т/га), при этом обеспечивая получение в год 2-х урожаев [7, 8]. В Китае из зерновых культур выбирают также пшеницу (*Triticum aestivum*), а второй культурой (по распространенности) – райграс (*Lolium multiflorum*), а в качестве бобовых культур используют горох (*Pisum sativum*) и люцерну (*Medicago sativa*) [9, 10]. Либо смесь многолетних трав – из злаков это кострец (*Bromus inermis* L.) и из бобовых это люцерна (*Medicago sativa* L.) [11]. В Вирджинии при изучении 5-и озимых однолетних трав [ячмень (BA), райграс (RG), рожь (RY), тритикале (TR) и пшеницу (WT)] в монокультуре [т.е. без бобовых (NO)] или с 1 из 2-х озимых однолетних бобовых культур [клевер малиновый (CC) и вика мохнатая (HV)] выявили, что выращивание трав в смеси с бобовыми культурами повышает выход сухого вещества корма и его питательную ценность [12].

Поэтому целью наших исследований явилась разработка концепции практически ориентированной технологии возделывания озимых бинарных вико-злаковых травосмесей для заготовки качественного сенажа на чернозёме, выщелоченном в условиях аллювиально-лессового равнинного с распаханной степями агроландшафта Западного Предкавказья (Краснодарский край).

Методика. Объекты исследований: фактор вида и сорта в формировании продуктивности вико-злаковой травосмеси. Предмет исследований: *Triticum aestivum* L. (озимая пшеница) сорта Таня; *Triticosecale Wittm. ex A. Camus* (озимая тритикале) сорта Хлебобоб; *Vicia pannonica Granz* (вика паннонская) сортов Чермонорская и Орлан; *Vicia villosa* op Roth (вика мохнатая) сортов Луговская-2 и Глинковская.

Исследования проводили в 2019-2021 гг. Схема опыта: Фактор А: А₁-*Triticum aestivum* L. (озимая пшеница) сорта Таня; А₂ - *Triticosecale Wittm. ex A. Camus* (озимая тритикале) сорта Хлебобоб. Фактор В: В₁ - *Vicia villosa* op Roth (вика мохнатая) сорта Луговская-2.; В₂ - *Vicia villosa* op Roth (вика мохнатая) сорта Глинковская; В₃- *Vicia pannonica Granz* (вика паннонская) сорта Орлан; В₄ - *Vicia pannonica Granz* (вика паннонская) сорта Чермонорская. Площадь делянки: общая – 200 м², учетная – 100 м². Повторность – 3-кратная. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный.

Погодные условия: 2019 год соответствовал среднемноголетними показателям, 2020 и 2021 года были засушливыми (77 и 74 % среднемноголетней нормы осадков при среднегодовой температуре на 0,7 и 0,9 °С выше среднемноголетнего показателя).

Результаты. Установление продуктивности осуществляли в два срока – 1-я и 3-я декады мая. При укосе в первый срок озимые злаки (растения тритикале и пшеницы) переходили в фазу колошения, растения вики мохнатой только вступили в фазу бутонизации, а вики паннонской – заканчивали данную фазу (таблица 1).

Проведенный анализ показал, что максимальный урожай зеленой массы (102,6 ц/га), а также воздушно-сухой (19,7 ц/га) и абсолютно сухой массы (17,9 ц/га) был сформирован на совместных посевах пшеницы и вики паннонской Орлан. Достоверно сравнимый с ним был сформирован урожай зелёной (100,2 ц/га), сухой (20,0 ц/га) и абсолютно сухой (18,1 ц/га) масс при посеве озимой тритикале сорта Хлебобоб совместно с озимой викой вида мохнатая сорта Глинковская. Несущественная разница по данным вариантам подтверждается статистической обработкой. НСР₀₅ главных эффектов по фактору А по показателю «зеленая масса» – 3,7 ц/га (2019 г), 3,2 ц/га (2020 г), 3,3 ц/га (2021 г). НСР₀₅ главных эффектов по фактору В по показателю «зеленая масса» – 3,3 ц/га (2019 г), 3,0 ц/га (2020 г), 3,0 ц/га (2021 г).

НСР₀₅ частных различий по фактору А по показателю «зеленая масса» – 5,4 ц/га (2019 г), 4,9 ц/га (2020 г), 5,0 ц/га (2021 г). НСР₀₅ част-

ных различий по фактору В по показателю «зеленая масса» – 4,8 ц/га (2019 г), 4,5 ц/га (2020 г), 4,5 ц/га (2021 г).

Таблица 1

Продуктивность вико-злаковых травосмесей при укосе в первый срок, 1-я декада мая (2019-2021 гг.)

Фактор А	Фактор В	Зеленая масса		Воздушно-сухая масса		Абсолютно сухая масса
		г/м ²	ц/га	г/м ²	ц/га	
Таня	Луговская-2 (к)	7210	72,1	1390	13,9	12,6
	Глинковская	7030	70,3	1340	13,4	12,3
	Орлан	10260	102,6	1970	19,7	17,9
	Черноморская	8150	81,5	1510	15,1	14,1
<i>Среднее по А₁</i>		8163	81,63	1553	15,53	14,2
Хлебороб	Луговская-2	8320	83,2	1620	16,2	15,5
	Глинковская	10020	100,2	2000	20,0	18,1
	Орлан	7840	78,4	1560	15,6	14,3
	Черноморская	8120	81,2	1600	16,0	14,5
<i>Среднее по А₂</i>		8575	85,75	1695	16,95	15,6
НСР ₀₅						
<i>Главных эффектов</i>	<i>фактор А</i>	2019 г.	3,7			
		2020 г.	3,2			
		2021 г.	3,2			
	<i>фактор В</i>	2019 г.	3,3			
		2020 г.	3,0			
		2021 г.	3,0			
<i>Частных различий</i>	<i>фактор А</i>	2019 г.	5,4			
		2020 г.	4,9			
		2021 г.	5,0			
	<i>фактор В</i>	2019 г.	4,8			
		2020 г.	4,5			
		2021 г.	4,5			

На второй ступени по продуктивности расположились варианты: «Хлебороб + Луговская-2», «Таня + Черноморская», «Хлебороб + Черноморская», «Хлебороб + Орлан» (разница между ними по данному показателю меньше НСР₀₅ и потому не существенна). На последней ступени расположились варианты: «Таня + Луговская-2» и «Таня + Глинковская».

Общей тенденцией при анализе продуктивных показателей при укосе во второй срок было большее наращивание вегетативной массы бинарных смесей злаков с озимой викой вида мохнатая (с сортами Луговская 2 и Глинковская (таблица 2).

По данным таблицы, наиболее урожайные травосмеси – с показателями зелёной (119,3 ц/га) и воздушно-сухой (21,8 ц/га) масс посева тритикале сорта Хлебороб совместно с викой мохнатой сорта Глинковская. Посевы озимой пшеницы сорта Таня совместно с викой паннонской сорта

Орлан с показателями зелёной (105,4 ц/га) и воздушно-сухой (19,6 ц/га) масс достоверно уступают предыдущей травосмеси. Существенная разница по данным вариантам подтверждается статистической обработкой. НСР₀₅ главных эффектов по фактору А по показателю «зеленая масса» – 3,8 ц/га (2019 г), 3,4 ц/га (2020 г), 3,5 ц/га (2021 г). НСР₀₅ главных эффектов по фактору В по показателю «зеленая масса» – 3,5 ц/га (2019 г), 3,2 ц/га (2020 г), 3,3 ц/га (2021 г). НСР₀₅ частных различий по фактору А по показателю «зеленая масса» – 5,6 ц/га (2019 г), 5,1 ц/га (2020 г), 5,2 ц/га (2021 г). НСР₀₅ частных различий по фактору В по показателю «зеленая масса» – 5,0 ц/га (2019 г), 4,7 ц/га (2020 г), 4,8 ц/га (2021 г).

На следующей ступени по продуктивности расположился вариант «Хлебороб + Луговская-2» с показателями зелёной (91,2 ц/га) и воздушно-сухой (18,8 ц/га) масс.

Таблица 2

Продуктивность вико-злаковых травосмесей при укосе во второй срок, 3-я декада мая (2019-2021 гг.)

Фактор А	Фактор В	Зеленая масса		Воздушно-сухая масса		Абсолютно сухая масса	
		г/м ²	ц/га	г/м ²	ц/га	ц/га	
Таня	Луговская-2 (к)	7960	79,6	1480	14,8	13,5	
	Глинковская	7850	78,5	1420	14,2	13,2	
	Орлан	10540	105,4	1960	19,6	17,7	
	Черноморская	8200	82,0	1510	15,1	14,2	
Хлебороб	Луговская-2	9120	91,2	1880	18,8	16,2	
	Глинковская	11930	119,3	2180	21,8	20,0	
	Орлан	8380	83,8	1620	16,2	15,2	
	Черноморская	8550	85,5	1660	16,6	15,3	
НСР ₀₅							
Главных эффектов		фактор А		2019 г.	3,8		
				2020 г.	3,4		
				2021 г.	3,5		
		фактор В		2019 г.	3,5		
				2020 г.	3,2		
				2021 г.	3,3		
Частных различий		фактор А		2019 г.	5,6		
				2020 г.	5,1		
				2021 г.	5,2		
		фактор В		2019 г.	5,0		
				2020 г.	4,7		
				2021 г.	4,8		

Далее расположились остальные варианты, разница между которыми по данному показателю меньше НСР₀₅ и потому не существенна. Достоверные различия наблюдаются только между вариантами «Хлебороб + Черноморская» (85,5 ц/га) и «Таня + Глинковская» (78,5 ц/га). То есть, для

озимой пшеницы более урожайными были ее бинарные посева с озимой викой вида паннонская. В то же время озимая тритикале лучшей продуктивностью характеризовалась при посеве в смеси с озимой викой вида мохнатая. Помимо валовых сборов очень важна питательная ценность полученных кормов (таблица 3).

Таблица 3

Сумма питательных веществ, формируемых на посевах вико-злаковых травосмесей к периоду укоса в первый срок, 1-я декада мая (2019-2021 гг.)

Фактор А	Фактор В	Питательные вещества (абсолютно сухие), ц/га						
		в сыром виде				Са	Р	каротин
		протеин	клетчатка	жир	зола			
Таня	Луговская-2 (к)	2,0	3,2	0,2	1,4	0,08	0,04	0,03
	Глинковская	1,9	3,0	0,2	1,3	0,07	0,03	0,03
	Орлан	2,6	4,0	0,3	1,7	0,06	0,07	0,07
	Черноморская	2,1	3,7	0,2	1,5	0,09	0,05	0,04
Хлебороб	Луговская-2	2,3	2,8	0,5	1,1	0,01	0,04	0,04
	Глинковская	2,6	3,9	0,7	1,6	0,11	0,06	0,05
	Орлан	2,2	3,8	0,6	1,5	0,03	0,05	0,03
	Черноморская	2,1	3,6	0,6	1,4	0,02	0,04	0,03

Более питательная из всех травосмесей, убранных в фазу «конец выхода в трубку – начало цветения» (укос – первая декада мая), является озимая пшеница Таня + вика паннонская Орлан (протеин 2,6 ц/га, клет-

чатка 4,0 ц/га), а также озимая тритикале Хлебороб + вика мохнатая Глинковская (протеин 2,6 ц/га, клетчатка 3,9 ц/га).

Анализ питательности кормов во время второго срока укоса показал аналогичную картину (таблица 4).

За укос в третью декаду мая выделяются по питательности травосмеси варианты (в ц/га): тритикале Хлебороб + вика мохнатая Глинковская: протеин 4,3, клетчатка 6,2, жир

1,3, зола 2,8; тритикале Хлебороб + вика мохнатая Луговская-2: протеин 4,0, клетчатка 5,3, жир 0,9, зола 1,8; озимая пшеница Таня + вика паннонская Орлан: протеин 3,7, клетчатка 5,1, жир 0,9, зола 1,6.

Таблица 4

Сумма питательных веществ, формируемых на посевах вико-злаковых травосмесей к периоду укоса во второй срок, 3-я декада мая (2019-2021 гг.)

Фактор А	Фактор В	Питательные вещества (абсолютно сухие), ц/га						
		в сыром виде				Са	Р	каротин
		протеин	клетчатка	жир	зола			
Таня	Луговская-2 (к)	3,0	4,0	0,7	1,3	0,19	0,06	0,06
	Глинковская	2,9	3,4	0,7	1,2	0,09	0,04	0,05
	Орлан	3,7	5,1	0,9	1,6	0,14	0,08	0,07
	Черноморская	3,0	4,7	0,8	1,7	0,10	0,07	0,07
Хлебороб	Луговская 2	4,0	5,3	0,9	1,8	0,10	0,06	0,05
	Глинковская	4,3	6,2	1,3	2,8	0,12	0,07	0,07
	Орлан	3,2	4,1	0,8	1,5	0,09	0,06	0,04
	Черноморская	3,1	4,0	0,8	1,4	0,08	0,05	0,04

Выводы. В условиях аллювиально-лессового равнинного с распаханymi степями агроландшафта Западного Предкавказья (Краснодарский край) при укосе в первую декаду мая наиболее продуктивны травосмеси озимой пшеницы Таня + вика паннонской Орлан (зелёная масса – 102,6 ц/га, сухая масса – 19,7 ц/га) и озимой тритикале Хлебороб + вика мохнатой Глинковская (100,2 ц/га зелёной массы и 20,0 ц/га сухой). При укосе в третью

декаду мая наиболее продуктивны травосмеси озимой тритикале Хлебороб + вика мохнатой Глинковская (119,3 ц/га зелёной и 21,8 ц/га сухой массы). Максимально сумма питательных веществ в зеленом корме получена на основе травосмеси тритикале и вика мохнатой (сортов Хлебороб и Глинковская), заготовку которого произвели в третьей декаде мая (фаза цветения обеих культур).

Список источников

1. Надежкин С. Н. Практикум по кормопроизводству с основами тестового контроля знаний. М.: Мир, 2005. 265 с.
2. Подобед Л. И., Руденко Е. В., Гиска В. В. Рациональная, достаточная и экологически сбалансированная система кормопроизводства. Одесса: Печатный дом. 2009. 212 с.
3. Скамарохова А. С. Бедило Н. А., Юрина Н. А., Кравченко Р. В. Урожайность вико-пшеничных травосмесей в центральной зоне Краснодарского края. Аграрная Россия. 2021. № 11. С. 12-14.
4. Скамарохова А. С. Юрин Д. А., Свистунов А. А., Гнеуш А. Н., Петенко А. И., Кравченко Р. В. Влияние применения нового комплексного биоудобрения «Фошами» на биометрические показатели вика в кормовой вико-тритикалевой травосмеси. Труды КубГАУ. 2022. № 95. С.135-140.
5. Скамарохова А. С. Юрин Д. А., Петенко А. И., Кравченко Р. В. Исследование урожайности вико-тритикальных травосмесей при использовании нового комплексного удобрения // Сб. науч. тр. Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022. Т. 11. № 1. С. 75-78.
6. Харьков Г. Д. Повышение эффективности полевого травосеяния и его роли в решении проблемы производства кормов в лесной зоне Европейской части России : дис... д-р с.-х. наук. М., 2000. С. 3.
7. Дебелый Г. А. Калинина Л. В., Дупляк А. И. Зернобобовые культуры в Нечерноземье. М.: Россельхозиздат, 1985. 125 с.
8. Ригер А. Н. Слепенко С. В. Продуктивность озимых промежуточных культур, поукосной кукурузы после них и многоукосных культур // Сб. ст. Юбилейный сб. науч. тр. СКНИИЖ. Краснодар, 1999. С. 472-479.
9. Poe Thinzar Bo, Yinping Bai, Yongli Dong, Hongxia Shi. Influence of Different Harvesting Stages and Cereals-Legume Mixture on Forage Biomass Yield, Nutritional Compositions, and Quality under Loess Plateau Region. Plants (Basel). 2022 Oct 21;11(20):2801. doi: 10.3390/plants11202801.
10. Poe Thinzar Bo, Yongli Dong, Ruifang Zhang, Maw Ni Soe Htet. Optimization of Alfalfa-Based Mixed Cropping with Winter Wheat and Ryegrass in Terms of Forage Yield and Quality Traits. Plants (Basel). 2022 Jun 30;11(13):1752. doi: 10.3390/plants11131752.
11. Ranran Xu, Wei Shi, Muhammad Kamran. Grass-legume mixture and nitrogen application improve yield, quality, and water and nitrogen utilization efficiency of grazed pastures in the loess plateau. Front Plant Sci. 2023 Jan 31; 14:1088849. doi: 10.3389/fpls.2023.1088849.

12. A N Brown, G Ferreira, C L Teets, W E Thomason, C D Teutsch. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. J Dairy Sci. 2018 Mar;101(3):2037-2047. doi: 10.3168/jds.2017-13260.

PRODUCTIVITY OF BINARY VETCH-CEREAL GRASS MIXTURES UNDER THE CONDITIONS OF THE FLAT AGROLANDSCAPE IN THE WESTERN PREDKAVKAZIE

©2023. Roman V. Kravchenko^{1✉}, Alexandra S. Skamarokhova²

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

¹Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, Znamensky, Russia

¹roma-kravchenko@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of experiments on the study of the productivity of winter binary vetch-cereal grass mixtures (winter vetch + winter wheat and vetch + triticale) depending on the type and variety of vetch in the conditions of the alluvial-loess flat agrolandscape with plowed steppes of the Western Predkavkazie (Krasnodarsky Krai). The objects of the research are factors of type and variety in formation of the productivity of the vetch-cereal grass mixture. The subjects of the study are *Triticum aestivum* L. (winter wheat) of the Tanya variety; *Triticosecale* Wittm. ex A. Camus (winter triticale) of the Khleborob variety; *Vicia pannonica* Granz (pannonian vetch) of the Cheromorskaya and Orlan varieties; *Vicia villosa* op Roth (hairy vetch) of Lugovskaya-2 and Glinkovskaya varieties. When mowing in the first decade of May, the most productive mixtures are grass mixtures of winter wheat Tanya + Pannonian vetch Orlan (green mass – 102.6 c/ha, dry weight - 19.7 c/ha) and winter triticale Khleborob + hairy vetch Glinkovskaya (100, 2 c/ha of green mass and 20.0 c/ha of dry mass). When mowing in the third decade of May, grass mixtures of winter wheat Tanya + Pannonian vetch Orlan (green mass - 105.4 c/ha, dry weight - 19.6 c/ha) and winter triticale Khleborob + hairy vetch Glinkovskaya (119.3 centner/ha of green mass and 21.8 centner/ha dry) are the most productive. Green fodder obtained on the basis of a grass mixture of winter triticale and hairy vetch (Tanya and Glinkovskaya varieties) was more nutritious. It was harvested in the third decade of May (the flowering phase of both crops).

Key words: winter wheat Tanya, winter triticale Khleborob, pannonian vetch Orlan, Cheromorskaya, hairy vetch Glinkovskaya, Lugovskaya-2

References

1. Nadezhkin S. N. Praktikum po kormoproizvodstvu s osno-vamitestovogokontrolyaznaniy (Workshop on feed production with the basics of knowledge test control), M.: Mir, 2005. 265 p.
2. Podobed L. I., Rudenko E. V., Giska V. V. Racional'naya, dostatochnaya i ekologicheskiy balansirovannaya sistema kormoproizvodstva (Rational, sufficient and ecologically balanced forage production system), Odessa: Pechatnyj dom, 2009, 212 p.
3. Skamarokhova A. S., Bedilo N. A., YUrina N. A., Kravchenko R. V. Urozhajnost' viko-pshenichnyh travosmesej v central'noj zone Krasnodarskogo kraja (Productivity of vetch-wheat grass mixtures in the central zone of the Krasnodarsky Krai). Agrarnaya Rossiya, 2021, No 11, pp. 12-14.
4. Skamarokhova A. S., YUrina D. A., Svistunov A. A., Gneush A. N., Petenko A. I., Kravchenko R. V. Vliyanie primeneniya novogo kompleksnogo biouдобreniya «Foshami» na biometricheskie pokazateli viki v kormovoj viko-tritikalevoj travosmesi (The impact of the use of the new complex biofertilizer "Foshami" on the biometric indicators of vetch in the fodder vetch-triticale grass mixture). Trudy KubGAU, 2022, No 95, pp. 135-140.
5. Skamarokhova A. S., YUrina D. A., Petenko A. I., Kravchenko R. V. Issledovanie urozhajnostiviko-tritikalevyh travosmesej pri ispol'zovanii novogo kompleksnogo biouдобreniya (The study of the yields of vetch-triticale grass mixtures when using a new complex fertilizer), Sb. nauch. tr. Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhnii i veterinarii, 2022, T. 11, No 1, pp. 75-78.
6. Har'kov G. D. Povyshenie effektivnosti polevogotravo-seyanij i ego roli v reshenii problema proizvodstva kormov v lesnoj zone Evropejskoj chasti Rossii: dis... d-r s.-h. nauk (Increasing the efficiency of field grass sowing and its role in solving the problem of fodder production in the forest zone of the European part of Russia). M., 2000. pp. 3.
7. Debelyj G. A., Kalinina L. V., Duplyak A. I. Zernobobovyekul'tury v Nechernozem'e (Grain legumes in Nechernozemie). M.: Rossel'hozizdat, 1985, 125 p.
8. Riger A. N., Slepenco S. V. Produktivnost' ozimyh pro-mezhutochnyh kul'tur, poukosnoj kukuruzy i poslenih mnogokosnyh kul'tur (Productivity of winter catch crops, postcut maize and multi-cut crops), Sb. st. YU bilejnyj sb. nauch. tr. SKNIIZH, Krasnodar, 1999. pp. 472-479.

9. Poe Thinzar Bo, Yinping Bai, Yongli Dong, Hongxia Shi. Influence of Different Harvesting Stages and Cereals-Legume Mixture on Forage Biomass Yield, Nutritional Compositions, and Quality under Loess Plateau Region. *Plants (Basel)*, 2022 Oct 21;11(20):2801. doi: 10.3390/plants11202801.

10. Poe Thinzar Bo, Yongli Dong, Ruifang Zhang, Maw Ni SoeHtet. Optimization of Alfalfa-Based Mixed Cropping with Winter Wheat and Ryegrass in Terms of Forage Yield and Quality Traits. *Plants (Basel)*, 2022 Jun 30;11(13):1752. doi: 10.3390/plants11131752.

11. Ranran Xu, Wei Shi, Muhammad Kamran. Grass-legume mixture and nitrogen application improve yield, quality, and water and nitrogen utilization efficiency of grazed pastures in the loess plateau. *Front Plant Sci.* 2023 Jan 31;14:1088849. doi: 10.3389/fpls.2023.1088849.

12. A N Brown, G Ferreira, C L Teets, W E Thomason, C D Teutsch. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. *JDairySci.* 2018 Mar;101(3):2037-2047. doi: 10.3168/jds.2017-13260.

Сведения об авторах

Р.В.Кравченко^{1✉} – доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой общего и орошаемого земледелия.

А.С. Скамарохова² – научный сотрудник.

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, ул. Калинина, 13, г. Краснодар, Краснодарский край, Россия, 350044.

²Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, ул. Первомайская, 4, пос. Знаменский, г. Краснодар, Россия, 350055.

¹roma-kravchenko@yandex.ru

Information about the authors

R.V. Kravchenko^{1✉} – Dr.Agr.Sci., Professor, Head of the department of general and irrigated agriculture.

A.S. Skamarohova² – Researcher.

¹Kuban State Agrarian University, 12, Kalinina St., Krasnodar, Krasnodarsky Krai, Russia, 350044.

²Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, 4, st. Pervomayskaya, Znamensky, Krasnodar, Russia, 350055.

¹roma-kravchenko@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 30.03.2023; одобрена после рецензирования 13.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 30.03.2023; approved after reviewing 13.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ОСВЕЩЕНИЯ НА КАРТОФЕЛЬ *IN VITRO* СОРТОВ НЕВСКИЙ, КАМЕНСКИЙ, УДАЧА

©2023. Татьяна Николаевна Лисина^{1✉}, Ольга Васильевна Бурдышева², Евгений Сергеевич Шолгин³, Анна Леонидовна Латыпова⁴, Анна Дмитриевна Елисеева⁵
^{1,2,3,4,5} Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского научного центра РАН, Пермь, Россия
¹atea2@yandex.ru

Аннотация. Актуальность оптимизации освещения на стадии микрклонального размножения обусловлена необходимостью повышения эффективности и снижения энергозатратности производства качественного посадочного материала картофеля. В данном исследовании изучено влияние спектрального состава света на морфологические показатели и концентрацию фотосинтетических пигментов у растений-регенерантов картофеля сортов Невский, Каменский, Удача на стадии размножения *in vitro*. Эксперимент проводился в специально сконструированном гроубоксе с шестью вариантами освещения. Опытные варианты освещения отличались спектральным составом света. Продемонстрирована различная реакция растений разных сортов картофеля на качественный состав света. Выявлены морфологические показатели, на которые спектральный состав света оказывает большее влияние. Установлено влияние освещения разного спектрального состава на концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях растений-регенерантов картофеля. Проанализировано совместное влияние факторов освещения и генотипа (наследственного фактора) на морфологические показатели.

Ключевые слова: картофель, культура *in vitro*, микрклональное размножение, световой спектр, пигменты, хлорофиллы, каротиноиды

Введение. Культивирование картофеля (*Solanum tuberosum* L.) играет большую роль в экономике многих стран, в числе которых Россия. Свет является одним из важных факторов окружающей среды для этой культуры [1,2]. Качество посадочного материала определяет успех получения урожая. Для получения оздоровленного посадочного материала проводится размножение картофеля в культуре *in vitro*. Этот способ позволяет в короткий срок получать большое количество безвирусного материала, генетически идентичного материнскому растению. Так как свет является для картофеля регулирующим фактором, то на этом этапе оптимизация именно этого фактора иг-

рает большую роль в повышении эффективности размножения. В литературе представлены данные о том, что спектральный состав источника света можно использовать для контроля роста и морфогенеза тканей и органов картофеля *in vitro* [3]. Также экспериментально подтверждена необходимость получения растением картофеля полного спектра искусственного освещения [4]. Цель исследования – изучение влияния освещения разного спектрального состава на морфологические параметры и содержание основных фотосинтетических пигментов в листьях микрорастений картофеля *in vitro* сортов Невский, Каменский, Удача, выявление сортовых особенностей реакций на условия освещения.

Во многих исследованиях отмечается неоднородность и противоречивость получаемых результатов при изучении процессов роста растений под освещением разного спектрального состава, что объясняют специфической реакцией различных сортов растений на спектральный состав света [5-7]. Для достижения наибольшей эффективности процесса производства оздоровленного семенного материала картофеля актуальна разработка технологий, учитывающих биологические особенности исследуемых генотипов. В данной работе впервые проведен анализ влияния спектрального состава освещения в пяти вариантах опыта на содержание пигментов, длину растений, биомассу и количество междоузлий для сортов картофеля Каменский, Невский и Удача.

Методика. Исследование было проведено в период с декабря 2022 года по апрель 2023 года в Пермском федеральном исследовательском центре. Для исследования был сконструирован гроубокс с шестью секторами. Гроубокс располагался в светоизолирующем чехле.

Микроклимат в гроубоксе поддерживался при помощи вентиляционных отверстий и за счет установленных систем климат-контроля в лабораторном помещении. Необходимый фотопериод внутри гроубокса реализован при помощи механической розетки - таймера Systec. В качестве основного освещения использованы люминесцентные фитолампы OSRAM L 30W/77 T8 Fluora. Для внесения дополнительной спектральной составляющей к

основному спектру реализованы светодиодные линейки. Линейка представляет собой радиатор, на который монтируются 3W SMD диоды 5 - 6 шт. Светодиодные линейки закреплены рядом с основными лампами. Питание светодиодных линеек реализовано от блока питания 300W 24V IP20. Управление светодиодными линейками осуществляется при помощи разработанной управления, которая позволяет с достаточной точностью производить настройку спектрального состава.

Варианты опыта отличались спектральным составом. В шести секторах гроубокса организованы следующие варианты освещения: 1) контроль: фитолампа (OSRAM L 30W/77 T8 Fluora); 2) Вариант опыта I: фитолампа + 520, 590 нм; 3) Вариант опыта II: фитолампа + 395-400, 460 нм; 4) Вариант опыта III: фитолампа + 420-430, 445, 520, 590 нм; 5) Вариант опыта IV: фитолампа + 660,620 нм; 6) Вариант опыта V: фитолампа + 660, 520, 590 нм.

Измерение параметров освещения проводили при помощи портативного спектрометра UPRek MK350S с диапазоном измерения от 380 до 780 нм. Соотношение в процентах составляющих PPF-R (красный), PPF-B (синий), PPF-G (зеленый) представлено в таблице 1.

В качестве объектов исследования выбраны растения-регенеранты трех сортов картофеля Невский, Каменский и Удача. Все три сорта включены в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому региону.

Таблица 1

Спектральный состав освещения в секторах экспериментального гроубокса

Доля в общем потоке, %	Варианты опыта					
	Контроль	I	II	III	IV	V
PPF-R (красный), %	40,81	34,17	38,16	35,55	62,44	48,00
PPF-B (синий), %	32,11	25,89	37,71	34,42	21,59	21,73
PPF-G (зеленый), %	27,08	39,94	24,13	30,03	15,97	30,27

Сорта Каменский и Удача относятся к ранним сортам, Невский – к среднеранним. Микрклональное размножение картофеля проводили черенкованием на агаризированной

питательной среде Мурасиге-Скуга [8]. В качестве культуральных сосудов использовали химические пробирки Ф1,5*1,6 см с 5 мл питательной среды. Питательную среду автоклавировали при температуре 120°C в течение 22

минут при давлении 1,0 атм. Далее растения в пробирках помещали в гроубокс и культивировали при температуре 21-24°C и 16-часовом фотопериоде. Количество растений в секторе гроубокса – 45, по 15 растений каждого сорта. Длительность эксперимента 28 суток. По окончании эксперимента растения извлекали из пробирок, промывали от питательной среды и сканировали. После этого определяли массу надземной части растений и корневой системы. Определение содержания фотосинтетических пигментов проводили спектрофотометрическим методом. Исследуемые листья растений взвешивали, гомогенизировали в 70%-ном ацетоне. Каротиноиды определяли при длине волны 440,5 нм, хлорофилл *a* – при длине

волны 665 нм, хлорофилл *b* – при длине волны 649 нм. Концентрации хлорофиллов в вытяжке рассчитывали по формуле Вернона [9]. Для определения концентрации каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов использовали формулу Вертштейна [9]. Содержание пигментов в вытяжке определяли в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и навески пробы. Сканированные изображения растений обрабатывали в программе ImageJ для определения длины растения и количества междоузлий (рисунок 1). Обработку данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Office Excel. Полученные данные достоверны при $p < 0,05$.

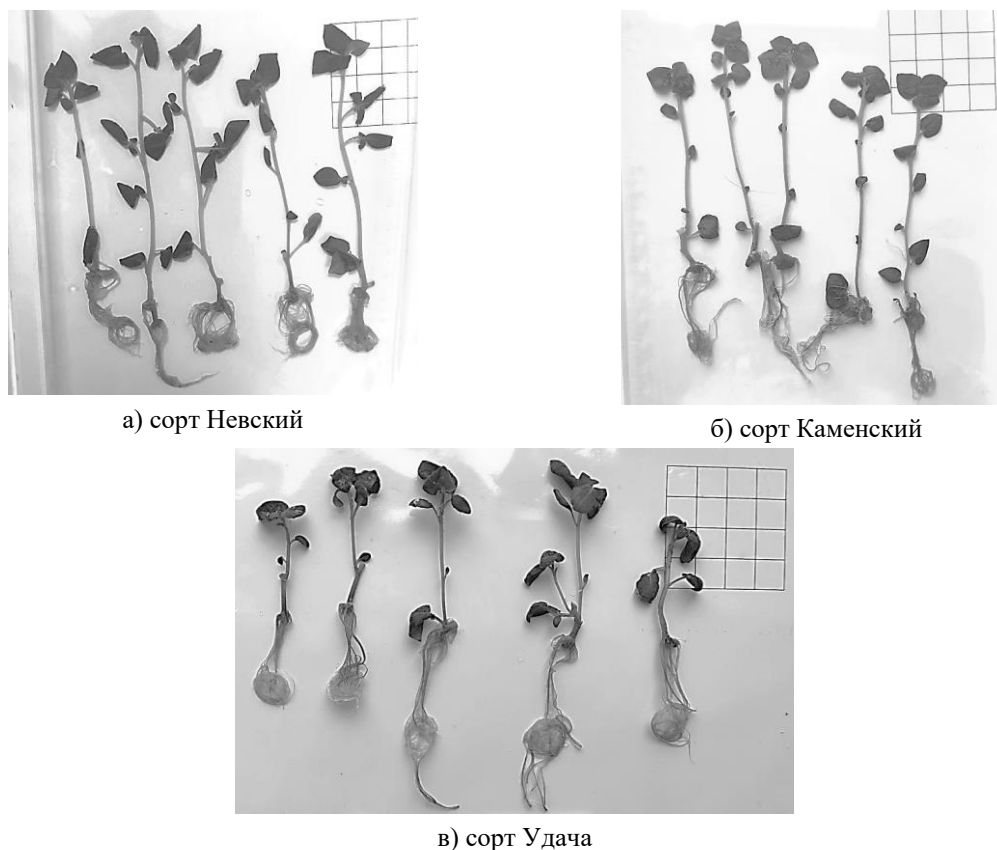


Рис 1. Объекты исследования: растения-регенеранты картофеля трех сортов (контроль)
 Fig. 1. Objects of research: regenerating potato plants of three varieties (control)

Результаты. В результате эксперимента установлено, что достоверное превышение контроля по длине растений зафиксировано у растений картофеля сорта Невский, выращенных в вариантах опыта IV и V, и у растений

сорта Каменский, выращенных в варианте опыта III (таблица 2). У растений сорта Удача не выявлено достоверных отличий с контрольным вариантом освещения по длине растений-регенерантов.

Таблица 2

Длина растений-регенерантов картофеля при культивировании под освещением
разного спектрального состава, мм

Сорт	Варианты освещения					
	Контроль	I	II	III	IV	V
Невский	56,6±2,6	53,3±1,7	56,7±3,5	53,9±1,4	82,5±2,69*	76,9±3,2*
Каменский	58,1±4,6	64,8±5,5	66,7±3,9	68,4±3,6*	60,5±4,2	61,2±2,7
Удача	39,3±2,9	36,8±2,4	35,8±2,1	35,0±2,1	37,1±2,4	40,3±2,8

* – достоверное отличие от контроля

Количество междоузлий на одно меристемное растений является важным морфологическим показателем, так как оно определяет коэффициент размножения [10].

Вариант опыта IV обеспечил наибольшие показатели по количеству междоузлий у всех трех сортов. Достоверное превышение контроля по этому признаку зафиксировано у растений картофеля сорта Невский, выращенных в вариантах опыта IV и V (таблица 3). Для сортов Каменский и Удача достоверных отличий по количеству междоузлий в вариантах опыта по сравнению с контролем не зафиксировано. Растения сорта Каменский имели наибольшую длину в варианте освещения III, но не за счет увеличения количества междоузлий, а за счет увеличения длины междоузлий.

Надземная масса достоверно выше в сравнении с контролем у растений сортов Невский и Каменский в IV и V вариантах опыта. При этом существенное максимальное увеличение надземной массы зафиксировано у растений сорта Невский в варианте освещения IV – 83%. У растений сорта Удача не выявлено достоверных отличий по сравнению с растениями контроля (таблица 4).

По показателю «масса корневой системы» у растений всех трех изученных в данном эксперименте сортов достоверных отличий по массе корневой системы не выявлено ни в одном варианте освещения по сравнению с контролем (таблица 5).

Таблица 3

Количество междоузлий на одно меристемное растений при культивировании под освещением
разного спектрального состава, мм

Сорт	Варианты освещения					
	Контроль	I	II	III	IV	V
Невский	3,5±0,2	3,2±0,1	3,2±0,2	3,2±0,2	4,9±0,3*	4,5±0,2*
Каменский	5,2±0,3	5,7±0,4	5,8±0,4	5,4±0,4	5,9±0,4	5,1±0,3
Удача	3,0±0,1	2,8±0,2	3,0±0,2	2,7±0,2	3,2±0,2	3,0±0,1

* – достоверное отличие от контроля

Таблица 4

Надземная масса на одно меристемное растений при культивировании
под освещением разного спектрального состава, г

Сорт	Варианты освещения					
	Контроль	I	II	III	IV	V
Невский	0,167±0,006	0,174±0,008	0,193±0,025	0,165±0,010	0,306±0,020*	0,248±0,011*
Каменский	0,171±0,015	0,191±0,015	0,173±0,020	0,183±0,012	0,206±0,007*	0,218±0,016*
Удача	0,142±0,012	0,129±0,010	0,150±0,014	0,130±0,012	0,145±0,009	0,138±0,011

* – достоверное отличие от контроля

Таблица 5

Масса корневой системы одного меристемного растения при культивировании
под освещением разного спектрального состава, г

Сорт	Варианты освещения					
	Контроль	I	II	III	IV	V
Невский	0,144±0,017	0,176±0,016	0,156±0,015	0,173±0,013	0,137±0,016	0,119±0,011
Каменский	0,133±0,014	0,111±0,014	0,145±0,010	0,116±0,009	0,157±0,010	0,128±0,007
Удача	0,127±0,010	0,134±0,009	0,136±0,013	0,139±0,011	0,101±0,008	0,147±0,011

* – достоверное отличие от контроля

Анализ сортовых реакций на спектральный состав освещения показал, что наиболее отзывчивым из изученных трех сортов является сорт Невский. С помощью модификации спектрального состава у растений сорта Невский можно наиболее успешно простимулировать рост, накопление биомассы и увеличить количество междоузлий.

Сорт Удача, наоборот, продемонстрировал независимость морфометрических показателей от спектрального состава освещения. Сорт Каменский продемонстрировал отклик на спектральный состав освещения по двум из четырех изученных морфологических показате-

лей. При этом варианты освещения, при которых наблюдались максимальные значения морфометрических показателей, не всегда совпадали между сортами, что подтверждает существование сортоспецифичных реакции, описанных в опубликованных ранее исследованиях [10,11].

Дисперсионный анализ полученных данных позволил сделать выводы о величине вклада в общую изменчивость изучаемых показателей: отдельно факторов освещения, отличающихся спектральным составом, и фактора генотипа, а также их совместном вкладе (таблица 6)

Таблица 6

Оценка вклада исследуемых факторов в общую изменчивость изучаемых показателей, %

Факторы	Исследуемый показатель			
	Длина растения	Количество междоузлий	Масса надземной части	Масса корневой системы
Фактор наследственности (генотип, сорт)	42	51	16	6
Фактор освещения	5	5	23	4
Взаимодействие факторов	13	7	19	22
Прочие факторы	40	37	42	68

Фактор спектрального состава освещения внес наибольший вклад в изменчивость признака «масса надземной части растения». В изменчивость признаков «длина растений» и «количество междоузлий» существенно больший вклад вносит наследственный фактор, чем фактор освещения. Для показателя «длина растения» также большую роль играет сочетание факторов освещенности и генотипа. На массу корневой системы растений-регенерантов картофеля факторы генотипа и освещенности по отдельности менее существенны, чем их взаимодействие, но больший вклад вносят другие факторы, вероятно, состав питательной среды.

Оценка функционирования фотосинтетического аппарата через определение концен-

трации фотосинтетических пигментов является важным показателем реакции растений на изменение качества освещения [12]. Эффективность фотосинтетического аппарата растений-регенерантов влияет на синтез углеводов, что, в свою очередь, влияет на формирование мини-клубней [13]. В ходе проведенных исследований подтверждены ранее опубликованные данные о наличии сортовых особенностей в протекании фотохимических реакций в картофеле *in vitro* [7]. Характер изменения концентраций хлорофиллов и каротиноидов, в зависимости от спектра освещения, оказался различным у трех взятых в качестве объекта исследования сортов картофеля (рисунок 2).

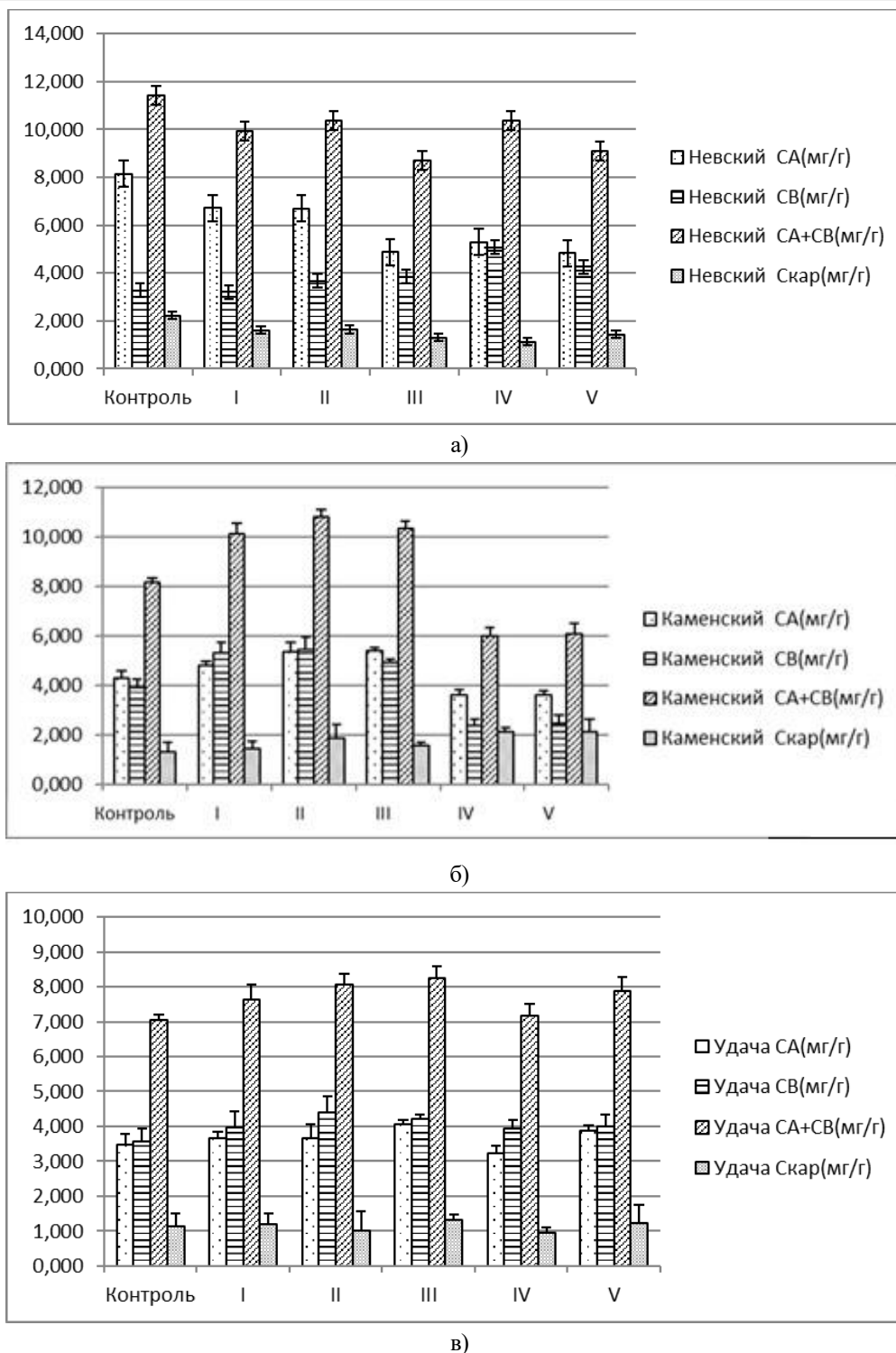


Рис 2. Влияние спектрального состава света на концентрацию фотосинтетических пигментов в растениях картофеля *in vitro*. I-V – варианты опыта
а) сорт Невский; б) сорт Каменский; в) сорт Удача

Fig. 2. The effect of the spectral composition of light on the concentration of photosynthetic pigments in potato plants *in vitro*. I-V – experience options а) Nevsky variety; б) Kamensky variety; в) Uдача variety

Растения сорта Невский продемонстрировали тенденцию к уменьшению концентрации хлорофилла *a* и каротиноидов при наличии добавочных спектров по сравнению с кон-

трольным освещением, в то время как концентрация хлорофилла *b* была достоверно выше в вариантах опыта IV и V. У растений сорта Каменский зафиксировано достоверное увеличение концентраций хлорофиллов (CA+CB) в вариантах опыта I-III – до 10,8 мг/г. В секторах IV и V у растений сорта Каменский зафиксировано минимальное значение концентраций хлорофиллов – 6,0 мг/г, что достоверно ниже по сравнению с контролем. Концентрация каротиноидов у растений сорта Каменский достоверно выше в вариантах опыта II, IV и V. Растения сорта Удача продемонстрировали зависимость фотосинтетических пигментов от спектрального состава света, несмотря на то, что по морфометрическим показателям достоверные отличия между контролем и вариантами опыта были малочисленны. Концентрация хлорофилла *a* достоверно выше по сравнению с контролем у растений сорта Удача в вариантах опыта III и V, а концентрация хлорофилла *b* – в вариантах опыта II и III.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено влияние спектрального состава света на длину растений-регенерантов картофеля *in vitro*, количество междоузлий, массу надземной части, концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях. Спектральный состав освещения может являться фактором, контролирующим рост и эффективность фотосинтетического аппарата

картофеля *in vitro*, влияющим как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения показателей изучаемых признаков. Проведенные исследования доказывают, что при выборе варианта освещения необходима оценка специфической реакции размножаемого сорта к различным сочетаниям спектра, так как влияние фактора наследственности (сорт) вносит вклад в общую изменчивость признаков не менее, чем фактор освещения.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научному сотруднику "Пермского НИИСХ" Цёме Любовь Геннадьевне за помощь в подготовке объекта исследования, младшим научным сотрудникам "Пермского НИИСХ" Протасовой Елене Михайловне и Дубасовой Юлии Андреевне за оказанную помощь при проведении лабораторных исследований, а также особую благодарность авторы выражают старшему научному сотруднику "Пермского НИИСХ" Максиму Александру Юрьевичу за консультирование и помощь в написании статьи.

Источник финансирования: Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания, номер государственной регистрации НИОКТР 122031100058-3.

Список источников

1. Федорова Ю. Н., Лебедева Н. В. Влияние света разного спектрального состава на рост растений картофеля *in vitro* // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. №4. С. 2-7.
2. Aksenova N.P., Konstantinova T.N., Sergeeva L.I., Machachkova I., Golyanovskaya S.A. Morphogenesis of Potato Plant *in vitro*. I. Effekt of light quality and hormones // J. Plant Growth Regul. 2014. V.13. P.143-146.
3. Seabrook J.E.A. Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro*: A review // Am. J. Potato Res. 2005. 82: 353-367.
4. Мартиросян Ю.Ц., Диловарова Т.А., Мартиросян В.В., Креславский В.Д., Кособрюхов А.А. Действие светодиодного облучения различного спектрального состава на фотосинтетический аппарат растений картофеля в культуре *in vitro* // Сельскохозяйственная биология. 2016. 51(5). С. 680-687.
5. Чусова Н.С., Муратова С.А. Влияние условий культивирования *in vitro* на эффективность ризогенеза микрорастений картофеля // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 260.
6. Басиев С.С., Газдаров М.Д., Тамахина А. Я., Газзаев Г.Т., Абаев А.А. Влияние качества освещения и состава питательной среды на рост и развитие растений картофеля в культуре *in vitro* // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59. № 4. С. 18-25.
7. Мякишева Е. П., Соколова Г. Г. Влияние качества света на содержание фотосинтетических пигментов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в культуре *in vitro* // Известия АлтГУ. 2014. №3.
8. Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* No.15, pp. 473-497.
9. Трифонов С.В. Определение содержания основных пигментов фотосинтетического аппарата в листьях высших растений: методические указания. – Красноярск, 2011.

10. Бакунов А.Л., Дмитриева Н.Н., А.В. Милехин [и др.] Оптимизация освещения микрорастений картофеля *in vitro* с использованием светодиодных источников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 85 – 91.
11. Варушкина А.М., Яхина А.И., Ширинкина А.С., Цёма Л.Г., Латыпова А.Л. Влияние спектрального состава света на физиологический ответ картофеля *in vitro* // Аграрный научный журнал. 2021. № 4. С. 8-11.
12. Никонович Т.В., Кардис Т.В., Кильчевский А.В., Филипеня В.Л., Чижик О.В., Трофимов Ю.В., Цвирко В.И., Кержицкий Е.В. Анализ сортовых различий растений-регенерантов картофеля *in vitro* при использовании светодиодных светильников // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №1. С.73-78.
13. Головацкая И. Ф., Дорофеев В. Ю., Медведева И. Е., Никифоров П. Е., Карначук Р. А. Оптимизация условий освещения при культивировании микроклонов *Solanum tuberosum* L. сорта Луговской *in vitro* // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2013. №4 (24).

RESEARCH OF THE EFFECT OF LIGHT SPECTRAL COMPOSITION ON POTATO PLANTS *IN VITRO* OF NEVSKY, KAMENSKY, UDACHA VARIETIES

©2023. Tatyana N. Lisina^{1✉}, Olga V. Burdysheva², Evgeniy S. Sholgin³, Anna L. Latypova⁴,
Anna D. Eliseeva⁶

^{1,2,3,4,5} Perm Research Institute of Agriculture – Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the
Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

¹atea2@yandex.ru

Abstract. The relevance of lighting optimization at the stage of microclonal reproduction is specified by the necessity to increase the efficiency and reduce the energy consumption when producing high-quality potato planting material. In this research the effect of the light spectral composition on morphological parameters and the concentration of photosynthetic pigments in regenerating potato plants of the Nevsky, Kamensky, Udacha varieties at the stage of reproduction *in vitro* was studied. The experiment was carried out in a specially designed growbox with six lighting treatments. Experimental lighting options differed in light spectral composition. Various plant's reaction of different potato varieties to the qualitative composition of light was shown. Morphological parameters have been identified, on which the spectral composition of light had a greater influence. The illumination effect of different spectral compositions on the concentration of photosynthetic pigments in the leaves of potato regenerating plants is determined. The combined effect of the lighting factor and the hereditary factor (genotype) on morphological parameters was analyzed.

Key words: potato, *in vitro* culture, microclonal reproduction, light spectrum, pigments, chlorophylls, carotenoids

References

1. Fedorova Ju. N., Lebedeva N. V., Vlijaniesvetaraznogospektral'nogostavanarostrenijkartofelja in vitro (Influence of light of different spectral composition on the growth of potato plants *in vitro*), IzvestijaVelikolukskojgosudarstvennojsekskohozjajstvennojakademii, 2016, No.4, pp. 2-7.
2. Aksenova N.P., Konstantinova T.N., Sergeeva L.I., Machachkova I., Golyanovskaya S.A. Morphogenesis of Potato Plant in vitro I. Effekt of light quality and hormones (Morphogenesis of Potato Plant in vitro. I Effekt of light quality and hormones), J. Plant Growth Regul, 2014. V.13, pp.143-146.
3. Seabrook J.E.A, Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro*: A review (Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro*: A review), Am. J. Potato Res. 2005, 82, pp. 353-367.
4. MartirosjanJu.C., Dilovarova T.A., Martirosjan V.V., Kreslavskij V.D., Kosobrjuhov A.A., Dejstviesvetodiodnogoobluchenijarazlichnogospektral'nogostavanafotosinteticheskij apparat rastenijkartofelja v kul'ture *in vitro* (The effect of LED irradiation of different spectral composition on the photosynthetic apparatus of potato plants in *in vitro* culture), Sel'skohozjajstvennajabiologija, 2016, 51(5), pp. 680-687.
5. Chusova N.S., Muratova S.A. Vlijanieuslovijkul'tivirovanija in vitro najeffektivnost' rizogenezamikrorastenijkartofelja (Influence of *in vitro* cultivation conditions on the efficiency of rhizogenesis of potato microplants), NaukaiObrazovanie, 2019, T. 2, No. 2, p. 260.
6. Basiev S.S., Gazdarov M.D., Tamahina A. Ja., Gazzaev G.T., Abaev A.A. Vlijaniekachestvaosveshhenijaisostavapitatejnojsredynarostirazvitierastenijkartofelja v kul'turein vitro (Influence of the quality of lighting and the composition of the nutrient medium on the growth and development of potato plants in *in vitro* culture), IzvestijaGorskogogosudarstvennoagrarnogouniversiteta, 2022, T. 59, No. 4, pp. 18-25.

7. Mjakisheva E. P., Sokolova G. G. Vlijaniekachestvasvetanasoderzhaniefotosinteticheskikhpigmentovkartofelja (*Solanum tuberosum* L.) v kul'turein vitro (Influence of light quality on the content of photosynthetic pigments of potato (*Solanum tuberosum* L.) in *in vitro* culture), *IzvestijaAltGU*, 2014, No.3.
8. Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures), *Physiol. Plant*, No.15, pp. 473–497.
9. Trifonov S.V. Opredeleniesoderzhanijaosnovnyhpigmentovfotosinteticheskogoapparata v list'jahvysshihrastenij: metodicheskieukazanija (Determination of the content of the main pigments of the photosynthetic apparatus in the leaves of higher plants: guidelines), – Krasnojarsk, 2011.
10. Bakunov A.L., Dmitrieva N.N., A.V. Milehin [i dr.] Optimizacijaosveshhenijamikrorastenijkartofelja*in vitro* s ispol'zovaniemsvetodiodnyhistochnikov (Optimization of illumination of potato microplants*in vitro* using LED sources), *IzvestijaOrenburgskogogosudarstvennogoagronogouniversiteta*, 2021, No. 6 (92), pp. 85 – 91.
11. Varushkina A.M., Jahina A.I., Shirinkina A.S., Sjoma L.G., Latypova A.L. Vlijaniespektral'nogostavasvetanafiziologicheskijsotvetkartofelja*in vitro* (Influence of the spectral composition of light on the physiological response of potatoes *in vitro*), *Agrarnyjnauchnyjzhurnal*, 2021, No. 4, pp. 8-11.
12. Nikonovich T.V., Kardis T.V., Kil'chevskij A.V., Filipenja V.L., Chizhik O.V., Trofimov Ju.V., Cvirko V.I., Kernozhickij E.V. Analizsortovyhrazlichijrastenij-regenerantovkartofelja*in vitro*priispol'zovaniiisvetodiodnyhsvetil'nikov (Analysis of varietal differences in regenerated plants of potato *in vitro* using LED lamps), *VestnikBelorusskojgosudarstvennojsel'skoho-zhajtvennojakademii*, 2018, No.1, pp.73-78.
13. Golovackaja I. F., Dorofeev V. Ju., Medvedeva I. E., Nikiforov P. E., Karnachuk R. A. Optimizacijauslovijosveshhenijaprikultivirovaniimikroklonov*Solanum tuberosum* L. sortaLugovskoj*in vitro* (Optimization of illumination conditions during the cultivation of microclones *Solanum tuberosum* L. of Lugovskoy variety *in vitro*), *Vestn. Tom. gos. un-ta. Biologija*, 2013, No.4 (24).

Сведения об авторах

Т.Н. Лисина¹✉ – канд. биол. наук, заведующий лабораторией агробиофотоники;
О. В. Бурдышева², – младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники;
Е. С. Шолгин³, – младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники;
А. Л. Латыпова⁴, – научный сотрудник лаборатории биологически активных кормов
А. Д. Елисеева⁵, – младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники;
^{1,2,3,4,5,6} «Пермский НИИСХ» – филиал ПФИЦ УрО РАН, ул. Культуры, 12, с. Лобаново, Пермский р-н, Пермский край, Россия, 614532
¹ atea2@yandex.ru

Information about the authors

Tatyana N. Lisina¹✉ – Cand. Biol. Sci., Head of the Laboratory of Agrobiophotonics;
Olga V. Burdysheva² – Junior Researcher of the Laboratory of Agrobiophotonics
Evgeniy S. Sholgin³ – Junior Researcher of the Laboratory of Agrobiophotonics
Anna L. Latypova⁴ – Researcher of the Laboratory of biologically active food
Anna D. Eliseeva⁵ – Junior Researcher of the Laboratory of Agrobiophotonics
^{1,2,3,4,5,6} Perm Research Institute of Agriculture – Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 12, Kultury St., Lobanovo, Perm Region, Russia, 614532
¹ atea2@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 27.04.2023; одобрена после рецензирования 26.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 26.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 633.3:631.53.01(470.53)

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_43

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ НА СЕМЕНА В ПЕРМСКОМ КРАЕ

©2023. Галина Павловна Майсак

Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия, korm.pro2015@yandex.ru

Аннотация. Впервые в условиях Пермского края изучаются элементы технологии возделывания левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*, Willd. Pjin) на семена. На опытном поле Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН в 2017-2022 гг. были определены биологическая урожайность семян левзеи сафлоровидной и её структура на травостоях 8-13 годов жизни. Цель исследований – разработать элементы технологии возделывания левзеи сафлоровидной на семена в условиях Пермского края. Семена высевали рядовым и широкорядным способами (фактор А) с нормой посева 0,2, 0,3, 0,4 и 0,5 млн всх. семян на гектар (фактор В). Минеральные удобрения использовали весной в подкормку в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Уборку урожая проводили вручную. Биологическая урожайность семян культуры варьировала от 31,70 до 43,25 г/м² на широко-рядном посеве и от 27,50 до 35,73 – на рядовом посеве в интервале от 0,2 до 0,5 млн всх. семян/га. Выделились варианты с нормой посева 0,4 и 0,2 млн всх. семян/га, обеспечив соответственно 43,25 и 35,73 г/м² семян. Наибольшая урожайность семян на широко-рядном посеве обеспечена числом соцветий (13 шт.), количеством семян (4094 шт.), сформировавшихся на одном метре квадратном, массой семян в соцветии (5,08 г) и их количеством (304 шт.). Выявлена тесная прямая корреляционная связь урожайности семян с диаметром соцветия ($r = 0,790$), количеством соцветий ($r = 0,844$), массой семян ($r = 0,740$) и количеством семян ($r = 0,799$) в соцветии, и количеством семян с единицы площади ($r = 0,934$).

Ключевые слова: левзея сафлоровидная, способ посева, норма посева, семенная продуктивность, урожайность, структура урожайности

Введение. Одним из важных условий успешного возделывания сельскохозяйственных культур в конкретном регионе является наличие достаточного количества семян местного производства. Левзея сафлоровидная – многолетнее травянистое растение – является новым для условий Предуралья уникальным кормовым растением. Культура имеет ряд положительных качеств: отрастает на 2-14 день после схода снега, интенсивно растет (начало цветения отмечается в конце мая – начале июня), отличается высокой зимостойкостью и долголетием, сочетает высокую продуктивность с высоким качеством корма, повышает иммунный статус не только человека, но и

сельскохозяйственных животных и птицы. Является прекрасным медоносом [1-3].

С давних пор корни и трава используются в народной медицине Сибири и Монголии как стимулирующие растение [3-5]. В корневищах и корнях содержатся биологически активные соединения (основным является 20 гидроксизон) [6, 7]. Левзея сафлоровидная имеет кормовое и лечебное значение для животных и человека. Хорошо поедается различными сельскохозяйственными и дикими животными. В условиях Пермского края культура формирует за сезон до 64 т/га зелёной массы, 11 т/га сухой массы и до 542 кг/га семян [8, 9]. Из зелёной массы готовят объемистые корма,

травяную муку, которую используют в качестве стимулирующей иммунную систему добавки для молодняка всех видов животных. В фазе бутонизации – начала цветения по содержанию протеина, микроэлементов (кроме молибдена) не уступает многолетним бобовым травам, что удовлетворяет потребность в них животных.

С началом использования левзеи сафлоровидной широкими массами населения в качестве пищевой добавки, культура отнесена к категории редких, уязвимых и исчезающих [10]. Для сохранения вида необходимо возделывать культуру в различных регионах страны. Успешная интродукция её невозможна без организации семеноводства. Поэтому в Пермском НИИСХ с 2017 года на травостое левзеи сафлоровидной восьмого года жизни начато культивирование культуры на семена.

Работа по получению качественных семян левзеи весьма трудоёмкая. Посевы страдают от повреждения поздневесенними заморозками (происходит отмирание репродуктивных побегов); засорение пыреем ползучим и одуванчиком вызывает отравление культуры токсичными выделениями; семянки из соцветий расклеваются птицами; выбиваются дождем, сильным ветром; соцветия поражаются фузариозом (загнивание цветоложа); семена портятся вредителями – насекомыми-фитофагами; на старовозрастных травостоях не закладываются репродуктивные органы с семенами [11].

Внедрение новых культур служит рычагом для повышения урожайности. При этом величину и стабильность урожая определяют их сроки посева, нормы высева, минеральные удобрения, способы посева, то есть элементы технологии. Поэтому вопросы об установлении оптимальной нормы высева и способа посева остаются актуальными.

По данным ряда исследований, применяемые нормы высева левзеи сафлоровидной варьируют в широком диапазоне – от 4 до 32 кг/га [12, 13], в основном рекомендуют высевать на 1 га от 6 до 10 кг семян [14, 15].

Спорным является и вопрос способа посева: большинство учёных считают, что лучшим является широкорядный способ посева с шириной междурядий 60-70 см [3, 12, 13], другие рекомендуют широкорядный с междурядьем 45 см [16] или 50-60 см [3].

Цель исследований: изучить закономерности формирования урожайности семян левзеи сафлоровидной в зависимости от нормы высева и способа посева в Пермском крае.

Задачи исследования:

1. Определить урожайность семян левзеи сафлоровидной на травостоях 8-13 годов жизни.
2. Обосновать полученные результаты структурой урожайности.

Методика. Исследования левзеи сафлоровидной при возделывании на семена провели на опытном поле Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН в 2017-2022 гг. на травостоях 8-13 годов жизни. Почва опытного участка типичная для условий Пермского края – дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая, с низким содержанием гумуса, среднекислой реакцией почвенного раствора, очень высоким содержанием подвижного фосфора и повышенным – обменного калия (по Кирсанову).

Изучены два способа посева – рядовой и широкорядный с нормами высева от 0,2 до 0,5 млн всхожих семян на гектар. Учёт урожайности семян на делянке проведен на 1 м² в двукратной повторности [17]. Ежегодно весной вносили минеральные удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₆₀.

В период начала созревания семян соцветия завязывали укрывным материалом, для сохранения их от расклева птицами.

Перед учётом урожайности отбирали образцы для определения структуры урожайности. Уборку семян проводили при полной спелости семян вручную, в основном 14-19 июля. Часть генеративного побега вместе с корзиной срезали и досушивали при комнатной температуре.

Температуру воздуха в 2017-2018 гг. наблюдали с помощью беспроводной погодной станции, модель VAR 806 (с. Лобаново), в 2019-2022 гг. метеорологические условия описываются по данным Гидрометеослужбы Пермского края [18].

Вегетационные периоды в годы исследований отличались по температуре воздуха, осадкам, длине вегетационного периода. Характеристика их приведена за четыре месяца

(апрель-июль) – в период от возобновления вегетации до уборки семян.

Температура воздуха в апреле 2018 года была на уровне среднемноголетних значений – 2,8 °С с увеличением её на 0,2-2,6 °С в остальные годы, выше среднемноголетних показателей на 1,9 и 4,4 °С в первую декаду апреля. (рис. 1).

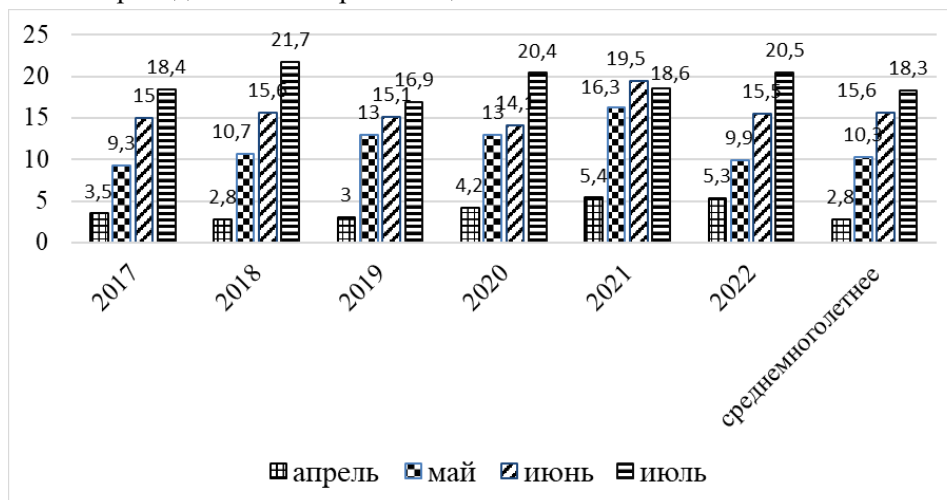


Рис 1. Температура воздуха средняя и среднемноголетняя за месяц, 2017-2022 гг.

Fig. 1. Average and long-time annual average air temperature in a month, 2017-2022

Май 2017 и 2022 годов был холоднее климатической нормы на 1 и 0,4 °С соответственно. В 2018-2020 годах отмечено повышение температура воздуха с 10,7 до 13,0 °С, и максимальной она была в 2021 году – 16,3 °С, отклонение от среднемноголетней составило 0,4, 2,7 и 6,0 °С соответственно. Июнь в основном имел благоприятный температурный режим, отклонения от среднемноголетних значений отмечены в 2020 г. на 1,5 и в 2021 г. – на 3,9 °С. Самым жарким был июль 2018 года с температурой воздуха 21,7 °С; на 1,3, 1,4 °С

ниже этого показателя были 2020, 2022 гг. и на уровне многолетних – 2017 и 2021 годы.

В годы исследований аномально жарким отмечен периоде апреля по июль 2021 года с суммой положительных температур 1809 °С, в 2020 году она была ниже на 196 °С, в 2018 и 2022 – на 276 и 246 °С, самым прохладным оказался 2017 год с суммой температур 1387 °С.

Наименьшее количество осадков выпало в апреле 2019 года – 14 мм или 35 % от нормы, в остальные годы они были близки к норме и изменялись от 36,5 до 43,1 мм, что соответствует 91-108 % от нормы (рис. 2).

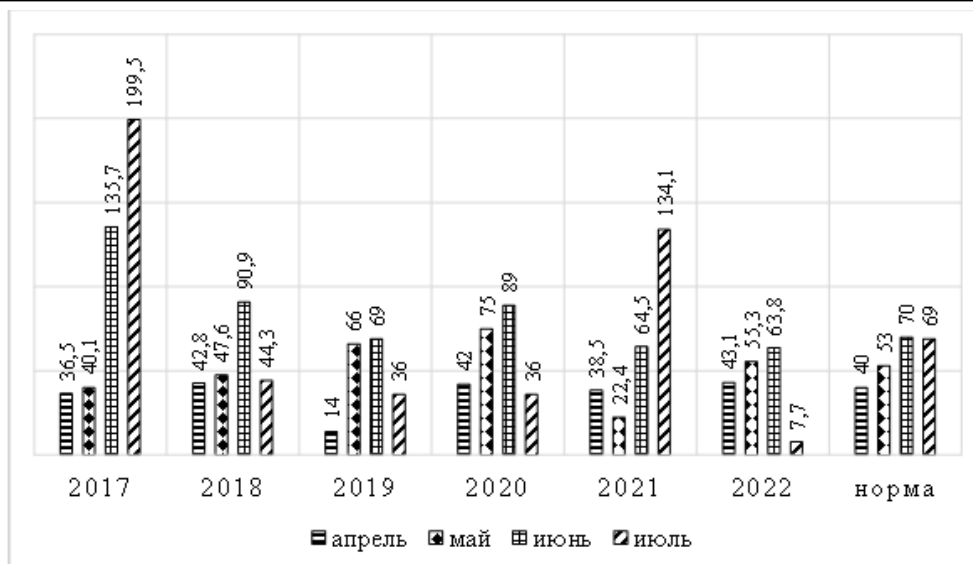


Рис 2. Сумма осадков за месяц и норма, 2017-2022 гг.
 Fig. 2. Precipitation amount in a month and normal amount, 2017-2022

Засушливым был и май 2021 года с суммой осадков 22,4 мм (43%), благоприятными по увлажнению 2018 и 2022 гг. – 47,6 и 55,3 мм (104 и 90%), в 2017 году их выпало 40,1 мм (76%), во влажные 2019 и 2020 годы их количество было выше нормы на 13 и 22 мм, или 124, 141%. Близким по увлажнению к норме отмечен июнь в 2019-2022 гг., с суммой осадков 63,8-89,0 мм (91-110 %) и избыточно влажным июнь в 2017-2018 гг. Самым сухим во все годы исследований был июль 2022 года, осадков выпало 7,7 мм – это 11% от нормы, мало дождливым оказался июль в 2018-2020 гг. – 52,5-62,2% от нормы, избыточно влажными были 2017 и 2021 годы с отклонениями от нормы 289% и 194% соответственно.

Результаты. Самый ранний сход снега за годы исследований отмечен 29 марта 2020 года, на семь, десять дней позже он был – в 2021 и 2022 гг. и на семнадцать – двадцать дней в 2017-2019 годах. Период сход снега – начало отрастания зависел от количества и интенсивности ночных заморозков, и в среднем за годы исследований составил 10 дней с колебаниями от 2 до 18 дней соответственно. Полное отрастание в среднем наступает через семь дней с продолжительностью 1-14 дней. Соцветия левзеи сафлоровидной начинают формироваться на 19-45 день от полного отрастания. В

среднем этот период равен 31 дню. Фаза полной бутонизации отмечается на 3-13 день от начала бутонизации и длится в среднем 6 дней. Продолжительность периода «полное цветение – полная спелость» в среднем равна 27 дням с колебаниями от 10 до 38 дней.

Продолжительность межфазного периода зависела от метеорологических условий. Частые дожди (избыток влаги) и невысокие температуры воздуха затягивали рост и развитие растений [9]. Б.А. Постниковым (1995) установлено, что в годы с дождливой и холодной погодой цветение и завязывание семян бывает неполным, при этом наблюдали запаздывание с началом цветения на 15-20 дней по сравнению с обычными сроками [3].

Растениям левзеи сафлоровидной для формирования урожая требовалось от 631 до 1012 °С эффективных температур выше 5 °С.

С 2010 по 2016 годы Пермским НИИСХ разрабатывалась технология возделывания культуры на зеленый корм. На изучении были два способа посева левзеи сафлоровидной – рядовой (15 см) и широкорядный (70 см) с нормами высева от 0,2 до 0,5 млн всх. семян на га, с 2017 года на этих же вариантах продолжены исследования при использовании левзеи на семена (табл. 1).

Биологическая урожайность семян левзеи сафлоровидной при разных элементах технологии возделывания, г/м², 2017-2022 гг.

Вариант	Год исследований						среднее
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Рядовой							
0,2	15,55	12,73	93,55	25,36	0	73,34	36,73
0,3	18,97	18,67	70,93	20,59	0	66,01	29,96
0,4	36,28	34,45	73,87	20,16	0	64,10	32,79
0,5	14,32	14,79	61,10	20,88	0	66,02	27,50
среднее	21,28	20,15	74,86	21,75	0	67,37	31,49
Ширококорядный							
0,2	5,38	4,49	69,36	26,93	0	85,64	31,70
0,3	6,19	5,25	88,17	23,01	0	99,12	36,21
0,4	7,83	6,98	133,65	23,38	0	90,34	43,25
0,5	5,01	4,44	99,26	27,42	0	96,21	38,42
среднее	6,10	5,29	97,61	25,18	0	92,83	37,40
НСР ₀₅ гл. эф. фА	8,57	9,23	19,55	F _ф < F _г	-	11,70	4,98
НСР ₀₅ гл. эф. фВ	F _ф < F _г	F _ф < F _г	F _ф < F _г	F _ф < F _г	-	F _ф < F _г	F _ф < F _г
НСР ₀₅ частн разл.	19,07	18,47	39,10	F _ф < F _г	-	23,38	9,96

Установлено, что на 8 и 9-й годы жизни (2017-2018), независимо от нормы высева, рядовой способ посева существенно выше ширококорядного посева, формируя биологическую урожайность семян – больше на 15,18 и 14,86 г (НСР₀₅ – 8,57 и 9,23 г/м²). Объясняется это тем, что в предыдущие три года при возделывании левзеи на зелёный корм рядовой способ посева обеспечивал в 1,6-3,0 раза больше цветочных побегов, чем ширококорядный. В дальнейшем этот показатель был выше на ширококорядном посеве (табл.2).

На 10 и 13 г. ж. (2019, 2022) и в среднем за 2017-2022 годы, наоборот, ширококорядный посев обеспечил сбор семян с гектара достоверно выше – на 22,75, 25,46 и 5,91 г (НСР₀₅ – 19,55, 11,70 и 4,98 кг/га) соответственно. Максимальная урожайность семян получена в 2019 (на 10-й год жизни) на ширококорядном посеве – 133,65 г/м² с нормой высева 0,4 млн всхожих семян/га, а на рядовом – 93,55 г с нормой 0,2 млн. В среднем за 2017-2022 годы также выделились эти варианты, сформировав соответственно 43,25 и 36,73 г/м² семян.

В 2021 году посевы пострадали от ливневого дождя и сильного ветра. Начиная с первых чисел июня, сложилась аномально жаркая погода при остром дефиците почвенной влаги. В таких условиях семена созрели на месяц раньше обычного срока. В ночь на 16 июня при

грозе и сильном ветре семена были полностью выбиты из корзинок. На формирование урожайности семян левзеи сафлоровидной оказали влияние элементы структуры (табл. 2).

Так, наибольшая урожайность семян на ширококорядном посеве обеспечена числом соцветий (13 шт.), количеством семян (4094 шт.), сформировавшихся на одном метре квадратном, массой семян в соцветии (5,08 г) и их количеством (304 шт.). Результаты корреляционного анализа подтверждают тесную прямую корреляционную зависимость урожайности семян со всеми биометрическими показателями и слабую – с массой 1000 семян (табл. 2).

По годам исследований в корзинке формировалось 67-385 шт. семян, их масса составила 2,11-6,36 г., масса 1000 семян изменялась от 3,99 до 17,73 г.

Лабораторная всхожесть в среднем за 2019-2020 гг. на ширококорядном посеве составила 60,72%, на рядовом – на 5,16% была ниже. Отмечено повышение лабораторной всхожести на рядовом посеве с 56,00 до 57,50% от 0,2 до 0,4 млн всх. семян/га, на ширококорядном – снижение с 68,13 до 54,50%. По требованиям ГОСТ 34221-2017 к категории репродукционных семян относятся только семена, полученные на варианте 0,2 млн всх. семян на га на ширококорядном посеве (не менее 65 %), по остальным вариантам – некондиционные.

Биологическая урожайность семян левзеи сафлоровидной при разных элементах технологии возделывания, г/м², 2017-2022 гг.

Вариант	Диаметр соцветия, см	Количество соцветий, шт./ м ²	Масса семян, г/соцв.	Количество семян, шт./соцв.	Масса 1000 семян, г	Количество семян, шт./м ²	Лабораторная всхожесть, % *
Рядовой посев							
0,2	4,9	11	4,52	280	13,85	3188	56,00
0,3	4,8	9	4,61	282	13,26	2538	56,75
0,4	4,7	9	4,24	269	13,07	2421	57,50
0,5	4,8	9	4,34	259	13,88	2331	52,00
среднее	4,8	10	4,43	272	13,52	2619	55,56
Широкорядный посев							
0,2	4,9	11	4,64	282	14,18	3038	68,13
0,3	4,8	13	4,45	273	13,60	3507	60,13
0,4	5,1	13	5,08	304	13,98	4094	60,13
0,5	4,9	12	4,95	286	14,56	3567	54,50
среднее	4,9	12	4,78	286	14,08	3552	60,72
г	0,790	0,844	0,754	0,765	-0,016	0,991	

*Среднее за 2019 и 2020 годы

Выводы

1. Проведенные исследования позволяют заключить, что в условиях Пермского края возможно получать семена левзеи сафлоровидной.

2. Ширококорядные посеы левзеи сафлоровидной, независимо от нормы высева, обеспечивают 37,40 г/м² семян, что существенно выше рядового посева на 5,91 г/м² (НСР₀₅=4,98 г/м²).

3. Наибольшую биологическую урожайность семян левзеи сафлоровидной (43,25 и 133,65 г/м²) обеспечивают ширококорядные посеы с нормой высева 0,4 млн всх. семян/га соответственно как в среднем за 2017-2022 годы, так и 2019 году и подтверждаются структурой

урожайности: числом соцветий (13 шт.), количеством семян (4094 шт.) сформировавшихся на одном метре квадратном, массой семян в соцветии (5,08 г) и их количеством (304 шт.).

4. Отмечена тесная прямая корреляционная зависимость урожайности семян со всеми элементами структуры и слабая – с массой 1000.

5. Лабораторная всхожесть в среднем за 2019-2020 гг. составила 60,72% на ширококорядном посеве и была на 5,16% ниже – на рядовом. С увеличением нормы высева она повышалась на рядовом посеве с 56,00 до 57,50% при посеве от 0,2 до 0,4 млн всх семян/га и снижалась по всем вариантам с 68,13 до 54,50% – на ширококорядном.

Список источников

1. Волошин В.А., Матолинец Д.А., Морозков Н.А., Майсак Г.П. Роль левзеи сафлоровидной в кормлении молочных коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 52-60.
2. Морозков Н.А., Сергеев И.В., Матолинец Д.А. Действие витаминно-травяной муки из левзеи сафлоровидной на рост и иммунитет молодняка КРС // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6. С. 236-238.
3. Постников Б.А. Маралий корень и основы введения его в культуру. Новосибирск: СО РАСХН, 1995. 276 с.
4. Skaia E., Rijo P., Garciaet C. al., The Essential Oils of Rhaponticum carthamoides Hairy Roots and Roots of Soil-Grown Plants: Chemical Composition and Antimicrobial, Anti-Inflammatory, and Antioxidant Activities Oxidative Medicine and Cellular Longevity, vol.2016. Article ID 8505384, P.10.
5. Skaia E, Sitarek P., Ryjalski M. et al., Antioxidant and DNA repair stimulating effect of extracts from transformed and normal roots of Rhaponticum carthamoides against induced oxidative stress and DNA damage in CHO cells // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2016. 11 P.
6. Miliauskas G., van Beek T.A., de Waard P., Venskutonis R.P., Sudholter E.J. Identification of radical scavenging compounds in Rhaponticum carthamoides by means of LC-DAD-SPENMR. J Nat Prod. 2005. Vol. 68. Is. 2. P. 168-172.
7. Тимофеев Н.П. Управление биосинтезом и накоплением экидистероидов *Rhaponticum carthamoides* при культивации // Химия и технология растительных веществ. Сыктывкар, 2019. С.221.
8. Матолинец Д.А. Кормовая продуктивность левзеи сафлоровидной при различных приёмах возделывания в Среднем Предуралье: дис. ...канд. с.-х. наук. Пермь, 2021. 156 с.

9. Майсак Г.П., Матолинец Д.А. Семенная продуктивность левзеи сафлоровидной в условиях Пермского края // Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 32-35. DOI:10.25685.KRM.2021.2021.2.006.
10. Карусевич А.А., Осочук Г.Н. Разработка методики культивирования и изучения особенностей развития левзеи сафлоровидной в Витебской области // Вестник фармации. 2016. № 4 (74). С. 38-44.
11. Семена левзеи сафлоровидной: Причины дефицита, анализ качества, размножение [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://levzea.com/a149829-semena-levzei-saflorovidnoj.html> (дата обращения 17.11.2019).
12. Котуков Г.Н. Культивируемые и дикорастущие лекарственные растения: Справочник. Киев: Изд-во «Наукова думка», 1974. С.58-62.
13. Кшникаткна А.Н., Гущина В.А., Варламов В.А. Технология выращивания и использование нетрадиционных кормовых и лекарственных растений: Монография. М.: ВНИИССОК, 2003. С. 230-241.
14. Медведев П.Ф., Сметанникова А.И. Кормовые растения европейской части СССР: Справочник. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1981. 336 с.
15. Коломейченко В.В. Растениеводство: учебник. М.: Агробизнесцентр, 2007. 600 с. ISBN 978-5-902792-11-6.
16. Кондратьев Е.К. Новые интенсивные кормовые культуры и их значение для животноводства. М.: ВНИИТЭИСХ. 1979. С.41-42.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.:Изд-во Агропромиздат, 1985. 351 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).
18. Архив погоды в Перми. – URL: <https://www.WeatherArchivt.ru>.

ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF LEUZZEA (*RHAPONTICUM CARTHAMOIDES*) FOR SEEDS IN PERM REGION

©2023. Galina P. Maisak

Perm Research Institute of Agriculture – Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia, korm.pro2015@yandex.ru

Abstract. Identification of optimal seeding rate and sowing method are the important elements of cultivation technology of any crop. These elements of cultivation technology for seeds of leuzea (*Rhaponticum carthamoides*, Willd. Iljin) were studied for the first time in the conditions of Perm Region. The studies were carried out on the experimental field of the Perm Research Institute of Agriculture. In 2017-2022 the biological yield of seeds of leuzea and its structure on grass stands of 8-13 years of life were determined. The purpose of the research was to establish the optimal sowing rate and sowing method for the development of scientifically based technology for cultivating leuzea for seeds in the conditions of Perm Region. The experiment was two-factor one. Factor A is a sowing method - ordinary and wide-row; factor B is a seeding rate – 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 million viable seeds per hectare. Mineral fertilizers were applied annually in spring at a dose of N₆₀P₆₀K₆₀ rates. Harvesting was done by hand. The highest biological yield of leuzea seeds was obtained over the research years on average in the variant with a wide-row sowing method with a seeding rate of 0.4 million seedlings, seeds/ha – 43,25 g/m and was significantly lower in the variant 0,2 million - by 11,55 g/m. On the ordinary sowing method, a variant with a seeding rate of 0,2 million viable seeds per hectare was the best, providing 36,73 g/m of seeds, for the other treatments it was within the experimental error (LSD₀₅ = 9,96 g/m). The highest seed yield on wide-row sowing was provided by the number of inflorescences (13 pcs.), number of seeds (4094 pcs.) formed per square meter, the mass of the inflorescence (5.08 g) and their number (304 pcs.). The results obtained were also confirmed by statistical processing: a close direct correlation was noted between the yield of seeds and the number of inflorescences ($r = 0,974$), the number of seeds ($r = 0,869$) per unit area and the seeds mass per inflorescence ($r = 0,758$); inflorescence diameter with its mass ($r = 0,800$) and number of seeds ($r = 0,720$).

Key words: safflower leuzea, sowing method, seeding rate, seed productivity, yield, yield structure

References

1. Voloshin V.A., Matolinet D.A., Morozkov N.A., Maisak G.P. Rol' levzeisaflorovidnoi v kormlenimolochnykhkоров (The role of Leuzea in feeding dairy cows), Sibirskii vestniksel'skokhozyaistvennoin nauki. 2019. No. 5. Pp. 52-60.

2. Morozkov N.A., Sergeev I.V., Matolinets D.A. Deistvievitaminno-travyanoimukiizlevzeisaflorovidnoinarostiimunitetmolodnyaka KRS (The effect of vitamin-herbal flour from safflower leuzea on the growth and immunity of young cattle). *IzvestiyaOrenburgskogogosudarstvennogoagrar'nogouniversiteta*. 2018. No. 6. Pp. 236-238.
3. Postnikov, B.A. Maraliikoren' iosnovyivvedeniya ego v kul'turu, B.A. Postnikov (Carthamid rhapontic and the basics of its introduction into culture), Novosibirsk, SO RASKhN. 1995. 276 p.
4. Skaia E., Rijo P., Garciaet C. al., The Essential Oils of Rhaponticumcarthamoides Hairy Roots and Roots of Soil-Grown Plants: Chemical Composition and Antimicrobial, Anti-Inflammatory, and Antioxidant Activities *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol.2016 Article ID 8505384, 10 p.
5. Skaia E, Sitarek P., Ryalski M. et al., Antioxidant and DNA repair stimulating effect of extracts from transformed and normal roots of Rhaponticumcarthamoides against induced oxidative stress and DNA damage in CHO cells.//*Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2016, Article ID 5753139, 11 p.
6. Miliauskas G., van Beek T.A., de Waard P., Venskutonis R.P., Sudholter E.J. Identification of radical scavenging compounds in Rhaponticumcarthamoides by means of LC-DAD-SPENMR. *J Nat Prod*. 2005. Vol. 68. Is. 2. P. 168-172.
7. Timofeev N,P Upravlenie biosintezom i nakopleniem ekdisteroidov Rhaponti cumcarthamoides pri kul'tivatsii (Control of Biosynthesis and Accumulation of Rhaponticumcarthamoides Ecdysteroids during Cultivation), *Khimiyaitekhnologiyarastitel'nykhveshchestv*. Syktyvkar. 2019. P.221.
8. Matolinets, D.A. Kormovayaproduktivnost' levzeisaflorovidnoiprirazlichnykhpriemakhvozdelyvaniya v Srednem-Predural'e (Forage productivity of safflower leuzea under various cultivation methods in the Middle Urals): dis. ...kand. s.-kh. nauk 06.01.01, D.A. Matolinets. Perm'. 2021. 156 p.
9. Maisak G.P., Matolinets D.A. Semennayaproduktivnost' levzeisaflorovidnoi v usloviyakhPermskogokraya (Seed productivity of Leuzea in the conditions of the Perm region), *Kormoproizvodstvo*. 2021. No. 2. Pp. 32-35.
10. Karusevich A.A, Osochuk G.N. Razrabotkametodikikul'tivirovaniyaiizucheniyaosobennosteirazvitiyalevzeisaflorovidnoi v Vitebskoioblasti (Development of the methodology for cultivation and study of the growing features of leuzea in the Vitebsk region), *Vestnikfarmatsii*. 2016. No. 4 (74). Pp. 38-44.
11. Semenalevzeisaflorovidnoi: Prichinydefitsita, analizkachestva, razmnozhenie (Leuzea seeds: Causes of deficiency, quality analysis, reproduction) [Elektronnyiresurs], Rezhimdstupa: <https://levzea.com/a149829-semena-levzei-saflorovidnoj.html>, (data obrashcheniya 17.11.2019).
12. Kotukov G.N. Kul'tiviruemyeidikorastushchiekarstvennyerasteniya (Cultivated and wild medicinal plants), *Spravochnik (perevod s ukrainskogo)*, Kiev, Izd-voNaukova dumka. 1974. Pp.58-62.
13. Kshnikatkna A.N., Gushchina V.A., Varlamov V.A. Tekhnologiyavyrashchivaniyaiispolzovaniene-traditsionnykhkormovykhlekarstvennykhkrastenii (Technology of cultivation and use of non-traditional fodder and medicinal plants): *Monografiya*, – M., VNISSOK. 2003. Pp. 230-241.
14. Medvedev P.F., Smetannikova A.I. Kormovyerasteniyaevropeiskoichasti SSSR (Forage plants of the European part of the USSR): *Spravochnik*. L., Kolos. Leningr. otd-nie. 1981. 336 p.
15. Kolomeichenko V.V. Rasteniyevodstvo (Crop production): *uchebnik*, M., Agrobiznestsentr. 2007. 600 p.
16. Kondrat'ev E.K. Novyeintensivnyekormovyekul'turyiikhznacheniedlyazhivotnovodstva (New intensive fodder crops and their importance for animal husbandry), M., VNIITEISKh. 1979. Pp. 41-42.
17. Dospekhov B. A. Metodikapolevogoopyta (s osnovamistatisticheskoiobrabotkirezul'tatovissledovaniia) (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)). M., 1985. 352 p.
18. Arkhivpogody v Permi. URL: [https // www. Weather-Archiv.ru](https://www.Weather-Archiv.ru).

Сведения об авторах

Г.П. Майсак – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.

«Пермский НИИСХ» – филиал ПФИЦ УрО РАН, ул. Культуры, 12, с. Лобаново, Пермский р-н, Пермский край, Россия, 614532

Information about the author

G. P. Maisak – Cand. Agr. Sci., Leading Researcher.

Perm Research Institute of Agriculture – Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 12, Kultura St., Lobanovo, Perm Region, Russia, 614532

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 03.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 11.04.2023; approved after reviewing 03.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 631.82:633.1

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_51

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В ДЛИТЕЛЬНОМ СТАЦИОНАРНОМ ОПЫТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

©2023. Фёдор Александрович Попов^{1✉}, Людмила Михайловна Козлова²,

Евгения Николаевна Носкова³, Елена Вячеславовна Светлакова⁴

^{1,2,3,4} Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого,

Киров, Россия

¹zemledele_niish@mail.ru

Аннотация. Исследования выполнены в длительном стационарном опыте с разными дозами минеральных удобрений в 2019-2021 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, на элювии пермских глин. Исследования агрохимических свойств почвы показало, что применение минеральных удобрений повышает кислотность почвы пахотного слоя на 0,25-0,50 единиц рН, содержание фосфора – на 0,3-157,9 мг/кг почвы, калия – на 3,6-99,7 мг/кг почвы, органического вещества (гумуса) – на 0,46-0,69 %. Регрессионный анализ свидетельствует, что на урожайность клевера лугового влияет последствие азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных как в 2020 году ($Y=39,8-4,03x$, $R^2=0,88$), так и в 2021 году ($Y=33,6-2,19x$, $R^2=0,89$). Установлена сильная отрицательная корреляционная зависимость урожайности клевера лугового от урожайности покровной культуры ($r = - 0,73; - 0,80$). В среднем за два года наименьшая урожайность ячменя была в контрольном варианте (0,87 т/га) без применения удобрений, наибольшей – при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ (4,77 т/а). Как следствие, низкая урожайность клевера лугового получена в вариантах с высокими дозами удобрений (2,45 т/га), поскольку максимальной она была при отсутствии минеральных удобрений под покровную культуру (7,12 т/га). С точки зрения качества полученного урожая клевера, выделился вариант с внесением $N_{30}P_{30}K_{30}$ под ячмень, обеспечивающий получение сена первого класса качества согласно ГОСТ Р 55452-2013 по содержанию сырого протеина (149-157 г/кг) и сырой клетчатки (193-242 г/кг).

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий, урожайность, агрохимическая характеристика, качество урожая

Введение. Применение минеральных удобрений – необходимый прием обеспечения высокой урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции [1, 2, 3]. Грамотное внесение минеральных удобрений обеспечивает сохранность и повышение плодородия путем улучшения агрохимических показателей почвы [4, 5, 6]. Длительные стационарные опыты с органическими, минеральными, органоминеральными, микроудобрениями позволяют получать новые знания об их влиянии при ежегодном применении на урожайность

полевых культур, об изменении важнейших агрохимических показателей плодородия, экологической обстановке в агрофитоценозе, о балансе элементов питания растений [7, 8, 9, 10, 11]. Клевер луговой как полевая культура обладает важнейшим свойством – активной симбиотической фиксацией азота из атмосферы, что может способствовать полной или частичной замене применения минеральных удобрений под следующую культуру [12, 13, 14]. Разработка высокоэффективных, экологически безопасных систем применения агрохи-

мических средств, несомненно, является актуальной, так как большое значение, согласно Стратегии научно-технологического развития России, приобретает обеспечение продовольственной безопасности и независимости нашей страны, конкурентоспособности получаемой продукции, снижения рисков в агропродовольственном комплексе.

Цель исследований – изучение влияния длительного применения возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и качество ярового ячменя и их последствие на урожайность и качество клевера лугового.

Методика. В 1972-1974 гг. нашими предшественниками был заложен в трёх закладках стационарный опыт в рамках Географической сети опытов с минеральными удобрениями и агрохимическими средствами. Почва опытного участка сформирована на элювии пермских глин и представляет собой типичную для региона среднесуглинистую дерново-подзолистую. Из полной факториальной схемы, включающей 216 возможных вариантов, была использована выборка, которая содержит 54 варианта в двухкратной повторности опыта. За единицу доз азотных (аммиачная селитра), фосфорных (двойной суперфосфат) и калийных (калий хлористый) удобрений под зерновые культуры приняты следующие величины: N_{30} , P_{30} , K_{30} . Клевер луговой использует последствие минеральных удобрений, внесённых под покровную (предшествующую) культуру. Известковые материалы, различные виды органических удобрений в опыте никогда не применялись и не изучались.

Зернопаротравяной севооборот в опыте состоит из чистого пара под озимую рожь, ячменя с подсевом клевера, собственно клевера, яровой пшеницы и овса. За период с 1972 по 2018 гг. закончилось семь ротаций севооборота, в данный момент идет восьмая ротация. Агротехника в опыте – общепринятая для Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Минеральные удобрения вносились вручную вразброс перед проведением предпо-

севной культивации КПС-4 под яровой ячмень. Учет урожая сплошной, поделяночным способом, ячменя ярового сорт Новичок – с помощью комбайна Сампо 500, клевера лугового тетраплоидного двуукосного сорт Ратибор – с помощью косилки МФ-73. В почвенных образцах определяли потенциметрически (ГОСТ 26483-85) обменную кислотность, выявляли по методу Тюрина в модификации Никитина (ГОСТ 26213-91) содержание органического вещества (гумуса), определяли по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91) содержание фосфора колориметрически на КФК-2, калия – на пламенном фотометре FLAPHO-4. Содержание сырого протеина и сырой клетчатки в сухом веществе клевера лугового определяли на приборе INFRAMATIC. Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного и регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Погодные условия в годы проведения исследований были достаточно благоприятными для полевых культур. За период вегетации клевера лугового и ячменя ярового выпало от 242 (2022 г.) до 290 мм (2020 г.) осадков. Сумма эффективных температур к уборке урожая клевера лугового достигала 475-616 °С, выделяется по данному показателю 2021 год – 767 °С.

Отбор почвенных проб перед закладкой опыта выявил следующие агрохимические свойства почвы пахотного слоя: содержание гумуса 1,5 %, pH – 4,80; содержание подвижного фосфора – 46 мг/кг почвы, обменного калия – 160 мг/кг почвы. Уровень кислотности почвы от длительного применения возрастающих доз удобрений к началу восьмой ротации севооборота существенно повысился на 0,25-0,50 единиц pH (таблица 1). Особенно заметно повышение кислотности в тех вариантах, где вносили аммиачную селитру. Так, при внесении только селитры N_{60} или N_{120} повышение уровня pH 0,37-0,4 единиц, при совместном внесении селитры и двойного суперфосфата $N_{60}P_{60}$ или $N_{120}P_{120}$ – 0,29-0,50 единиц pH.

Таблица 1

Основные агрохимические свойства пахотного слоя почвы в начале восьмой ротации севооборота

Дозы удобрений	pH, ед.	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	K ₂ O, мг/кг почвы	Гумус, %
N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)	4,82	65,5	171,8	1,96
N ₆₀	4,45	47,0	174,9	2,06
P ₆₀	4,69	122,1	184,5	2,15
K ₆₀	4,79	87,1	222,7	2,01
N ₆₀ P ₆₀	4,53	122,7	181,5	2,08
N ₆₀ K ₆₀	4,54	46,3	220,6	2,19
P ₆₀ K ₆₀	4,69	119,1	204,6	1,98
N ₁₂₀	4,42	58,8	169,8	2,00
P ₁₂₀	4,56	199,5	182,9	2,15
K ₁₂₀	4,67	60,2	259,7	2,05
N ₁₂₀ P ₁₂₀	4,32	151,6	163,6	2,18
N ₁₂₀ K ₁₂₀	4,72	84,6	255,9	2,13
P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,72	203,9	253,2	2,19
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,57	88,3	210,1	2,08
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,57	106,3	197,8	2,02
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,59	187,4	233,5	2,18
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,57	156,0	227,7	2,10
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	4,46	201,0	247,6	2,15
HCP ₀₅	0,24	54,6	33,3	Fф<Fт

В вариантах с хлористым калием подкисление почвы отмечается только в случае совместного внесения с аммиачной селитрой и двойным суперфосфатом на 0,25-0,46 единиц pH. Относительно первоначального значения уровня кислотности во всех изучаемых вариантах отмечено подкисление почвы, кроме контрольного, без применения удобрений.

Содержание подвижного фосфора с 1972 г. увеличилось во всех изучаемых вариантах на 0,3-157,9 мг/кг почвы. Наименьшим увеличением было при внесении N₆₀ и N₆₀K₆₀ – 0,3-1,0 мг/кг почвы, наибольшим – при внесении P₁₂₀K₁₂₀ и N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ – 155-157,9 мг/кг почвы. Относительно контроля без применения удобрений существенное увеличение содержания подвижного фосфора обеспечили все варианты, где применялись возрастающие дозы двойного суперфосфата, на 56,6-138,4 мг/кг почвы. Исключение составили P₆₀K₆₀, N₃₀P₃₀K₃₀ и N₆₀P₆₀K₆₀, здесь повышение отмечено в пределах ошибки опыта. Несущественное снижение на 5,3-19,2 мг/кг почвы содержания подвижного фосфора наблюдается в вариантах без применения двойного суперфосфата.

Содержание обменного калия возросло на 3,6-99,7 мг/кг почвы по всем изучаемым вариантам относительно первоначального значения. По сравнению с контрольным вариантом без применения удобрений существенный рост этого показателя на 38,3-87,9 мг/кг почвы отмечен в вариантах, где вносили K₆₀ или K₁₂₀. Несущественное снижение на 2,0-8,2 мг/кг почвы содержания обменного калия было в вариантах N₁₂₀ и N₁₂₀P₁₂₀.

С начала закладки опыта за прошедшие 46 лет наблюдается увеличение содержания гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой почвы на 0,46-0,69 %. При этом независимо от доз и соотношений минеральных удобрений разница между вариантами незначительна. Относительно контрольного варианта, где гумуса содержится 1,96 %, прибавка содержания составляет от 0,02 % в варианте P₆₀K₆₀ до 0,23 % в вариантах N₆₀K₆₀ и P₁₂₀K₁₂₀. Таким образом, внесение возрастающих доз минеральных удобрений в течение длительного периода времени приводит к увеличению почвенной кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия, гумуса.

Урожайность покровной культуры (ячменя ярового) с увеличением доз минеральных удобрений в 2019 году возрастала, и при

внесении по 150 кг/га д.в. аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия составила 5,22 тонн зерна с 1 гектара (таблица 2). Как следствие, урожайность под-

покровной культуры клевера лугового с увеличением доз минеральных удобрений в 2020 году снижалась и составила при внесении N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ под ячмень всего 2,49 т/га сухого вещества.

Таблица 2

Урожайность полевых культур

Дозы удобрений	Урожайность зерна ячменя, т/га			Урожайность сухого вещества клевера, т/га		
	2019 г.	2020 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	среднее
N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)	0,28	1,46	0,87	7,97	6,26	7,12
N ₆₀	2,44	2,20	2,32	6,78	4,38	5,58
P ₆₀	1,35	1,81	1,58	6,93	6,12	6,53
K ₆₀	0,82	1,59	1,21	6,71	6,75	6,73
N ₆₀ P ₆₀	3,48	2,70	3,09	6,52	4,59	5,55
N ₆₀ K ₆₀	2,28	2,60	2,44	6,85	6,27	6,56
P ₆₀ K ₆₀	2,12	1,70	1,91	7,57	5,15	6,36
N ₁₂₀	2,76	3,12	2,94	4,78	5,42	5,10
P ₁₂₀	2,41	2,03	2,22	7,64	6,39	7,02
K ₁₂₀	0,78	1,62	1,20	7,69	4,34	6,02
N ₁₂₀ P ₁₂₀	3,78	3,40	3,59	5,39	5,02	5,21
N ₁₂₀ K ₁₂₀	3,22	3,19	3,21	6,44	4,50	5,47
P ₁₂₀ K ₁₂₀	2,70	2,67	2,69	7,15	6,80	6,97
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,54	1,95	2,25	6,63	5,68	6,16
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,07	2,75	3,41	5,52	5,28	5,40
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,43	3,17	3,80	5,08	5,23	5,16
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,98	4,55	4,77	4,69	3,10	3,89
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	5,22	3,98	4,60	2,49	2,42	2,45
HCP ₀₅	0,62	0,74	1,09	2,2	1,2	1,6

Установлена сильная отрицательная корреляционная зависимость урожайности клевера лугового от урожайности покровной культуры ($r = -0,80$). Наибольшая урожайность зеленой массы клевера получена при внесении под ячмень 120 кг/га д.в. хлористого калия (39,9 т/га) или по 60 кг/га д.в. двойного суперфосфата и хлористого калия (39,4 т/га).

В 2021 г. также выявлена отрицательная корреляционная зависимость урожайности клевера лугового от урожайности ячменя ($r = -0,73$). Урожайность ячменя в 2020 г. с увеличением доз минеральных удобрений возрастала, но при этом в контрольном варианте и в варианте с внесением N₃₀P₃₀K₃₀ различия были в пределах ошибки опыта. Тенденция предыдущих лет исследований сохранилась: при внесении максимальной дозы удобрений N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ урожайность ячменя как покровной культуры была наибольшей (3,98 т/га), подпокровного клевера лугового – наименьшей (2,42 т/га сухого вещества). Наибольшую

урожайность сена клевера обеспечил вариант P₁₂₀K₁₂₀ – 6,80 т/га.

В среднем за два года урожайность ячменя в контрольном варианте была равна 0,87 т/га, в варианте с максимальной дозой удобрений – 4,60 т/га, наибольшая при внесении N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ – 4,77 т/га. Урожайность сухого вещества клевера без внесения удобрений под ячмень составила 7,12 т/га, в варианте N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ – 2,45, при внесении P₁₂₀K₁₂₀ она была практически на уровне контроля и составила 6,97 т/га. Регрессионный анализ показал, что на урожайность клевера лугового влияло в большей степени последствие азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных как в 2020 году ($Y=39,8-4,03x$, $R^2=0,88$), так и в 2021 году ($Y=33,6-2,19x$, $R^2=0,89$).

В соответствии с ГОСТ Р 55452-2013 сено сеяных бобовых трав первого класса должно содержать более 150 г/кг сухого вещества сырого протеина и менее 270 г/кг сырой клетчатки, второго класса – 150-130 г/кг сырого протеина и 270-280 г/кг сырой клетчатки,

третьего класса – 130-120 г/кг сырого протеина и 280-300 г/кг сырой клетчатки. В наших исследованиях в 2020 году в основных изучаемых вариантах по содержанию сырого протеина получено сено второго класса, по содержа-

нию сырой клетчатки – первого класса (таблица 3). Исключение по содержанию сырого протеина составили контрольный вариант (127 г/кг, 3 класс качества) и внесение N₃₀P₃₀K₃₀ (157 г/кг, 1 класс качества).

Таблица 3

Содержание сырого протеина и сырой клетчатки в сухом веществе клевера лугового, г/кг

Дозы удобрений	Содержание сырого протеина		Содержание сырой клетчатки	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)	127	122	251	240
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	157	149	193	242
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	135	129	227	261
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	135	128	232	255
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	142	135	225	288
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	133	130	209	295
НСР ₀₅	1,3	2,9	F _ф <F _т	32,0

В 2021 году варианты с внесением под покровную культуру удобрений в дозе N₃₀P₃₀K₃₀, N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀, N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ обеспечили 2 класс качества сена клевера по содержанию сырого протеина, в остальных получен 3 класс качества. По содержанию сырой клетчатки все изучаемые варианты, кроме N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ и N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀, обеспечили получение сена 1 класса качества.

Таким образом, за два (2019, 2020) года исследований выделяется вариант с внесением N₃₀P₃₀K₃₀ под ячмень как покровную культуру, обеспечивающий получение сена клевера лугового первого класса качества по содержанию сырого протеина и сырой клетчатки.

Выводы. Проведенные в длительном стационарном опыте исследования показали, что введение в севообороты клевера лугового, являющегося культурой, сохраняющей и улучшающей почвенное плодородие, позволит снизить экологическую нагрузку в агрофитоценозах. В исследованиях с длительным применением доз минеральных удобрений выделяется вариант с внесением N₃₀P₃₀K₃₀ под ячмень как покровную культуру, обеспечивающий получение сена клевера лугового первого класса качества по содержанию сырого протеина и сырой клетчатки.

Список источников

1. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 300 с.
2. Jones J. L., Allen E.J. Development in barley (*Hordeum sativum*). The Journal of Agricultural Science. 1986. Vol. 107(1). Pp. 187-213.
3. Procházková B., Málek J., Dovrtěl J. Effect of different straw management practices on yields of continuous spring barely. Plant Soil Environ. 2002. Vol. 48. Pp. 27-32.
4. Андропова Т.М., Замяткина Л.Е., Астафьева В.П. Влияние основных видов органических, минеральных удобрений и их сочетаний при длительном применении на продуктивность севооборота, свойства почвы и качество продукции / Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. Тр. ВИУА, вып. 1. М., 1976. С. 76-83.
5. Барсуков П.А. Влияние длительного применения удобрений на баланс и трансформацию азота в дерново-подзолистой почве: автореф. дис. ...канд. биол. наук. 06.01.04. Новосибирск, 1991. - 18 с.
6. Ruchkina A., Ushakov R., Golovina N., Aseev V., Bobrakov F. Prospects for the development and use of a clay-nitrogen mixture as a fertilizer. E3S Web of Conferences 222, 02043 (2020).
7. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 267 с.
8. Гамзиков Г.П., Барсуков П.А. Баланс азота при длительном применении удобрений в агроценозах на дерново-подзолистой почве // Агрохимия. 1997. № 9. С. 5-10.
9. Гамзиков Г.П. Состояние и перспективы исследований в длительных стационарных опытах с удобрениями в Сибири // Длительное применение удобрений. Агрохимические, агрономические и экологические аспекты. V Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения, посвящ. 145-летию со дня рождения Д.Н. Прянишникова: матер. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 12-16 июля 2010 г.). Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2011. С.32-46.

10. Гамзиков Г.П., Дмитриев Н.Н., Мальцев В.Т., Дьяченко Е.Н. Длительное применение удобрений и известки в плодосменном севообороте на серой лесной почве Прибайкалья // Плодородие. 2014. № 6 (81). С. 25-26.

11. Ямалтдинова, В. Р. Влияние длительного применения систем удобрений на агрохимические и биологические показатели дерново-подзолистой почвы среднего Предуралья / В. Р. Ямалтдинова, Н. Е. Завьялова, М. Г. Субботина // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 3(27). – С. 95-102.

12. Фигурин В.А. Выращивание многолетних трав на корм. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2013.188 с.

13. Фигурин В.А., Кислицына А.П. Повышение продуктивности многолетних трав на дерново-подзолистых кислых почвах // Пермский аграрный вестник. 2022. № 2 (38). С. 91.

14. Бортник Т. Ю., Клековкин К. С., Карпова А. Ю. Продуктивность звена "ячмень + клевер - клевер 1 и 2 года пользования" при возделывании по последствию различных систем удобрения // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2(38). – С. 57-64.

CULTIVATION OF MEADOW CLOVER IN A LONG-TERM STATIONARY EXPERIMENT WITH FERTILIZERS

©2023. Fedor A. Popov^{1✉}, Lyudmila M. Kozlova², Evgenia N. Noskova³, Elena V. Svetlakova⁴

^{1,2,3,4}Federal Agricultural Research Center of the North-East, Kirov, Russia

¹zemledele_niish@mail.ru

Abstract. The experiment was conducted in 2019-2021 on sod-podzolic medium-carbonaceous soil formed on the eluvium of Perm clays, in a long-term stationary experiment with different doses of mineral fertilizers. The analysis of the soil agrochemical properties showed that the long-term use of mineral fertilizers increased the acidity of the arable layer by 0.25-0.50 pH units, the content of mobile phosphorus by 0.3-157.9 mg/kg of soil, exchanged potassium by 3.6-99.7 mg/kg of soil, humus by 0.46-0.69%. Regression analysis showed that the productivity of meadow clover was influenced to a greater extent by the effects of nitrogen fertilizers on the background of potassium and phosphorus, both in 2020 ($Y = 39.8 - 4.03x$, $R^2 = 0.88$) as in 2021 ($Y = 33.6 - 2.19x$, $R^2 = 0.89$). A strong negative correlation between the meadow clover yield and the cover crop yield was established ($r = 0.73; 0.80$). On average for two years, the lowest barley yield was in the control variant (0.87 t/ha) without the use of fertilizers, the highest one – with the application of $N_{120}P_{120}K_{120}$ (4.77 t/ha). Consequently, the lowest yield of meadow clover was obtained in variants with high fertilizer doses (2.45 t/ha), whereas the productivity was maximum in a variant without the use of mineral fertilizers for cover culture (7.12 t/ha). As for the quality of the obtained clover yield, we distinguished the variant with the application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ for barley, which ensured the production of hay of the first quality grade according to GOST R 55452-2013 in terms of the content of crude protein (149-157 g/kg) and crude fiber (193-242 g/kg).

Key words: sod-podzolic soil, ammonium nitrate, double superphosphate, potassium chloride, productivity, agrochemical indicators, yield quality

References

1. Trofimov S.S. EkologiyapochvipochvennyeresursyKemerovskojoblasti (Soil ecology and soil resources of the Kemerovo region). Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1975. 300 s.
2. Jones J. L., Allen E.J. Development in barley (*Hordeum sativum*). The Journal of Agricultural Science. 1986. Vol. 107(1). Pp. 187-213.
3. Procházková B., Málek J., Dovrtěl J. Effect of different straw management practices on yields of continuous spring barely. Plant Soil Environ. 2002. Vol. 48. Pp. 27-32.
4. Andronova T.M., Zamyatkina L.E., Astaf'eva V.P. Vliyanieosnovnyhvidovorganicheskikh, mineral'nyhudobrenijihsochetanijpridlitel'nomprimeneniinaproduktivnost' sevooborota, svojstvapochvyikachestvoprodukcii (The impact of the main types of organic, mineral fertilizers and their combinations on crop rotation productivity, soil properties and product quality when long-term used)/ Rezul'tatyissledovanij v dlitel'nyhopytah s udobreniyami po zonomstrany. Tr. VIUA, vyp. 1. M., 1976. S. 76-83.
5. Barsukov P.A. Vliyaniedlitel'nogoprimereniyaudobrenijnabalansitransformaciyuazota v dervno-podzolistojpochve (Influence of long-term use of fertilizers on the balance and transformation of nitrogen in sod-podzolic soil); avtoref. dis. ...kand. biol. nauk. 06.01.04. Novosibirsk, 1991. - 18 s.
6. Ruchkina A., Ushakov R., Golovina N., Aseev V. Bobrakov F. Prospects for the development and use of a clay-nitrogen mixture as a fertilizer. E3S Web of Conferences 222, 02043 (2020).
7. Gamzikov G.P. Azot v zemledeliiZapadnojSibiri (Nitrogen in agriculture in Western Siberia). M.: Nauka, 1981. 267 s.

8. Gamzikov G.P., Barsukov P.A. Balansazotapridlitel'nomprimeneniuidobrenij v agrocenozahnadernovo-podzolistojpochve (Nitrogen balance during long-term use of fertilizers in agrocenoses on soddy-podzolic soil) // Agrohimiya. 1997. № 9. S. 5-10.
9. Gamzikov G.P. Sostoyanieiperspektivyissledovanij v dlitel'nyhstacionarnyhopytah s udobreniyami v Sibiri (Status and prospects of research in long-term stationary experiments with fertilizers in Siberia) // Dlitel'noeprimeneniuidobrenij. Agrohimicheskie, agronomicheskieiekologicheskiespekty. V SibirskieagrohimicheskiePryanishnikovskiechteniya, posvyashch. 145-letiyu so dnyarozhdeniya D.N. Pryanishnikova: mater. nauch.-prakt. konf. (Novosibirsk, 12-16 iyulya 2010 g.). Ros-sel'hozakademiya. Sib. otd-nie. Novosibirsk, 2011. S.32-46.
10. Gamzikov G.P., Dmitriev N.N., Mal'cev V.T., D'yachenko E.N. Dlitel'noeprimeneniuidobrenijizvesti v plodosmen-nomsevooborotenaserojlesnojpochvePribajkal'ya (Long-term use of fertilizers and lime in crop rotation on the gray forest soil of the Pribaikalie) // Plodorodie. 2014. № 6 (81). S. 25-26.
11. (The influence of long-term use of fertilizer systems on the agrochemical and biological parameters of sod-podzolic soil in the Middle Preduralie)
12. Figurin V.A. Vyrashchivaniemnogoletnihtravnakorm (Growing perennial grasses for feed). Kirov: NIISKH Severo-Vostoka. 2013.188 s.
13. Figurin V.A., Kislicyna A.P. Povyshenieproduktivnostimnogoletnihtravnadernovo-podzolistyhkislyhpochvah (Increasing the productivity of perennial grasses on sod-podzolic acidic soils) // Permskijagrarnyjvestnik. 2022. № 2 (38). S. 91-98.
14. Bortnik T.YU., Klekovkin K.S., Karpova A.YU. Produktivnost' zvena "yachmen' + klever - klever 1 i 2 goda pol'zovaniya" pri vozdeleyvanii po posledejstvuyu razlichnyh sistem udobreniya (The productivity of the link "barley + clover - clover of the 1st and 2nd years of use" when cultivating according to the aftereffect of various fertilizer systems)/, T. YU. Bortnik, Permskij agrar-nij vestnik, 2022, No 2(38), pp. 57-64.

Сведения об авторах

Ф.А. Попов¹ – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

Л.М. Козлова² – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник;

Е.Н. Носкова³ – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

Е.В. Светлакова⁴ – младший научный сотрудник.

^{1,2,3,4}Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, г. Киров, Россия

Information about the authors

F.A. Popov¹ –Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

L.M. Kozlova –Dr. Agr. Sci, Leading Researcher;

E.N. Noskova –Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

E.V. Svetlakova –Junior Researcher.

^{1,2,3,4}Federal Agricultural Research Center of the North-East, 166a, Lenina Street, Kirov, 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 13.02.2023; одобрена после рецензирования 23.03.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 13.02.2023; approved after reviewing 23.03.2023; accepted for publication 05.06.2023.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СОРНОГО КОМПОНЕНТА И ИНФИЦИРОВАННОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗА ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

©2023. Леонид Витальевич Юшкевич¹, Александр Григорьевич Щитов²,

Денис Николаевич Ющенко^{3✉}, Артем Сергеевич Бутко⁴

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

¹yushchenko@anc55.ru

Аннотация. Высокая степень засоренности и инфицированность агрофитоценоза, замыкающей культуры полевых севооборотов – ячменя, занимающего в Омской области более 300 тыс. га – один из главных факторов значительного недобора зерна от его потенциальной урожайности. Исследования проведены в стационарных опытах Омского аграрного научного центра в 2004-2020 гг. Почва лугово-чернозёмная тяжелосуглинистая, с содержанием гумуса до 7 - 8 %. Установлено, что степень и видовой состав сорного компонента, инфицированность растений ячменя формируются интенсивностью обработки почвы и средствами химизации. Повышенная засоренность посевов ячменя по биомассе (634 г/м², 45,1 %) формируется на экстенсивной технологии при минимальной обработке почвы. Сопряженность засоренности посевов ячменя с урожайностью культуры имеет отрицательную направленность – до 53-74 %, что способствует снижению продуктивности культуры на 26,3 - 35,8 %. Интенсивная технология выращивания способствует нарастанию биомассы ячменя в 2,5 раза (2061 г/м²), снижению численности и биомассы сорного компонента агрофитоценоза в 3,5 раза (до 12,4 %) и повышению урожайности зерна до 3,13 - 3,44 т/га при различии между комбинированной и минимально-нулевой обработкой 0,27 - 0,32 т/га (8,6 - 9,4 %), с мелкой плоскорезной – до 0,10 - 0,19 т/га (3,2 - 5,6 %), что расширяет возможности применения минимальной обработки зональных черноземных почв.

Ключевые слова: ячмень, засоренность агрофитоценоза, видовой состав, инфекции, обработка почвы, средства интенсификации, сопряженность, урожайность зерна

Введение. В мировом земледелии ячмень возделывается на площади более 90 млн га, занимая 4 место по посевам и сборам зерна после пшеницы, кукурузы и риса. В России ячмень – ценная продовольственная и техническая культура, возделывается на площади 9 млн га, составляя почти четверть зернового клина, в Западной Сибири – 1,2 млн га. Российская Федерация занимает 1-е место в мире по производству (18–20 млн тонн) и экспорту (до 5–6 млн тонн) ячменя, в том числе пивоваренных сортов [1,2]. В сложных почвенно-клима-

тических условиях Омской области яровой ячмень в 2021 г., в основном селекции Омского АНЦ, возделывался на площади 311 тыс. га, в южной лесостепи – 117 тыс. га (38 %), занимая второе место после посевов пшеницы (1,44 млн га). До 35 - 40 % посевов культуры занимают сорта пивоваренного направления.

В настоящее время площадь посева ячменя в Сибирском ФО составляет 13,5 %, валовые сборы зерна – 11,3 % от общей площади (3–4 место в России), что в 2,0 – 2,5 раза меньше необходимой потребности в связи с

низкой продуктивностью культуры. Так, в засушливом 2021 году урожайность зерна ячменя в области составила 1,58 т/га, в южной лесостепи – 1,72 т/га, что не соответствует почвенно-климатическим ресурсам территории. Главная причина – преобладание экстенсивных агротехнологий, ограниченное применение удобрений (менее 15 кг/га д.в.), высокая засоренность и инфицированность агроценозов, засушливость климата [3-5].

По оценке ученых Омской станции защиты растений, площадь пашни, засоренной в средней и сильной степени, составляет в регионе около 3 млн га, корнеотпрысковыми – 1 млн га, мятликовыми (злаковыми) – 1,2 млн га. Повсеместно преобладают двудольные малолетние сорняки (ширицы, горцы, пикульники, гречишки, смолевки и другие). В агроценозе посевов зерновых культур, в том числе и ячменя, повсеместно распространены более 10 - 15 видов сорняков, из 3 - 4 доминирующих, что во многом способствует потерям 400-500 и более тыс. тонн зерна [6,7].

В преобладающих в регионе зернопаровых севооборотах наблюдается устойчивая тенденция повышения сорного компонента в посевах к замыкающему полю, обычно ячмень, при почвозащитных обработках почвы и продвижении к агроландшафтам северной лесостепной почвенно-климатической зоны. Так, засоренность замыкающей культуры ячменя на плоскорезной обработке относительно пшеницы по пару в степной зоне возрастает (по удельной биомассе) с 10,8 до 24,5 % (в 2,3 раза), в южной лесостепи – с 17,4 до 29,9 % (в 1,7) и северной лесостепи – с 21,1 до 37,7 % (в 1,8 раза). Внесение удобрений способствует нарастанию засоренности агрофитоценоза, так как сорняки обладают более высокой конкурентной способностью в усвоении элементов питания, особенно азота и ограниченных водных ресурсов, при снижении почвенного плодородия на ячмене [8,9].

Цель исследований – выявить агроэкологические особенности формирования сорного компонента, инфицированности агрофитоценоза, продуктивности замыкающей культуры

зернопарового севооборота ячменя в зависимости от агротехнологии возделывания в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири.

Методика. Стационарные опыты заложены на полях Омского АНЦ в зернопаровом пятипольном севообороте (пар - 3 пшеницы - ячмень) в 2004 - 2020 гг. Урожайность и выход зерна с 1 га пашни приведен за 34 года наблюдений. Почвенный покров – лугово-черноземный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса до 7-8 %.

Стационарный 2-факторный опыт под ячмень включал 4 системы обработки почвы в севообороте под замыкающую культуру зернопарового севооборота (фактор А) – ячмень (отвальная, комбинированная (через год отвальная и плоскорезная обработка), плоскорезная на глубину 10 - 14 см, минимально – нулевая), в паровом поле – летняя культивация на глубину до 8 - 10 см, в остальных полях, в том числе и под ячмень – нулевая обработка.

Фактор В – средства химизации включали: 1. Контроль (без химизации) 2. Система гербицидов (дикотициды + граминициды) 3. Система гербицидов и удобрений (N30 P30) 4. Система комплексного применения удобрений, гербицидов, фунгицидов. Агротехника – принятая в лесостепной зоне. Повторность опыта – 4-кратная [10].

В лесостепной почвенно-климатической зоне вегетационный период – 162-165 суток, сумма температур более 10⁰С – 2000 - 2100⁰С, осадки – 370 - 420 мм, за вегетацию – 160 - 210, ГТК – 1,05-1,10.

Результаты. Наблюдениями установлено, что формирование биомассы и видового состава сорного компонента в посевах ячменя во многом зависит от интенсивности обработки лугово – черноземной почвы и применения средств интенсификации. Выявлена устойчивая закономерность повышения засоренности агрофитоценоза от отвальной к нулевой обработке почвы как по биомассе (в среднем по вариантам до 468 г/м²), так и по удельной биомассе (до 28,6 %) или в 1,3-1,6 раза (таблица 1.).

Таблица 1

Влияние агротехнологии возделывания ячменя на засоренность агрофитоценоза, 2004 - 2020 гг.

Обработка почвы (А)	Вариант химизации (В)						Среднее по А	
	без химизации		гербициды		комплексная химизация			
	г/м ²	от биомассы, %	г/м ²	от биомассы, %	г/м ²	от биомассы, %	г/м ²	от биомассы, %
Отвальная	504	31,5	281	14,5	222	9,0	369	18,3
Комбинированная	616	41,8	272	14,3	253	10,3	380	22,1
Плоскорезная	557	47,2	361	19,1	312	13,8	410	26,7
Нулевая	634	45,1	412	24,2	357	16,4	468	28,6
Среднее по В	578	41,4	332	18,0	286	12,4		

В целом, по вариантам применения средств интенсификации закономерность повышения засоренности агрофитоценоза ячменя от отвальной и комбинированной до нулевой обработки почвы сохраняется как по численности (на 23 – 27 %), так и по биомассе агрофитоценоза – с 18,3-22,1 до 28,6 % или в 1,3 – 1,6 раза. Выявлено, что в видовом составе сорного компонента преобладают злаковые (*Panicum miliaceum* ssp., *Echinochloa crus-gali* L., *Avena fatua* L), на варианте без химизации –

двудольные корнеотпрысковые (*Sonchus arvensis* L., *Convolvulus arvensis* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. May) –(таблица 2).

Систематическая (более 20 лет) обработка посевов гербицидами (дикотициды + граминициды) повышала биомассу культуры до 1543 г/м² (в 1,9 раза) и способствовала снижению биомассы сорного компонента в посевах ячменя в среднем по фактору обработки в 2,4 раза, т.е. до 18 - 20%, (таблица 2).

Таблица 2

Видовой состав сорняков в посевах ячменя, 2004 - 2020 гг.

Обработка почвы (А)	Биомасса культуры, г/м ²	Засоренность						Биомасса сорного компонента, %
		шт./м ²			г/м ²			
		всего	двудольные	мятликовые	всего	двудольные	мятликовые	
Без химизации (контроль)	806	174	56	118	310	438	172	43,1
Удобрения	1402	192	33	159	767	376	391	33,8
Гербициды	1543	161	14	147	342	58	284	18,1
Интенсивная технология	2061	79	10	69	276	52	224	11,8
Среднее	1453	152	28	124	474	231	243	24,6
НРС ₀₅	152	49	9	41	122	83	126	6,0
Коэффициент корреляции с урожайностью R _{крит.} =0,95	0,98	-0,57	-0,90	-0,26	-0,72	-0,85	0,12	-0,97

Оптимизация питательного режима почвы приводит к нарастанию численности и биомассы сорного компонента в агрофитоценозе ячменя на 10,3 - 25,7 %. Наблюдениями установлено, что на удобренной почве конкуренция между сорняками и культурой возрастает в основном за азот и калий и менее – за

фосфор. При дефиците водных ресурсов в засушливых агроландшафтах, изреженных посевах зерновых культур засоренность агрофитоценоза, как правило, возрастает [11, 12].

Интенсивная технология способствует улучшению корневого питания ячменя, подавлению сорного компонента и инфицированно-

сти агрофитоценоза, что способствует нарастанию биомассы культуры в 2,5 раза (2061 г/м^2), снижению численности и биомассы сорняков в 3,5, т.е. раза до 12,4 %. Подавление численности и видового состава сорного компонента в посевах ячменя проявляется также в смене видов: более чувствительных к гербицидам на более устойчивые (*Poligonum convolvulus* L., *Galeopsis Ladanum* L. и другие).

Многолетние наблюдения показали, что повышенная засоренность агрофитоценоза, дефицит элементов питания, конкуренция за ограниченные водные ресурсы приводят к снижению продуктивности ячменя. Установлено, что согласно коэффициенту корреляции, связь урожайности замыкающей культуры севооборота – ячменя с засоренностью посевов культуры имеет закономерно отрицательную направленность. Выявлено, что наибольшая сопряженность культуры проявляется с численностью и биомассой двудольных сорняков, достигающих 53% - 74 %.

Почвенные (корневые) инфекции являются наиболее вредоносными для зерновых культур, ежегодные потери зерна от них в Зауралье достигают 15 - 20 % и более, в Западной Сибири не опускаются ниже 30 - 40 % [13,14].

При минимизации обработки почвы заселенность пахотного слоя конидиями возбудителя корневой гнили – повышается, по сравнению с ежегодной вспашкой, в 2 - 3 раза, а в нижнем подповерхностном слое, наоборот, снижается в 1,5 - 2 раза, что во многом согласуется с распределением и количеством инфицированных пожнивных остатков.

Длительными наблюдениями установлено, что развитие корневой гнили в фазу кущения на посевах ячменя превышало порог вредоносности и достигало 10,2 %, что было

выше, чем на первом, втором и третьем севооборотах пшеницы после пара в 1,7 - 2 раза (4,8 - 6,1 %), при усилении распространения инфицированности растений с 49 - 54 до 67%.

Применение комплексной химизации на посевах ячменя способствовало, в среднем по вариантам, снижению развития инфекции с 11,1 до 8,9 % (на 19,8 %). Установлено, что в засушливые годы численность конидий – возбудителя корневой гнили в течение вегетации культуры при отвальной обработке возрастает, а при почвозащитной минимальной – снижается. В более влажные вегетационные периоды отмечается обратная закономерность: на отвальной обработке заселенность почвы патогенами снижается, а при минимальной обработке – возрастает, что коррелирует с количеством антагонистических групп микроорганизмов в различные по увлажнению годы [13, 14, 15].

Установлено, что посеvy ячменя поражаются листостебельными инфекциями меньше, чем яровая пшеница, однако снижение продуктивности культуры достигает 0,2 - 0,3 т/га [16]. Из листостеблевых инфекций поражение посевов сетчатой пятнистостью (*Drechslera teres* Ito) наблюдалось за все годы исследований, другие болезни верхнего яруса листьев носили спорадический характер. Наиболее сильное развитие инфекции, как правило, наблюдается во время цветения и налива зерна, что приводит к быстрому некрозу, усыханию листового аппарата, снижению массы зерна, (таблица 3).

Развитие сетчатой пятнистости верхнего яруса листьев было выше порога вредоносности (в среднем 17,3 %) и практически не различалось по вариантам обработки почвы. Существенное влияние на развитие инфекций на ячмене оказало применение средств интенсификации [17].

Развитие и распространение листовых болезней в посевах ячменя в зависимости от средств химизации и приемов обработки почвы, %, среднее за 6 лет

Средства химизации	Обработка почвы	Развитие			Распространение		
Контроль	отвальная	19,8	3,9	9,1	92	34	75
	комбинированная	25,0	5,1	14,2	88	31	80
	плоскорезная	19,6	6,3	9,1	80	33	70
	минимальная	22,2	7,5	12,2	86	21	75
Удобрения, гербициды	отвальная	21,4	4,7	10,3	88	35	72
	комбинированная	16,7	2,2	9,6	76	22	75
	плоскорезная	21,3	3,0	8,1	86	30	69
	минимальная	17,6	2,4	9,8	86	24	76
Удобрения, гербициды, фунгициды	отвальная	10,0	1,6	6,0	66	17	77
	комбинированная	10,5	1,0	6,9	60	17	76
	плоскорезная	11,5	1,2	4,7	69	16	76
	минимальная	12,7	1,2	6,2	72	18	68
Среднее		17,3	3,4	8,8	79	25	74
Средства химизации	Контроль (без химизации)	21,6	5,7	11,1	87	30	75
	удобрения, гербициды	19,2	3,1	9,4	84	28	73
	удобрения, гербициды, фунгициды	11,2	1,2	6,0	67	17	74
НСР₀₅ =		3,2	1,6	1,5	5,3	4,6	Ff<Ft
Обработка почвы	отвальная	17,0	3,4	8,5	82	29	75
	комбинированная	17,4	2,7	10,2	75	23	77
	плоскорезная	17,5	3,5	7,3	78	27	72
	минимальная	17,5	3,7	9,4	81	22	73
НСР₀₅ =		Ff<Ft	Ff<Ft	1,7	Ff<Ft	5,3	Ff<Ft

Так, на варианте с применением удобрений и гербицидов развитие комплекса инфекций уменьшилось на 11 - 46 % при незначительном снижении распространения болезней. Комплексное использование средств интенсификации с применением фунгицидов, снижало развитие сетчатой пятнистости до 11,2 % (в 1,9 раза), гельминтоспориоза – до 6,0 % (в 1,85) и ржавчины – до 1,2 % (в 4,8 раза), что оказало заметное влияние на продуктивность культуры.

На контрольном варианте (без средств химизации), в связи с повышением уровня засоренности агрофитоценоза, ухудшением питательного режима почвы, прежде всего нитратным азотом, комбинированная ресурсосберегающая обработка почвы превышает минимально-нулевую при крайне низкой продуктивности ячменя, на 0,27 т/га (32,5 % $НСР_{05(обработка)}=0,09$ т/га, $НСР_{05(по химизации)}=0,11$ т/га), рис. 1.

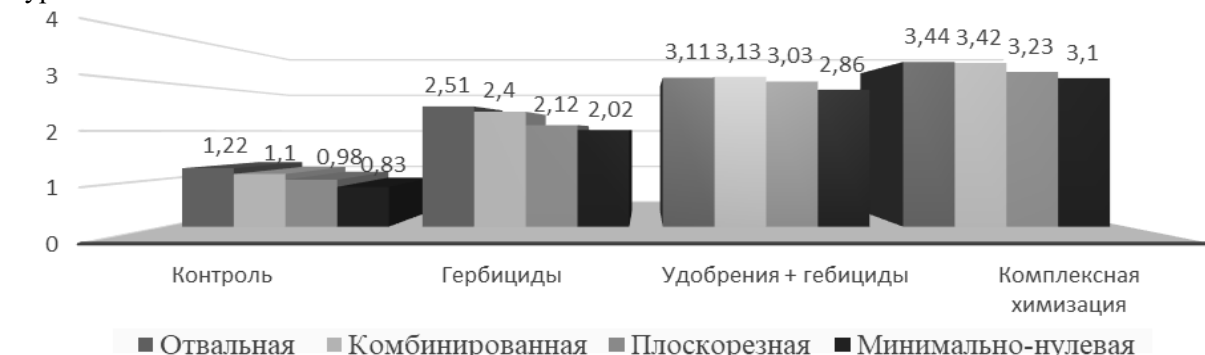


Рис 1. Урожайность зерна ячменя в зависимости от агротехнологии возделывания, т/га. Среднее 2004 - 2019 гг.

Fig. 1. Barley productivity depending on the agricultural technology of cultivation, t / ha. Average 2004 - 2019

При раздельном систематическом применении удобрений и гербицидов, повышении продуктивности зерна ячменя до 1,80 - 2,26 т/га, уменьшение продуктивности на минимально - нулевой обработке почвы относительно комбинированного варианта остается существенным – 0,38-0,40 т/га или 16-21 %. Применение удобрений, гербицидов и комплексной химизации (удобрения, гербициды, фунгициды) способствуют улучшению питания растений ячменя, снижению засоренности, инфицированности агрофитоценоза и увеличению продуктивности культуры до 3,13-3,44 т/га.

На данных вариантах агротехнологий возделывания ячменя различие между полевыми системами обработки почвы сглаживалось и составляло между ресурсосберегающей комбинированной и минимально-нулевой до 0,27-0,32 т/га (8,6-9,4 %), с мелкой (на глубину 10-14 см) плоскорезной обработкой – до 0,10-0,19 т/га или только 3,2-5,6 %. Следовательно, устранение лимитирующих факторов роста продуктивности ячменя в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири (питательный режим, засоренность, инфицированность агрофитоценоза) способствует существенному росту продуктивности ячменя и повышает агроэкономическую результативность минимизации обработки черноземных почв.

Выводы. Таким образом, формирование сорного компонента, видового состава, инфицированность растений ячменя в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири формируется и зависят от интенсивности обработки черноземных почв и средств химизации. Наиболее засоренные агрофитоценозы ячменя как по численности, так и по биомассе (634 г/м² – 45,1 %) формируются при экстенсивной агротехнологии с минимальной обработкой почвы. Систематическое (более 20 лет) применение гербицидов (дикотициды + граминициды) повышает биомассу культуры в 1,9 раза (1543 г/м²) и снижает биомассу сорного компонента в посевах ячменя в 2,4 раза. Интенсивная технология повышает биомассу культуры в 2,5 раза (2061 г/м²), снижает численность и биомассу сорняков в 3,5 раза (12,4 %). Подавление количества и видового состава сорного компонента в посевах ячменя проявляется также в смене видов: более чувствительных к гербицидам, на более устойчивые. Поражение растений ячменя корневыми гнилями в зернопаровом севообороте выше, чем у яровой пшеницы, в 1,7-2,1 раза. Интенсивная технология возделывания ячменя способствует улучшению фитосанитарного состояния агрофитоценоза, повышению продуктивности ячменя до 3,13-3,44 т/га, расширению агроэкологической целесообразности применения минимизации обработки зональных черноземных почв.

Список источников

1. Система адаптивного земледелия Омской области ФГБНУ «Омский АНЦ» Омск: Изд-во Махшеевой Е.А. 2020. 522 с.
2. Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Хасеинов Т.М. Ячмень яровой в орошаемых агроценозах лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. С. 35 - 37.
3. Аниськов Н.И., Поползухин П.В. Яровой ячмень в западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта). Омск: Вариант – Омск, 2010. 388 с.
4. Юшкевич Л.В., Штро Е.В. Пивоваренный ячмень в Омском Прииртышье: монография. Омск: ФГБНУ «Омский АНЦ», 2021. 156 с.
5. Макаров А.Р., Черепанов М.Е., Юшкевич Л.В. Ресурсы почвенной влаги в засушливом земледелии Западной Сибири // Омск, 1992. 146 с.
6. Снящего В.Е., Васильева Н.В. Фитосанитарная ситуация в зерновых агроценозах при минимизации обработки почвы: монография // Новосибирск: ФГБНУ СибНИИЗХ им. 2015. 138 с.
7. Ющенко Д.Н. Борьба с сорняками при возделывании пшеницы в зернопаровом севообороте по нулевой технологии // Сборник научных статей, посвященный 70-летию доктора сельскохозяйственных наук Юшкевича Леонида Витальевича. Омск, 2022. С. 154-164.
8. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Егорова А.Н., Штро Е.В. Совершенствование технологии возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2013. № 2. С. 26-28.
9. Юшкевич Л.В., Чибис В.В. Оптимизация полевых севооборотов и структура пользования пашни при возделывании яровой пшеницы в Омской области: рекомендации. Омск, 2020. 44 с.
10. Милащенко Н.З. Борьба с сорняками на полях Сибири/ Н.З. Милащенко. Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. 138 с.

11. Tivde B.V., Verem, Igbabul B.D., Eke M.O., Oladapo O.O. Proximate, Chemical and Function Properties of Wheat, Soy and Moringa Leaf Composite Flours // *Agricultural science* www.scirp.org/journal/as Google-based Impact Factor: 1.21, DOI: 10.4236/as.2021.121003 842 Downloads 2,764 Views
12. Юшкевич Л.В., Ершов В.Л., Щитов А.Г. Влияние агротехнологий на засоренность агрофитоценоза и продуктивность яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // *Вестник Омского ГАУ*. 2021. № 1 (41). С. 75 – 84.
13. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учетное – практическое пособие / под редакцией Е.Ю. Тороповой. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2017. 210 с.
14. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Юшкевич Л.В. Фитосанитарные последствия приёмов обработки почвы в лесостепи Западной Сибири // *Вестник Бурятской сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2012. №3 (28). С. 89 – 91.
15. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Юшкевич Л.В. Влияние агротехнологий на здоровые почвы и растений в лесостепи Омской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. №2. С. 44 – 45.
16. Gladkikh A., Rendov N., Nekrasova E., Mozyleva S. Change in the Agrophytocenosis of Hulless Barley Depending on the Elements of Cultivation Technology. // <https://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.200113.143>
17. Grebenschikov V.S., Kopylova, N.O., Tyutrin, V.V., Verkhoturov. (2020) Evaluation of technological and cereal qualities of grains of zoned barley varieties grown in Subtaigaiga zone of the Irkutsk region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 548:2, pages 022105.

INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGIES ON THE FORMATION OF THE WEED COMPONENT AND THE DEGREE OF CONTAMINATION OF AGROPHYTOCENOSIS OF BARLEY IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

©2023. Leonid V. Yushkevich¹, Alexander G. Shchitov², Denis N. Yushchenko^{3✉}, Artem S. Butko⁴
^{1,2,3,4}Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

¹yushchen-ko@anc55.ru

Abstract. High degree of contamination and infection of agrophytocenosis of barley as the last crop in field crop rotations, which occupies more than 300 thousand hectares in the Omsk region, is one of the main factors of a significant shortage of grain yield compared to its potential productivity. The research was carried out in stationary experiments of the Omsk Agricultural Research Center in 2004-2020. The soil is meadow–chernozem heavy loamy, with humus content up to 7-8%. It was found that that the degree and species composition of the weed component, infection of barley plants depend on the intensity of tillage and chemical means. Increased contamination of barley crops in biomass (634 g/m², 45.1%) is formed due to extensive technology with minimal tillage. The correlation of contamination of barley crops with crop yield has a negative tendency up to 53-74%, which contributes to a decrease in crop productivity by 26.3 - 35.8%. Intensive cultivation technology contributes to an increase in barley biomass by 2.5 times (2061 g/m²), a decrease in the amount and biomass of the weed component of agrophytocenosis by 3.5 times (up to 12.4%) and an increase in grain yield to 3.13 - 3.44 t/ha with the difference between combined and minimum-zero processing in 0.27 - 0.32 t/ha (8.6 - 9.4%), with shallow flat-cutting – up to 0.10 - 0.19 t/ha (3.2 - 5.6%), which expands the possibilities of applications of minimal treatment measures for zonal chernozem soils.

Key words: barley, contamination of agrophytocenosis, species composition, infections, tillage, means of intensification, correlation, grain yield

References

1. Sistema adaptivnogozemledeliyaOmskoyoblasti FGBNU «Omskiy ANT» (The system of adaptive agriculture of the Omsk region of the Omsk Federal State Budgetary Institution "Omsk ANC") Omsk: Izd-voMakhsheevoy E.A, 2020,522 p.
2. Boyko V.S., TimokhinA.Yu., Khaseinov T.M. Yachmen' yarovoy v oroshaemykhagrotsenozakhlesostepiZapadnoySibiri (Spring barley in irrigated agrocenoses of the forest-steppe of Western Siberia), *Zemledelic*,2016,No 3,pp. 35 - 37.
3. Anis'kov N.I., Popolzukhin P.V. Yarovoyyachmen' v zapadnoySibiri (selektsiya, semenovodstvo, sorta) (Spring barley in Western Siberia (breeding, seed production, varieties), Omsk: Variant, Omsk, 2010, 388 p.
4. Yushkevich L.V., Shtro E.V. Pivovarennyyachmen' v OmskomPriirtysh'e, monografiya (Malting barley in the Omsk Irtysh region, monograph), Omsk: FGBNU «Omskiy ANT», 2021, 156 p.

5. Makarov A.R., Cherepanov M.E., Yushkevich L.V. Resursypochvennoyvlagi v zasushlivomzemledeliiZapadnoySibiri (Soil moisture resources in arid agriculture of Western Siberia), Omsk, 1992, 146 p.
6. Sinyashchego V.E., Vasil'eva N.V. Fitosanitarnayasituatsiya v zernovykhagrotsenozakhpriminimizatsiiobrabotkipochny: monografiya (Phytosanitary situation in grain agrocenoses while minimizing soil treatment: monograph), Novosibirsk: FGBNU SibNIIZKhim, 2015, 138 p
7. Yushchenko D.N. Bor'ba s sornyakamiprivozdelyvaniipshenitsy v zernoparovomsevooborote po nulevoytekhologii (Weed control during wheat cultivation in grain-fallow crop rotation using zero-till technology), Sborniknauchnykhstatey, posvyashchennyy 70-letiyu doktorasel'skokhozyaystvennykhnaukYushkevicha Leonida Vital'evicha, Omsk, 2022. pp. 154-164.
8. Yushkevich L.V., Shchitov A.G., Egorova A.N., Shtro E.V. Sovershenstvovanietehnologiiivozdelyvaniyayachmenya v lesostepiZapadnoySibiri (Improving the technology of barley cultivation in the forest-steppe of Western Siberia), Zemledelie, 2013, No 2, p. 26-28.
9. Yushkevich L.V., Chibis V.V. (i dr.) Optimizatsiyapolevykhsevooborotovivstrukturapol'zovaniyapashniprivozdelyvaniyarovoypshenitsy v Omskoyoblasti: rekomendatsii (Optimization of field crop rotations and the structure of arable land use in the cultivation of spring wheat in the Omsk region: recommendations), Omsk, 2020, 44 p.
10. Milashchenko N.Z. Bor'ba s sornyakaminapolyahSibiri (Weed control in the fields of Siberia), Omsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1978, 138 p.
11. Tivde B.V., Verem, Igbabul B.D., Eke M.O., Oladapo O.O. Proximate, Chemical and Function Properties of Wheat, Soy and Moringa Leaf Composite Flours (Proximate, Chemical and Function Properties of Wheat, Soy and Moringa Leaf Composite Flours), Agricultural science www.scirp.org/journal/as Google-based Impact Factor: 1.21, DOI: 10.4236/as.2021.121003 842 Downloads 2,764 Views
12. Yushkevich L.V., Ershov V.L., Shchitov A.G. Vliyanietehnologiyinazasorennost' agrofytotsenozai produktivnost' yarovoypshenitsy v lesostepiZapadnoySibiri (The influence of agrotechnologies on the contamination of agrophytocenosis and the productivity of spring wheat in the forest-steppe of Western Siberia), VestnikOmskogo GAU, 2021, No 1 (41), pp. 75 – 84.
13. Fitosanitarnayadiagnostikaagroekosistem: uchethoe – prakticheskoe posobie (Phytosanitary diagnostics of agroecosystems: workbook), pod redaktsiyeyu. Toropovoy, Barnaul: Izd-vo AGAU, 2017, 210 p.
14. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Yushkevich L.V. Fitosanitarnye posledstviyapriemovobrabotkipochny v lesostepi Zapadnoy Sibiri (Phytosanitary consequences of soil tillage techniques in the forest-steppe of Western Siberia), VestnikBur'yatskoysel'skokhozyaystvennoy akademiiim. V.R. Filippova, 2012, No 3 (28), p. 89 – 91.
15. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Yushkevich L.V. Vliyanietehnologiy na zdorov'e pochvy i rasteniy v lesostepi Omskoy oblasti (Influence of agrotechnologies on soil and plants' health in Omsk region), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2014, No 2, pp. 44 – 45.
16. Gladkikh A., Rendov N., Nekrasova E., Mozyleva S. Change in the Agrophytocenosis of Hullless Barley Depending on the Elements of Cultivation Technology. // <https://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.200113.143>
17. Grebenshchikov V.S., Kopylova, N.O., Tyutrin, V.V., Verkhoturov. (2020) Evaluation of technological and cereal qualities of grains of zoned barley varieties grown in Subtaiga taiga zone of the Irkutsk region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 548:2, pages 022105.

Сведения об авторах

Л.В. Юшкевич¹ – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией ресурсосберегающих агротехнологий;
А.Г. Щитов² – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник;
Д.Н. Ющенко³ – научный сотрудник;
А.С. Бутко⁴ – сотрудник.
^{1,2,3,4} Омский аграрный научный центр, проспект Королева, 26, г. Омск, Россия, 644012
¹ yushkevitchLV@yandex.ru, Orcid ID: 0000-0002-6203-10787
² alshield@mail.ru, Orcid ID: 0000-0002-2496-5830
³ andenisna@mail.ru, Orcid ID: 0000-0002-7387-8055
⁴ as.butko2132@omgau.org, OrcidID:0000-0002-7396-1940

Information about the authors

L.V. Yushkevich¹ – Dr. Agr. Sci., Chief Researcher, Head of the Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies;
A.G. Shchitov² – Cand. Agr. Sci., Leading Researcher;
D.N. Yushchenko³ – Researcher;
A.S. Butko⁴ – Researcher.
^{1,2,3,4} Omsk Agrarian Scientific Center, 26, Koroleva Prospekt St., Omsk, Russia, 644012
¹ yushkevitchLV@yandex.ru, Orcid ID: 0000-0002-6203-10787
² alshield@mail.ru, Orcid ID: 0000-0002-2496-5830
³ andenisna@mail.ru, Orcid ID: 0000-0002-7387-8055
⁴ as.butko2132@omgau.org, OrcidID:0000-0002-7396-1940

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 17.01.2023; одобрена после рецензирования 30.03.2023; принята к публикации 05.06.2023.
The article was submitted 17.01.2023; approved after reviewing 30.03.2023; accepted for publication 05.06.2023.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Научная статья

УДК 638.123; 595.799; 59.087

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_66

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСТЕРЬЕРА ПЧЕЛ

©2023. Андрей Сергеевич Березин

Федеральный Научный Центр пчеловодства, Рыбное, Россия, mellifera@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-7622-0673>

Аннотация. При измерении экстерьера медоносных пчел (*Apis mellifera* Linnaeus 1758) разные авторы используют различающиеся методики измерения. В результате, сравнительный анализ данных, полученный из разных источников, усложняется. Отдельные авторы не учитывают искажения, даваемые используемым ими оборудованием, а также не проводят его калибровку. Цель исследования состояла в проведении сравнения двух методов измерения (с помощью МБС-9 и с использованием программного обеспечения Altami Studio) экстерьера пчел. Каждый оператор провел трехкратные измерения с использованием одного метода (МБС-9), а затем другого (Altami Studio). Для каждого из двух методов измерения в отдельности были рассчитаны коэффициенты вариации: между тремя измерениями одного оператора и между операторами для каждого признака. Использование измерения с помощью программного обеспечения дает возможность получать результаты с меньшей изменчивостью между повторными измерениями, выполненными одним оператором и между операторами, по сравнению с измерениями, выполненными с помощью стереомикроскопа. Применение дисперсионного анализа позволило установить, что на результат измерения влияют два фактора: метод измерения и оператор, выполняющий измерение, и взаимодействие этих двух факторов. Использование программного обеспечения и выполнение повторных измерений даст возможность выявлять операторов, склонных к меньшей изменчивости данных, а также позволит проводить контроль точности и правильности процесса измерения.

Ключевые слова: *Apis mellifera*, метод измерения, медоносная пчела, повторяемость, воспроизводимость, экстерьер

Введение. Основоположителем научного подхода в изучении частей хитинового скелета медоносных пчел (*Apis mellifera* Linnaeus 1758; *Hymenoptera: Apidae*) является Кожевников [1]. Он использовал микроскоп, окулярный микрометр и рисовальный аппарат. Ученик и продолжатель работ Кожевникова, Алпатов [2-4] для измерений экстерьера использовал окуляр-микрометр, который калибровал, применяя объектив-микрометр [4]. За

рубежом для измерения экстерьерных признаков использовали лупу 6^x или 10^x с делениями [5], проектор и линейку [5-6]. Не так давно стали использовать различные системы, в которых измерения проводятся на компьютере [7-10]. При выборе оптики для использования в измерениях надо учитывать ее назначение и качество. Известно, например, что объективы микроскопов подразделяются на группы по степени совершенства исправлений аберраций

[11]. А Alpatov, Tjunin [12] указывали на важное значение сферической аберрации объектива микроскопа. Оптическая система планшетного сканера так же способна давать искажения. Поэтому, в случае использования его в качестве источника получения цифрового изображения надо заранее определить место для размещения объекта. Например, выбрать его центральную часть [13] и/или провести тестирование имеющегося устройства, для выбора зон оптимального размещения препаратов [14].

После получения цифрового изображения объекта проводят его измерение в программном обеспечении, предназначенном для работы с изображениями, обладающим достаточной точностью [15] и требуемыми функциями. Перед началом работы проводят калибровку программы по изображению объекта, полученному при тех же условиях, что и изображения частей хитинового скелета пчел. Калибровка программного обеспечения или устройства является основой в получении достоверных результатов в исследованиях, связанных с размерами, и ее процедура зависит от используемого метода измерения, а выбор метода при этом не имеет большого значения [15].

В литературе встречаются публикации, в которых авторы сравнивают методы измерения длины отрезков “медиальной жилки”: “А” и “В”, на основе которых вычисляется “кубитальный индекс”. Так, Ломаев с коллегами провели сравнение измерения этих признаков с помощью стереомикроскопа МБС-9 с автоматическим измерением в разработанной ими программе после получения изображения со сканера [16-18].

Цель исследования заключалась в проведении сравнения двух методов измерения (на стереомикроскопе МБС-9 и на персональном компьютере с использованием программного обеспечения Altami Studio) экстерьерных признаков медоносных пчел.

Перед нами стояли следующие задачи:

- определить, какой из двух методов будет давать наименьшие коэффициенты вариации между измерениями, выполненными одним оператором и между операторами;
- определить повторяемость и воспроизводимость используемых методов [19];
- определить достоверность влияния двух факторов: метода измерения и операторов, проводящих измерения, а также их взаимодействия на результаты измерений;
- определить преимущества одного метода над другим.

Методика. В нашем распоряжении имелось следующее оборудование и программное обеспечение:

- стереоскопический микроскоп МБС-9 (с паспортом) с окуляром с диоптрийной наводкой со сменной шкалой. Цена деления шкалы 0,1 мм. Длину крыла измеряли под увеличением 8,21, а все остальные признаки – 16,35. Подробнее о работе с МБС-9 можно ознакомиться по паспорту к данному устройству;
- при измерении с помощью МБС-9, данные сначала заносили в специальную тетрадь, а затем – в программное обеспечение MS Office Excel [20];
- планшетный сканер Epson Perfection V600 Photo и программное обеспечение к нему;
- сканирование проводили с разрешением 3200 точек на дюйм в цветном режиме 24 бита;
- для измерения изображений объектов использовали программное обеспечение Altami Studio 3.4.0 [21] (имеет сертификат соответствия) и руководство пользователя к нему;
- для калибровки Altami Studio 3.4.0 [21], использовали изображение шкалы от МБС-9, полученное при тех же настройках сканера и в том же месте на стекле сканера, что и изображения хитиновых частей пчел;
- для измерения в Altami Studio 3.4.0 [21] использовали следующие инструменты: “отрезок” и “ломаная линия”;
- после измерения в Altami Studio 3.4.0 [21] данные сначала экспортировали в файл с

расширением “*.csv”, который затем открывали в MS Office Excel [20] и копировали в отдельный файл с расширением “*.xlsx”.

Все измерения проводили по модифицированной и дополненной методике Алпатова [22]. В эксперименте задействовали четырёх операторов, не имевших до этого опыта измерения экстерьерных признаков пчел (в т.ч. на МБС-9 или в ПО), но умеющих работать на компьютере и с микроскопом. Перед началом работы операторы ознакомились с методикой выполнения промеров с помощью МБС-9 и в ПО Altami Studio 3.4.0 [21].

Использованием единой методики измерения и шкалы, с помощью которой определяли размеры объектов, мы попытались свести к минимуму две категории ошибок (не учитываемых биометрическими методами) [23]: методические ошибки и ошибки точности.

Для проведения эксперимента подготовили четыре предметных стекла с размещенными на них элементами хитинного скелета 30 пчел от одной семьи. Затем четыре оператора измерили пробу, каждый – по три раза с помощью МБС-9. Далее препараты поместили по очереди на стекло сканера в определенное

место [14] и получили их цифровое изображение. После чего те же четыре оператора измерили их по три раза, используя Altami Studio 3.4.0 [21]. Измеряли следующие экстерьерные признаки: длина хоботка; длина и ширина правого переднего крыла; длина и ширина третьего tergита; длины отрезков «медиальной жилки» *EF* и *FG*; длина и ширина первого членика лапки правой задней ножки. Линейные измерения, выполненные в делениях шкалы, переводили затем в миллиметры, для этого длину крыла делили на 10, а остальные результаты измерения экстерьерных признаков – на 20.

Биометрическую обработку проводили в программном обеспечении MS Office Excel [20] с использованием пакета «Анализ данных» – «Описательная статистика»; дополнительно рассчитали коэффициенты вариации [22]; анализ повторяемости и воспроизводимости проводили с использованием ПО Statistica 13.0 [24].

Результаты. По каждому из трех измерений каждого оператора в отдельности получили средние (*M*). Рассчитали коэффициенты вариации (*C_V*): между средними трех измерений каждого из четырех операторов и между операторами по каждому методу (табл. 1, 2).

Таблица 1

Коэффициенты вариации между измерениями, проведёнными на МБС-9* одним оператором и между операторами, %

Оператор, No	<i>L_x</i>	<i>L_{кpn}</i>	<i>W_{кpn}</i>	<i>LEF</i>	<i>LFG</i>	<i>W_{m3}</i>	<i>L_{m3}</i>	<i>L_{члп}</i>	<i>W_{члп}</i>
1	0,03	0,32	0,35	1,17	0,98	0,76	0,55	0,46	0,70
2	0,25	0,17	0,28	3,64	2,26	0,14	0,28	0,86	0,48
3	0,56	0,96	0,93	0,36	1,93	0,40	3,04	0,78	0,78
4	0,27	0,52	0,44	0,32	1,33	0,36	0,36	0,06	0,30
Между операторами	0,92	1,45	1,04	1,80	0,70	0,40	1,00	0,82	1,90

*МБС-9 – микроскоп биологический стереоскопический; *L_x* - длина хоботка; *L_{кpn}* - длина правого переднего крыла; *W_{кpn}* - ширина правого переднего крыла; *LEF_n* - длина отрезка “EF” «медиальной» жилки правого переднего крыла; *LFG_n* - длина отрезка “FG” «медиальной» жилки правого переднего крыла; *L_{m3}* - длина третьего tergита (продольное расстояние); *W_{m3}* - условная (поперечная) ширина третьего tergита; *L_{члп}* - длина первого членика правой задней ножки; *W_{члп}* - ширина первого членика правой задней ножки.

Таблица 2

Коэффициенты вариации между измерениями, проведёнными в программном обеспечении Altami Studio 3.4.0 одним оператором и между операторами, %

Оператор, No	<i>L_x</i>	<i>L_{кpn}</i>	<i>W_{кpn}</i>	<i>LEF</i>	<i>LFG</i>	<i>W_{m3}</i>	<i>L_{m3}</i>	<i>L_{члп}</i>	<i>W_{члп}</i>
1	0,08	0,10	0,24	0,88	0,71	0,05	0,37	0,34	0,20
2	0,08	0,02	0,27	2,20	1,70	0,11	0,31	0,28	0,48
3	0,69	0,43	0,30	0,52	0,69	0,46	0,40	0,49	0,75
4	0,12	0,07	0,09	0,11	1,18	0,17	0,25	0,05	0,57
Между операторами	0,60	0,14	0,79	2,17	6,62	0,24	0,76	0,39	1,14

Анализ C_V (табл. 1, 2) показал, что:

1) при измерении на компьютере с использованием Altami Studio 3.4.0 [21] получены в основном меньшие C_V , чем при измерении на МБС-9, при сравнении измерений одного оператора;

2) C_V между средними измерениями всех операторов с использованием Altami Studio 3.4.0 [21] также в основном меньше, чем при измерении на МБС-9;

3) выявлена и устранена ошибка, допущенная при измерении отрезков медиальной жилки первым и третьим операторами, в результате C_V уменьшились;

4) однако, C_V между операторами, при измерении на компьютере в Altami Studio 3.4.0 [21], по L_{XY} и L_{YZ} всё равно остались больше (2,17 % и 6,62 %), чем при измерении на МБС-9 (1,80 % и 0,70 %).

Для оценки степени влияния факторов на процесс измерения провели дисперсионный анализ повторяемости и воспроизводимости процесса измерения экстерьерных признаков медоносных пчел (табл. 3), а также построили итоговые графики повторяемости и воспроизводимости процесса измерения по каждому измеряемому экстерьерному признаку (рис. 1 (D, H)).

Таблица 3

Компоненты дисперсии (S^2) процесса измерения (в процентах от общей изменчивости) и показатель достоверности влияния (F^*) факторов

Статистические показатели	Повторяемость	Воспроизводимость		Взаимодействие оператор-метод		Между методами	
	S^2	S^2	F	S^2	F	S^2	F
L_x	9,4	43,1	29,0 ³	1,3	1,4	46,2	60,6 ³
$L_{крп}$	16,3	8,7	18,0 ³	75,0	14,8 ³	0,0	6,5 ¹
$W_{крп}$	16,2	0,0	11,4 ³	83,8	16,5 ³	0,0	8,4 ¹
L_{EF}	34,7	0,0	2,9	65,3	6,7 ²	0,0	1,0
L_{FG}	4,7	8,0	39,9 ³	43,3	29,4 ³	43,9	144,4 ³
$L_{мз}$	57,8	30,6	3,4 ¹	0,0	0,3	11,6	2,7
$W_{мз}$	17,0	0,0	0,3	18,3	4,2 ¹	64,7	49,9 ³
$L_{члп}$	14,3	12,0	7,4 ²	6,5	2,4	67,2	58,9 ³
$W_{члп}$	8,3	0,0	11,5 ³	88,6	32,8 ³	3,1	37,3 ³

* - определяли по таблице IX [23]

На процесс измерения оказывают, в большинстве случаев, достоверное влияние метод измерения, оператор и взаимодействие оператор-метод. Влияние градаций фактора «Оператор» оказалось достоверным в семи случаях из девяти, причем в пяти случаях – на третьем уровне значимости. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при измерении экстерьерных признаков большое достоверное влияние оказывает человеческий фактор. Это необходимо учитывать при проведении измерений и при сравнении измерений, выполненных разными операторами. Влияние градаций фактора «Метод» оказалось достоверным также в семи случаях, а на третьем уровне значимости в пяти, что можно объяснить удобством измерения какого-либо признака тем или иным методом. Взаимодей-

ствие градаций факторов «Оператор» и «Метод» получилось достоверным в шести случаях, из них на третьем уровне значимости в четырех случаях, что объясняется сочетанием «человеческого» фактора и удобства метода измерения или склонностью отдельных операторов точнее проводить измерения тем или другим методом. На изменчивость результата измерения экстерьерного признака «Длина хоботка» значительное достоверное влияние оказывает метод измерения и оператор его использующий. Это, в первую очередь, может быть связано с тем, что хоботок пчел часто бывает изогнут, в результате чего измерение его на МБС-9 проводится приближенное, а измерение с использованием программного обеспечения позволяет измерить его с максимальной точностью. При измерении длины объекта с использованием МБС-9 точка завершения

измерения часто попадает между делениями шкалы и подсчетом делений, проводится их округление до целого количества делений и соответственно, чем меньше объект измерения, тем больше данное округление будет сказываться на результате. В том случае, если объект имеет большую длину и занимает все

поле зрения, изменчивость результатов измерения может появляться из-за непреднамеренного смещения объекта оператором, а также из-за возможных оптических искажений на периферии поля зрения. Измерение в программном обеспечении избавляет от необходимости округления и от возможности смещения препарата в процессе измерения.

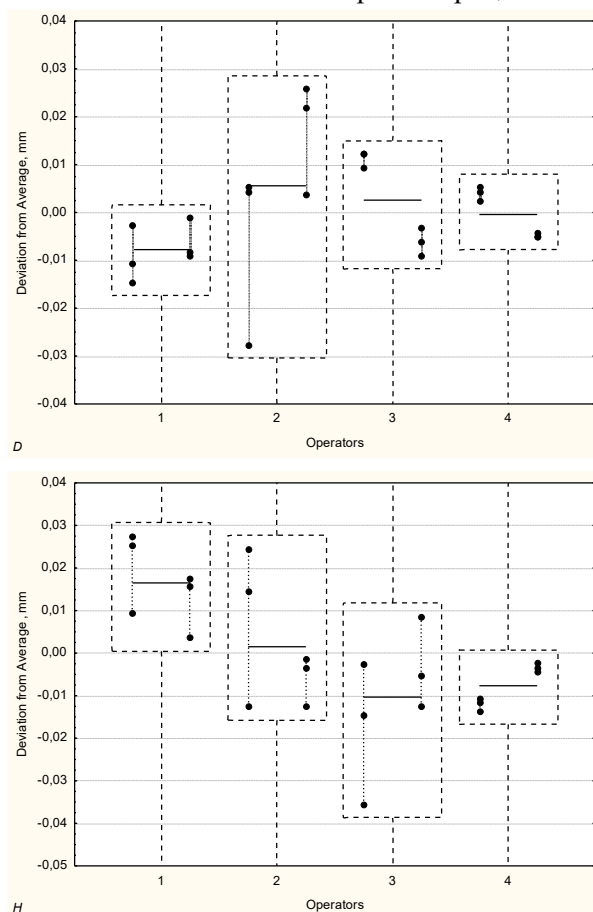


Рис 1. Итоговый график повторяемости и воспроизводимости измерения: D – LEF , H – W_{m3}

Fig. 1. The final graph of the repeatability and reproducibility of the measurement: D - LEF, H - W_{t3}

(Пояснения к рисункам. Три кружка, соединенные вертикальной линией (пунктир из точек) — это отклонения измерений от среднего значения измерения для соответствующего метода, линия слева обозначает измерение, выполненное на МБС-9, справа – на компьютере с использованием программного обеспечения Altami Studio 3.4.0. Длина этих линий определяет лимит измерений одним и тем же методом, чем они длиннее, тем больше лимит и больше неточность. Измерения, выполненные одним оператором, заключены в пунктирную рамку. Среднее отклонение измерений по каждому оператору представлено горизонтальной сплошной линией в каждой рамке. Высота рамки является показателем вариабельности измерений.).

Анализируя полученные графики (рисунок (D, H)), можно сделать вывод, что наименьшее отклонение от среднего значения по методу измерения в большинстве результатов измерений дали операторы 1 и 4, что выразилось в меньших размерах их рамок по сравнению с

операторами 2 и 3. Соответственно, операторы 1 и 4 предпочтительнее использовать для выполнения ответственных работ по измерению.

Выводы. Получение цифрового изображения и измерение его на компьютере в

программе Altami Studio 3.4.0 [21] имеет ряд преимуществ перед измерением на МБС-9:

- возможность правильно измерить изогнутый хоботок;
- возможность измерить углы и площади (если требуется);
- отсканированные элементы хитинового скелета пчел удобно хранить в электронном виде, обмениваться по электронной почте с другими исследователями, а также использовать для обучения сотрудников внутри организации с целью получения идентичных результатов;
- при измерении на МБС-9 требуется второй человек для занесения результата в тетрадь, затем тратится лишнее время для переноса данных из тетради в компьютер;
- при измерении на МБС-9 часто точка завершения измерения попадает между делениями шкалы, в этом случае результат округляется в большую или меньшую сторону, при измерении в программе необходимость округления отпадает;
- при измерении в программе, оператор получает данные в миллиметрах и результаты измерений сохраняются в электронных таблицах, что исключает затраты времени на занесение результатов в компьютер и на перевод их в миллиметры;

– операторы, принявшие участие в эксперименте, сошлись во мнении, что измерять на компьютере удобнее, чем на МБС-9.

Недостатком программы Altami Studio 3.4.0 [21] является отсутствие возможности определения угла или знака (+, -, 0) дискондального смещения.

Применение программного обеспечения и повторных измерений в нем, позволит выявлять операторов, склонных к меньшей вариабельности результатов, а также контролировать точность выполнения измерений. Использование цифровых изображений объектов позволит эффективнее проводить обучение методике измерения, обмениваться ими посредством электронной почты для перекрестных проверок. Подобные проверки рекомендуются не только между лабораториями, занимающимися морфометрией, но и между опытными и неопытными операторами [15].

Благодарности. Авторы искренне признательны рецензентам за замечания по тексту, а также Е. Ларькиной, А. Ласкину, Н. Маркиной и И. Языкову за участие в испытаниях в качестве операторов. Работа выполнена в рамках государственного задания: № 0642-2019-0002.

Список источников

1. Кожевников Г.А. Материалы по естественной истории пчелы (*Apis mellifera* L.) / Вып. I. Известия императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Т. ХСІХ. Труды зоол. отд., т. XIV. М.: Университетская типография, 1900. 144 с.
2. Алпатов В.В. Биометрическая характеристика среднерусской и украинской пчелы // Русский зоологический журнал. 1927. Т. 7. кн. 4. С. 31-74.
3. Алпатов В.В. К познанию изменчивости медоносной пчелы. III. Кубитальная ячейка на крыльях видов рода *Apis* и её диагностическое и эволюционное значение // Зоологический журнал. 1935. Т. 14. кн. 4. С. 664-673.
4. Алпатов В.В. Породы медоносной пчелы и их использование в сельском хозяйстве М.: МОИП, 1948. 183 с.
5. Goetze G.K.L. Die Honigbiene in natürlicher und künstlicher Zuchtauslese. Teil II: Beurteilung und züchterische Auslese von Bienenvölkern. Monographien zur angewandten Entomologie, V. 20. - Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1964, 92 p. doi: 10.1002/mmnd.19650120110.
6. Ruttner F. Biogeography and taxonomy of honey bees. - Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1988, 291 p.
7. McMullan J.B., Brown M.J.F. The influence of small-cell brood combs on the morphometry of honeybees (*Apis mellifera*) // *Apidologie*. 2006. V. 37, № 6. P. 665–672. doi: 10.1051/apido:2006041.
8. Meixner M.D., Worobik M., Wilde J., Fuchs S., Koeniger N. *Apis mellifera mellifera* in eastern Europe – morphometric variation and determination of its range limits // *Apidologie*. 2007. V. 38, № 2. P. 191–197. doi: 10.1051/apido:2006068.
9. Quezada-Euán J.J.G., Paxton R.J., Palmer K.A., May Itzá W.deJ., Tay W.T., Oldroyd B.P. Morphological and molecular characters reveal differentiation in a Neotropical social bee, *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini) // *Apidologie*. 2007. V. 38, № 3. P. 247–258. doi: 10.1051/apido:2007006.
10. Tan K., Radloff S.E., Hepburn H.R., Yang M., Zhang L., Fan X. Environmentally-induced developmental effects on morphometric characters of workers in *Apis cerana* colonies // *Apidologie*. 2007. V. 38, № 3. P. 289–295. doi: 10.1051/apido:2007011.
11. Скворцов Г.Е., Панов В.А., Поляков Н.И., Федин Л.А. Микроскопы. Л.: Машиностроение, 1969. 512 с.

12. Alpatov W.W., Tjunin F.A. Beitrage zur Kenntniss der Variabilitat der Russellange bei der Honigbiene (in German) // Revue Zoologique Russe. 1925. V. 5, № 4. P. 79.
13. Васильев А.Г., Васильева И.А., Шкурихин А.О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 471 с.
14. Березин А.С. Тестирование устройств получения цифровых изображений // Современные проблемы пчеловодства и апитерапии: монография. Под ред. Брандорф А.З. и др. Рыбное: ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства», 2019. С. 27-37.
15. Meixner M.D., Pinto M.A., Bouga M., Kryger P., Ivanova E., Fuchs S., Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera* // Journal of Apicultural Research. 2013. V. 52, № 4. P. 1-27. doi: 10.3896/IBRA.1.52.4.05.
16. Ломаев Г.В., Колбина Л. М., Хан Н.В., Непейвода С.Н., Бондарева Н.В. Анализ морфологических признаков пчёл Удмуртии, Кировской и Пермской области // Передовые технологии в пчеловодстве: Материалы научно-практической конференции. Рыбное: ГНУ НИИП, 2003. С.10-13.
17. Ломаев Г.В., Степанов В.А., Хан Н.В. Экспресс-методика определения породности пчёл по экстерьерным признакам // Материалы 3-й международной научно-практической конференции «Интермед-2002». М.: МСХ РФ, 2002. С. 128-129.
18. Ломаев Г.В., Хан Н.В. Автоматизация как способ усовершенствования методики измерения экстерьерных признаков пчёл // Современные технологии в пчеловодстве: Материалы научно-практической конференции. Рыбное: ГНУ НИИ-ИП, 2004. С. 38-42.
19. РМГ 29-2013 Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартиформ, 2014. 70 с.
20. Microsoft Office для дома и бизнеса. Microsoft Corp, 2010.
21. Altami Studio v. 3.4.0. ООО "Altami", Россия, 2015.
22. Березин А.С. Методы морфометрии в определении породной принадлежности медоносных пчёл // Биомика. 2019. Т.11, Вып. 2. С. 167 - 189. doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-16.
23. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Московский университет, 1970. 368 с.
24. STATISTICA (data analysis software system). v. 13. StatSoft, Россия, Москва, 2020.

COMPARISON OF METHODS FOR MEASURING THE EXTERIOR OF BEES

©2023. **Andrey S. Berezin**

Federal Beekeeping Research Centre, Rybnoe, Russia, mellifera@yandex.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-7622-0673>

Abstract. When measuring the exterior of honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus 1758), different authors use different measurement methods. As a result, the comparative analysis of data obtained from different sources becomes more complicated. Some authors do not take into account the distortions caused by the equipment they use, as well as do not calibrate it. The purpose of the study was to compare two methods for measurement of the exterior of bees (using MBS-9 and Altami Studio software). Each operator performed three measurements using the first method (MBS-9), and then another one (Altami Studio). Separately for each of the two measurement methods coefficients of variation were calculated: between three measurements of the same operator and between operators for each feature. The use of software for measurement makes it possible to obtain results with less variability between repeated measurements performed by the same operator and between operators, in comparison with measurements taken using a stereomicroscope. The application of variance analysis allowed us to establish that two factors influence the measurement result: the measurement method and the operator performing the measurement, and the interaction between these two factors. Using software and taking repeated measurements will make it possible to identify operators prone to less data variability, and will also allow to monitor the accuracy and correctness of the measurement process.

Key words: *Apis mellifera*, measurement method, honey bee, repeatability, reproducibility, exterior

References

1. Kozhevnikov G.A. Materialy po estestvennoi istorii pchely (*Apis mellifera* L.) (Materials on natural history of the honey bee (*Apis mellifera* L.)). Vol. I. Izvestiya imperatorskogo obshchestva lyubitelei estestvoznaniya, antropologii i etnografii. Vol. XCIX, Trudy zool. otd., V. 14. Moscow: Universitetskaya tipografiya, 1900, 144 p.
2. Alpatov W.W. Biometricheskaya kharakteristika srednerusskoi i ukrainskoi pchely (Biometric characteristics of the Central Russian and Ukrainian bees), Russkii zoologicheskii zhurnal, 1927, Vol. 7, No. 4, pp. 31-74.

3. Alpatov W.W. K poznaniyu izmenchivosti medonosnoi pchely. III. Kubital'naya yacheika na kryl'yakh vidov roda Apis i ee diagnosticheskoe i evolyutsionnoe znachenie (Contribution to the study of variation of a honey bee. III. The cubital cell on the wings of different forms of the genus Apis and its taxonomical and evolutionary significance), Zoologicheskii zhurnal, 1935, Vol. 14, No. 4, pp. 664-673.
4. Alpatov W.W. Porody medonosnoi pchely i ikh ispol'zovanie v sel'skom khozyaistve (Breeds of honey bees and their use in agriculture), Sredi Prirodi, Book 4, Moscow, MOIP, 1948, 183 p.
5. Goetze G.K.L. Die Honigbiene in natürlicher und künstlicher Zuchtauslese. Teil II: Beurteilung und züchterische Auslese von Bienenvölkern. Monographien zur angewandten Entomologie, V. 20. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey, 1964, 92 p. doi: 10.1002/mmnd.19650120110.
6. Ruttner F. Biogeography and taxonomy of honey bees. Berlin, Germany, Springer-Verlag, 1988, 291 p. doi:10.1007/978-3-642-72649-1
7. McMullan J.B., Brown M.J.F. The influence of small-cell brood combs on the morphometry of honey bees (*Apis mellifera*). Apidologie, 2006, Vol. 37, No. 6, pp. 665-672. doi: 10.1051/apido:2006041.
8. Meixner M.D., Worobik M., Wilde J., Fuchs S., Koeniger N. *Apis mellifera* in eastern Europe – morphometric variation and determination of its range limits, Apidologie, 2007, Vol. 38, No. 2, pp. 191-197. doi: 10.1051/apido:2006068.
9. Quezada-Euán J.J.G., Paxton R.J., Palmer K.A., May Itzá W.de J., Tay W.T., Oldroyd B.P. Morphological and molecular characters reveal differentiation in a Neotropical social bee, *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini), Apidologie, 2007, Vol. 38, No. 3, pp. 247-258. doi: 10.1051/apido:2007006.
10. Tan K., Radloff S.E., Hepburn H.R., Yang M., Zhang L., Fan X. Environmentally-induced developmental effects on morphometric characters of workers in Apiscerana colonies, Apidologie, 2007, Vol. 38, No. 3, pp. 289-295. doi: 10.1051/apido:2007011.
11. Skvortsov G.E., Panov V.A., Polyakov N.I., Fedin L.A. Mikroskopy (Microscopes). Leningrad, Machinostroenie, 1969, 512 p.
12. Alpatov W.W., Tjunin F.A. Beitrage zur Kenntnis der Variabilität der Russellange bei der Honigbiene, Revue Zoologique Russe, 1925, Vol. 5, No. 4, Pp. 79. (In German)
13. Vasil'ev A.G., Vasil'eva I.A., Shkurikhin A.O. Geometricheskaya morfometriya: ot teorii k praktike (Geometric morphometrics: from theory to practice), Moscow, Tovarišchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2018, 471 p.
14. Berezin A.S. Testirovanie ustroystv polucheniya tsifrovyykh izobrazhenii (Testing of digital imaging devices). Sovremennyye problemy pchelovodstva i apiterapii: monografiya. Pod red. Brandorf A.Z. i dr. Rybnoe: FGBNU «FNTs pchelovodstva», 2019, pp. 27-37.
15. Meixner M.D., Pinto M.A., Bouga M., Kryger P., Ivanova E., Fuchs S. Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*, *Journal of Apicultural Research*, 2013, Vol. 52, No. 4, Pp. 1-27. doi: 10.3896/IBRA.1.52.4.05.
16. Lomaev G.V., Kolbina L.M., Khan N.V., Nepeivoda S.N., Bondareva N.V. Analiz morfologicheskikh priznakov pchel Udmurtii, Kirovskoi i Permskoi oblasti (Analysis of morphological characteristics of bees in Udmurtia, Kirov and Perm regions), Peredovye tekhnologii v pchelovodstve: Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii, Rybnoe, GNU NIIP, 2003, pp.10-13.
17. Lomaev G.V., Stepanov V.A., Khan N.V. Ekspress-metodika opredeleniya porodnosti pchel po ekster'ernym priznakam (Express method of determining the breed of bees by exterior characteristics), Materialy 3-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Intermed-2002», M.: MSKh RF, 2002, pp.128-129.
18. Lomaev G.V., Khan N.V. Avtomatizatsiya kak sposob usovershenstvovaniya metodiki izmereniya ekster'ernyykh priznakov pchel (Automation as a way to improve the method of measuring exterior characteristics of bees). Sovremennyye tekhnologii v pchelovodstve: Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii. Rybnoe: GNU NI-IP, 2004. Pp. 38-42.
19. RMG 29-2013 Metrologiya. Osnovnye terminy i opredeleniya (RIS 29-2013. Metrology. Basic terms and definitions), Moscow, Standartinform, 2014, 70 p.
20. Microsoft Office dlya doma i ofisa (Microsoft Office for home and business). Microsoft Corp, 2010.
21. Altami Studio v. 3.4.0. ООО "Altami", Rossiya, 2015.
22. Berezin A.S. Metody morfometrii v opredelenii porodnoi prinadlezhnosti medonosnykh pchel (Methods of morphometry in determining the breed of honey bees), Biomika. 2019. Vol.11, No. 2. Pp. 167 - 189. doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2019-16.
23. Plokhinskii N. A. Biometriya (Biometrics). Moscow, MGU, 1970. 368 p.
24. STATISTICA (data analysis software system). V. 13. StatSoft, Rossiya, Moscow, 2020.

Сведения об авторах

А.С. Березин – научный сотрудник направления селекции и разведения медоносных пчёл. Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение «Федеральный Научный Центр пчеловодства», (ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства»), 391110 Россия, Рязанская область, г. Рыбное, ул. Почтовая, 22

Information about the author

A.S. Berezin – Researcher of the department of selection and breeding of honey bees. Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Beekeeping Research Centre» (FSBSI "FBRC"), 22, Pochtovaya St., Rybnoe, Ryazan region, Russia, 391110

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

Статья поступила в редакцию 21.10.2022; одобрена после рецензирования 06.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.
The article was submitted 21.10.2022; approved after reviewing 06.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 619:616.391-085:636.22/.28

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_74

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЛЕЧЕНИЯ ГИПОКОБАЛЬТОЗА КОРОВ-ПЕРВОТЁЛОК В УСЛОВИЯХ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

©2023. Александр Михайлович Гертман ^{1✉}, Дина Маратовна Максимович ²,
Наталья Николаевна Крупцова ³

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

¹t.knb@sursau.ru

Аннотация. В биогеохимических провинциях Южного Урала широко распространена незаразная патология животных, в которой значительный удельный вес занимают микроэлементозы. При этом гипокобальтоз является доминирующей патологией, особенно регистрируемой у коров-первотёлок. Причина данной патологии кроется не только в дефиците эссенциального элемента кобальта, но и значительная роль в этиологии принадлежит элементам-антагонистам, которые в избытке содержатся в объектах внешней среды, соответственно кормовом рационе и организме животных. В условиях СПК «Сарафаново» Чебаркульского района Челябинской области элементами-антагонистами кобальта являются соли никеля и железа. Апробация способа лечения гипокобальтоза с включением в схему минерального сорбента цеолита позволила снизить токсическое влияние солей никеля и железа, и на этом фоне сочетанное применение витамина В₁₂ и солей кобальта способствовало активизации обмена элемента. Научно разработанный способ лечения гипокобальтоза коров-первотёлок с включением витамина В₁₂, солей кобальта и цеолита имеют выраженные терапевтические и экономические результаты.

Ключевые слова: гипокобальтоз, коровы-первотелки, микроэлементозы, цеолиты

Введение. Развитие молочного скотоводства в Российской Федерации является приоритетным направлением работы всего агропромышленного комплекса. В настоящее время совершенствуется генетический потенциал животных, расширяются возможности по улучшению кормовой базы, строятся новые специализированные комплексы. Однако, значительный экономический ущерб по причине незаразной патологии несут хозяйства, расположенные в биогеохимических провинциях, с избытком или дефицитом определенных макро- и микроэлементов [2, 15]. Данные биогеохимические территории могут иметь естественное происхождение и техногенное, связанное с производственной деятельностью человека [5, 6].

Ведение молочного скотоводства на территориях отмеченных провинций имеет свои особенности, так как традиционные схемы лечения микроэлементозов имеют низкий терапевтический эффект [10]. Диспансерное обследование животных в условиях определенных территорий показывает, что значительные отклонения обменных процессов выявляют у коров-первотёлок по причине дефицита энергетических веществ, необходимых для образования молока, низкого уровня обеспеченности рациона микро-, макроэлементами и витаминами [3, 10, 13]. Серьезную проблему для нормального течения обменных процессов создают соли тяжелых металлов и железа, которые в избытке содержатся в кормовом рационе [8, 14, 16].

Среди микроэлементозов, регистрируемых в условиях биогеохимических провинций, гипокобальтоз является доминирующим заболеванием, которое специалистами хозяйства плохо диагностируется, а лечебные мероприятия, как правило, носят формальный характер. В специальной литературе нет данных о применении минеральных энтеросорбентов при лечении гипокобальтоза животных. Разработка терапии отмеченной патологии в условиях биогеохимических провинций с включением в схему лечения минерального сорбента является перспективным научным направлением.

Цель работы – дать сравнительную оценку различных способов и предложить наиболее эффективный в терапии гипокобальтоза коров-первотёлок в биогеохимической провинции с низким уровнем эссенциальных микроэлементов и высоким – никеля и железа в объектах окружающей среды.

Методика. В СПК «Сарафаново» Чебаркульского района Челябинской области в ходе диспансеризации были отобраны образцы почвы, воды, кормов для микроэлементного анализа и кровь для морфо-биохимических исследований. Микроэлементный состав в исследуемых объектах установили атомно-абсорбционным методом с помощью спектрофотометра ААС-3. Диагноз гипокобальтоза устанавливали комплексно на основе анамнеза, клинических признаков, результатов анализа крови и определения наличия в ней эссенциальных микроэлементов (кобальт, цинк, железо) и токсического элемента никеля.

При диспансеризации клиническому исследованию было подвергнуто 112 голов коров-первотёлок в первые 100 дней лактации, при

этом установили, что 60 голов имели клинические признаки гипокобальтоза. Опытные группы представлены двадцатью головами коров с наиболее выраженной клинической картиной гипокобальтоза. Опытных животных разделили на 4 группы по 5 голов в каждой. Контрольная группа коров (n=5) содержалась на рациионе, принятом в хозяйстве, лечение гипокобальтоза в хозяйстве не проводится.

Первой экспериментальной группе животных внутримышечно вводили витамин В₁₂ (цианокобаламин) в дозе 1 мл (0,5 мг/мл) дважды в день в течение 5 дней с перерывом 5 дней, второй – внутрь 0,3 % водный раствор кобальта сульфата в дозе 1 мл на 10 кг живой массы один раз в сутки в течение 30 дней с интервалом 15 дней, третьей группе – сочетанное применение витамина В₁₂ в дозе 1 мл (0,5 мг/мл) дважды в день в течение 5 дней с перерывом 5 дней, 0,3 % раствора соли кобальта сульфата в дозе 1 мл на 10 кг живой массы один раз в сутки и цеолита Каринского месторождения (0,1 г /кг массы тела) в течение 15 дней с интервалом 15 дней. Продолжительность эксперимента составила 60 дней. Кровь животных исследовали унифицированными методами, которые приводит В.М. Холод [11] и И.П. Кондрахин и др. [7], а полученные данные сравнивали с нормативными [7]. Статистическую обработку полученного материала осуществляли вычислением среднестатистической ошибки и критерия достоверности по Стьюденту [4].

Результаты. Данные результатов исследования объектов окружающей среды на содержание химических элементов представлено в таблице 1. Они позволили выявить серьезные отклонения относительно предельно допустимой концентрации (ПДК).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в почвах СПК «Сарафаново» Чебаркульского района Челябинской области (мг/кг; М± m; n=5)

Объекты	Микроэлементы				
	Никель	Железо	Медь	Кобальт	Цинк
Поле однолетних трав	57,2±0,9	13440,05±0,6	72,4±0,54	3,6±0,4	38,02±0,2
Поле силосных культур	141,4±0,21	15120,0±0,47	30,25±0,4	3,7±0,4	48,0±0,4
Поле ячменя	71,4±0,43	18060,0±1,07	28,63±0,64	3,25±0,4	51,7±0,6
Предельно допустимая концентрация ^x	50,0	4200,0	100,0	50,0	110,0

^x – Н.Г. Рыбальский (1992) [9]

Так, в образцах почвы, отобранных из различных полей хозяйства, на которых выращивались кормовые культуры (ячмень, кукуруза на силос, смесь однолетних трав на сенаж) было выявлено значительное превышение нормы содержания железа, уровень которого в образцах почвы превышал ПДК в 4,3; 3,6; 3,2 раза соответственно. Количество жизненно важных элементов (медь, цинк, кобальт) было меньше показателей ПДК. В образцах почвы, полученных в местах выращивания ячменя фуражного, количество меди было на 71,4; в местах произрастания силосных культур – на 69,4; а в образцах почвы сенажных культур – на 27,6 % ниже ПДК. В пробах почвы исследуемых участков содержание цинка и кобальта было пониженным. Наряду с этим, отмечено высокое содержание никеля, которое превышало ПДК в образцах почвы зерновых культур на 42,8; силосных на 91,4 и сенажных на 14,4 % соответственно.

Токсико-химический анализ источников воды хозяйства позволил выявить следующие изменения. В воде, отобранной из водонапорной башни, количество железа было на 60% ниже значения ПДК, а в воде из поилок – в 4,7 раза выше, что связано с процессом коррозии металлических труб. Медь, цинк и кобальт были на 98,3; 70,0; и 94,5% ниже значений ПДК.

Образцы ячменя, силоса кукурузного, сенажа имели повышенное содержание железа на 50,0; 46,7; 39,7 % соответственно. Количество меди, цинка, кобальта в пробах кормов было значительно ниже значения МДУ. Превышение МДУ по никелю было обнаружено в образцах всех кормов. Содержание никеля в концентратах было выше МДУ на 62,3%, в кукурузном силосе на 31,3%, в сенаже – на 29,7%. Учитывая изложенное, проведенные исследования дают основание считать, что землепользование СПК «Сарафаново» является биогеохимической провинцией с дефицитом жизненно необходимых элементов в объектах окружающей среды, избыточным содержанием железа и никеля. В рационе коров-пер-

вотёлок был установлен острый дефицит сахара, микроэлементов, витаминов, высокий уровень никеля и железа. Это явилось причиной развития данной патологии.

Клинический осмотр больных животных с гипокобальтозом показал уменьшение эластичности кожи, тусклую шерсть, снижение моторики рубца. У некоторых животных отмечали провисание позвоночного столба, хруст в суставах, кахексию. Проводимая терапия во всех опытных группах положительно повлияла на анализируемые показатели крови. Результаты представлены в таблице 2.

В таблице 2 анализируемые показатели крови животных на 1-й день опыта имели выраженные изменения относительно нормативных значений. Так, уровень эритроцитов и лейкоцитов крови был снижен на 21,4; 33,4% соответственно, при одновременно низком содержании гемоглобина, уровень которого был на 16,6 % ниже нормы. Одновременное снижение гемоглобина и общего количества эритроцитов дает основание предположить, что в организме коров-первотёлок имеет место развитие анемии. Это предположение подтверждается низким содержанием витамина В₁₂, уровень которого на 38,0 % ниже нормы. Таким образом, у больных животных нарушается гемопoэтический процесс с развитием гипохромной анемии.

В период эксперимента у животных опытных групп имела место активизация процессов гемопoэза, наиболее значимая на 60-й день эксперимента. Использование витамина В₁₂ в первой группе повысило количество эритроцитов на 17,4 (P<0,05); лейкоцитов – на 33,3 (P<0,001), гемоглобина – на 23,5 % (P<0,01) в сравнении с животными контрольной группы. В результате применения солей кобальта сульфата была выявлена аналогичная тенденция к повышению изучаемых показателей. Так, содержание общего количества эритроцитов увеличилось на 11,2 (P<0,05); лейкоцитов – на 14,1% (P<0,05); гемоглобина – на 2,8%. В третьей группе, при сочетании применения витамина В₁₂, солей кобальта сульфата и цеолита

имело место повышение количества эритроцитов на 29,9 (P<0,01); лейкоцитов – на 39,5 (P<0,01); гемоглобина крови – на 15,5% (P<0,01) в сравнении с животными контрольной группы.

Таблица 2

Морфо-биохимические показатели крови коров-первотёлок на фоне проводимой терапии (M±m; n=5)

Показатель	Группа животных	Сутки эксперимента, (дн.)		
		1	30	60
Эритроциты, x 10 ¹² /л	контроль	4,78±0,16	4,96±0,13	5,05±0,01
	1 опытная	4,92±0,2	5,15±0,19	5,93±0,23*
	2 опытная	4,85±0,11	4,94±0,06	5,62±0,13*
	3 опытная	4,9±0,13	5,79±0,14	6,56±0,07**
Лейкоциты, x 10 ⁹ /л	контроль	5,41±0,06	5,51±0,19	5,72±0,04
	1 опытная	5,54±0,11	6,16±0,19	7,63±0,09**
	2 опытная	5,29±0,17	6,06±0,13	6,53±0,11*
	3 опытная	5,46±0,19	6,93±0,17	7,98±0,02**
Гемоглобин, г/л	контроль	95,5±0,17	97,1±0,09	97,6±0,06
	1 опытная	96,3±0,23	104,9±0,15	110,6±0,03
	2 опытная	96,0±0,21	99,1±0,12	100,4±0,06
	3 опытная	95,9±0,19	109,8±0,11	112,8±0,09**
В ₁₂ (цианокобаламин) пмоль/л	контроль	328,9±0,11	331,4±0,06	338,8±0,03
	1 опытная	326,9±0,19	396,6±0,01*	458,8±0,05**
	2 опытная	322,9±0,13	384,4±0,09*	429,6±0,12**
	3 опытная	320,1±0,09	432,2±0,07**	499,3±0,07***

Примечание здесь и далее: М - средняя арифметическая по группе; ±m - ошибка средней арифметической; n - число животных в группе; достоверность: * - P<0,05; ** - P<0,01; *** - P<0,001
Х - И.П. Кондрахин (2004) [7]

В условиях экспериментальных исследований наблюдалась активизация обмена витамина В₁₂, парентеральное его введение в первой опытной группе сопровождалось увеличением его концентрации на 35,1% (P<0,01), во второй – на 26,4% (P<0,01), в третьей группе – на 47,1% (P<0,001). Таким образом, проведен-

ный анализ полученных данных свидетельствует о том, что в условиях биогеохимической провинции при терапии гипокобальтоза коров-первотёлок эффективнее использовать комплексное лечение. Содержание химических элементов в крови животных представлено в таблице 3.

Таблица 3

Содержание химических элементов в крови подопытных коров-первотёлок, мг/л (M±m; n=5)

Показатель	Группа животных	Сутки исследования, (дн)		
		1	30	60
Железо	контроль	263,3±0,09	272,2±0,08	269,9±0,03
	1 опытная	268,8±0,13	262,4±0,11	260,1±0,07
	2 опытная	271,4±0,09	267,8±0,11	270,4±0,11
	3 опытная	270,3±0,11	251,4±0,07	243,3±0,04*
Кобальт	контроль	0,006±0,12	0,0065±0,12	0,0065±0,06
	1 опытная	0,0061±0,19	0,0071±0,14	0,0073±0,09
	2 опытная	0,006±0,21	0,0076±0,09	0,008±0,17
	3 опытная	0,059±0,17	0,0078±0,13	0,010±0,06***
Цинк	контроль	2,85±0,15	2,91±0,07	2,93±0,09
	1 опытная	2,81±0,20	2,99±0,09	3,11±0,06
	2 опытная	2,89±0,09	2,97±0,11	3,06±0,03
	3 опытная	2,78±0,11	3,38±0,09**	3,93±0,02***
Никель	контроль	0,160±0,09	0,161±0,07	0,160±0,02
	1 опытная	0,163±0,09	0,157±0,02	0,153±0,04
	2 опытная	0,170±0,11	0,153±0,09	0,150±0,07
	3 опытная	0,171±0,06	0,150±1,03	0,131±0,02**

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что содержание жизненно необходимых (цинк, кобальт) элементов в крови коров в 1-й день опыта значительно ниже нормативных данных, при повышении уровня железа и никеля на 8; 41,6% соответственно. Содержание цинка на 28,8% ниже рекомендуемых норм. По ранее полученным данным А.М. Гертман и др. [2], повышение уровня железа и никеля может быть причиной снижения кобальта, так как отмеченные элементы выполняют роль антагонистов и препятствуют нормальному усвоению его солей. Фоновое содержание кобальта у больных гипокобальтозом коров-первотёлок имеет дефицит 85,0 % от референсного значения.

В ходе экспериментального исследования было подтверждено, что проведенная терапия нормализовала минеральный обмен и обеспечила высокий детоксикационный эффект в отношении солей железа и никеля. Более выражены эти результаты были на 60-й день эксперимента. В этот период применение витамина В₁₂ и солей кобальта в первой и второй экспериментальных группах показало значительную тенденцию к снижению концентрации железа, однако статистическая оценка не выявила достоверных различий.

Комплексная терапия больных гипокобальтозом коров в третьей экспериментальной группе сопровождалась достоверным снижением железа на 9,9% (P<0,5), что может быть связано с адсорбционными свойствами цеолита. Это подтверждается снижением содержания солей никеля в третьей экспериментальной группе. Уровень никеля был на 18,2% (P<0,01) ниже контрольных величин. Снижение уровня железа и никеля сопровождалось повышением уровня цинка и кобальта. Так, уровень цинка увеличился на 34,1 (P<0,001), а уровень кобальта – на 53,8 % (P<0,001) по отношению к контрольной группе. На основании этих данных можно отметить, что цеолит обладает достаточно высоким ионнообменным потенциалом для входящих в его состав микро- и макроэлементов, обеспечивающих компенса-

торную корректировку минеральных показателей. Поэтому комплексный подход к лечению гипокобальтоза коров-первотёлок является более эффективным в сравнении с другими способами. Эффективность способа комплексного применения препаратов подтверждена нормализацией клинических признаков и повышением молочной продуктивности больных гипокобальтозом коров.

Следует отметить, что за весь экспериментальный период суточный удой молока составил: в первой опытной группе 16,2±0,12 кг, во второй группе – 15,9±0,11 кг, в третьей – 17,2±0,09 кг, что на 8,0; 6,6; 14,9 % соответственно выше, чем в контрольной группе.

Таким образом, СПК «Сарафаново» находится на территории биогеохимической провинции с повышенным содержанием в объектах внешней среды солей никеля и железа при остром дефиците жизненно важных микроэлементов и особенно кобальта, что сопровождается развитием гипокобальтоза у коров-первотёлок. Применение лекарственных препаратов физиологически обосновано.

Известно, что при гипокобальтозе нарушено рубцовое пищеварение, снижается синтез витамина В₁₂ (цианокобаламин) и нарушается моторно-секреторная функция преджелудков [10].

Витамин В₁₂ биологически активен, способствует кроветворению, эритропоэзу, необходим в процессах трансметилирования, транспорта водорода, образования метионина, нуклеиновых кислот, холина, креатина [1].

В работе Кабыша А.А. [6] отмечено, что кобальт регулирует метаболические процессы, является активатором минерального обмена, нормализует рубцовое пищеварение, стимулирует выработку эритропоэтина, ускоряет созревание эритроцитов, предотвращает развитие анемии.

В условиях биогеохимических провинций техногенного происхождения применение в рационе животных с детоксикационной целью цеолитов и цеолитсодержащих минералов достаточно широко освящено в специальной

литературе [12]. В состав цеолитов входят более 40 микро- и макроэлементов, они имеют форму неправильного тетраэдра, на вершинах которого расположены атомы кремния или алюминия. Пористое строение обеспечивает процессы адсорбции.

Выводы

1. Гипокобальтоз в условиях биогеохимической провинции имеет широкое распространение, сопровождается ярко выраженными клиническими признаками. Процент поражения животных составляет 54-55,6 % от числа исследуемых животных.

2. Лечение гипокобальтоза коров-первотёлок с использованием в сочетании препаратов, имеющие выраженный терапевтический

эффект и включением в схему цеолита, наиболее эффективно в сравнении с другими способами лечения и может быть рекомендовано специалистам хозяйств, территории которых расположены в условиях биогеохимических провинций.

Работа выполнена в рамках выполнения темы НИОКРТ за счет средств федерального бюджета (госзаказ 2023): «Разработка научно обоснованной системы коррекции обменных процессов у высокопродуктивных коров в условиях биогеохимических провинций».

Список источников

1. Видаль. Справочник лекарственных препаратов: официал. сайт. URL: <https://www.vidal.ru> (дата обращения: 17.02.2023).
2. Гертман А. М., Самсонова Т. С., Крупцова Н. Н. Гипокобальтоз молочных коров в условиях Южного Урала // АПК России. 2019. Т. 26, № 4. С. 617-622.
3. Голодяева М. С., Батраков А. Я. Ранняя диагностика биохимического статуса у коров-первотёлок при гепатозе // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. № 4. С. 126-128.
4. Жаков М. С. Методические рекомендации к методу вычисления среднестатистической ошибки и доверительных интервалов средних арифметических величин с помощью таблицы Р. Б. Стрелкова. Витебск, 1986. 22 с.
5. Загрязненность ряда районов Челябинской области токсикантами, их влияние на организм крупного рогатого скота и продукты питания человека / М. И. Рабинович [и др.] // Загрязненность экологических систем токсикантами и актуальные вопросы современной фармакологии и токсикологии. Подготовка кадров: материалы междунар. конф. / Урал. гос. ин-т ветеринар. медицины. Троицк, 1996. С. 29-33.
6. Кабыш А. А. Этиология и принципы лечения эндемических болезней в условиях Южного Урала // Современные проблемы ветеринарной терапии и диагностики болезней животных: Материалы юбилейн. Междунар. науч.-практ. конф. ветеринар. терапевтов и диагностов, посвящ. 90-летию Кабыша А. А. / Урал. гос. акад. ветеринар. медицины. Троицк, 2007. С. 44-45.
7. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / под ред. И. П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 519 с.
8. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Техасс. технол. ун-т г. Лаббок, США [и др.]. СПб. : Наука, 2008. 543 с. : ил., табл.
9. Экология и безопасность: справочник. М.: ВНИИПИ, 1993. Т. 2, ч. 1: Экологическая безопасность / Н. Г. Рыбальский [и др.]. 292 с.
10. Гертман А.М., Самсонова Т.С., Крупцова Н.Н., Гасанов А.С. Состояние морфологических показателей крови коров при гипокобальтозе, способ коррекции // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 242, № 2. С. 40-43.
11. Холод В. М., Ермолаев Г. Ф. Справочник по ветеринарной биохимии. Минск: Ураджай, 1988. 168 с.
12. Шадрин А. М. Природные цеолиты Сибири в животноводстве, ветеринарии и охране окружающей среды. Новосибирск, 1998. 116 с.
13. Яшин А. В., Куляков Г. В., Щербаков Г. Г. Болезни печени (синдромы). СПб., 2017. 31 с.
14. Makarcev N.G. Kormlenie sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh [Tekst]: uchebnoe posobie / N.G. Makarcev. – Izdatel'stvo nauchnoj literatury N.F.Bochkarevoj, 2007. 608 s.
15. Miller E. R. Techniques for determining bioavailability of trace elements // 6th Ann Internat Minerals Conf. St. Petersburg Beach, Florida. 1983. P. 23-40.
16. Lindh, U. Biological functions of the elements / U. Lindh // Essentials of Medical Geology: Elsevier, 2005. P. 115-160.

**COMPARATIVE EVALUATION OF VARIOUS TREATMENT METHODS
OF HYPOCOBALTOSIS OF FIRST-CALF COWS
IN A BIOGEOCHEMICAL PROVINCE**

©2023. Alexander M. Gertman^{1✉}, Dina M. Maksimovich², Natalia N. Kruptsova³

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

¹t.knb@sursau.ru

Abstract. In the biogeochemical provinces of the Southern Urals, non-infectious pathology of animals is widespread, in which microelementosis has a significant share. At the same time, hypoco-baltosis is a dominant pathology, especially recorded in first-calf cows. The reason for this pathology lies not only in the deficiency of such essential element as cobalt, but also the antagonist elements which can be found in excess in the environmental objects, respectively, in the balanced ration and animal organisms, play a significant role in the etiology. Under the conditions of the SEC "Sarafanovo" of the Chebarkul district of the Chelyabinsk region, the elements, which belong to cobalt antagonists, are nickel and iron salts. Testing of the method of treatment of hypoco-baltosis with the application of the mineral sorbent zeolite in the scheme allowed to reduce the toxic effect of nickel and iron salts, and thereby, the combined use of vitamin B12 and cobalt salts contributed to the activation of cobalt metabolism. A scientifically approved method for the treatment of hypoco-baltosis of the first-calf cows with the application of vitamin B12, cobalt salts and zeolite has distinct therapeutic and economic results.

Key words: hypoco-baltosis, first-calf cows, microelementoses, zeolites

References

1. Vidal'. Spravochniklekarstvennykhpreparatov (Handbook of medicines). ofitsial. sait. URL. <https://www.vidal.ru> (data obrashcheniya.17.02.2023).
2. GertmanA.M.,Samsonova T.S.,Kruptsova N.N. Gipokobal'-tozmolochnykhkorov v usloviyakhYuzhnogoUrala (Hypoco-baltosis of dairy cows in the conditions of the Southern Urals), APK Rossii, 2019, T.26,No 4, pp. 617-622.
3. Golodyaeva M. S., BatrakovA.Ya. Rannyayadiagnostikabiokhi-micheskogostatusa u korov-pervotelokprigepatoze (Early diagnosis of biochemical status in first-calf cows with hepatosis). Voprosynormativno-pravovogoregulirovaniya v veterinarii, 2018, No 4, pp. 126-128.
4. Zhakov M. S. Metodicheskierekomendatsii k metoduvychisle-niyasrednestaticheskoioshibkiidoveritel'nykhintervalovsrednikharifmeticheskikhvelichin s pomoshch'yutablitsy R. B. Strelkova (Methodological recommendations for the method of calculating the average statistical error and confidence intervals of arithmetic averages using the R. B. Strelkov table), Vitebsk, 1986, 22 p.
5. Zagryaznennost' ryadaraionovChelyabinskoioblastitoksikan-tami. ikhvlivanienaorganizmkрупnogorogatoskotiaproduktypitaniyacheloveka (Contamination of a number of districts of the Chelyabinsk region with toxicants, their effect on the organism of cattle and human nutrition products), M. I. Rabinovich [i dr.]. Zagryaznennost' ekolo-gicheskikhstistemtoksikantamiaktual'nyevoprosyovremennoifarmakologiiiitoksikologii. Podgotovkakadrov .materialymezhdunar. konf.,Ural. gos. in-t veterinar. Meditsiny, Troitsk,1996, pp. 29-33.
6. Kabysch A. A. Etiologiyaiprintsipylecheniyaendemicheskikhboleznei v usloviyakhYuzhnogoUrala (Etiology and principles of treatment of endemic diseases in the conditions of the Southern Urals). Sovremennyyeproblemyve-terinarnoiterapiiidagnostikiboлезneizhivotnykh .materialyubilein, Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. veterinar. terapevtovidiagnostov. posvyashch. 90-letiyu Kabyscha A. A.,Ural. gos. akad. vete-rinar. Meditsiny, Troitsk, 2007, pp. 44-45.
7. Metodyveterinarnoiklinicheskoi laboratornoidiagnostiki .spravochnik (Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: handbook), pod red. I. P. Kondrakhina. M. .KolosS, 2004, 519 p.
8. Oberlis D., Kharland B., Skal'nyi A. Biologicheskayarol' makro- imikroelementov u chelovekaizhivotnykh (Biological role of macro- and microelements in humans and animals), Tekhass. tekhnol. un-t g. Labbok. SShA [i dr.]. SPb.,Nauka, 2008, 543 p., il. tabl.
9. Ekologiya i bezopasnost' .spravochnik (Ecology and safety: handbook), M. ,VNIPI, 1993, T. 2,ch. 1. Ekologicheskayabezopasnost' , N. G. Rybal'skii [i dr.], 292 p.
10. Sostoyaniemorfologicheskikhpokazateleikrovikorovprigi-pokobal'toze. sposobkorreksii (The status of morphological parameters of blood of cows with hypoco-baltosis, method of correction), A. M. Gertman. T. S. Samsonova. N. N. Kruptsova. A. S. Gasanov .UchenyepapiskiKazanskoigosu-darstvennoiakademii veterinarnoimeditsinyim. N.E. Baumana, 2020, T. 242, No 2, pp. 40-43.
11. Kholod V. M., Ermolaev G. F. Spravochnik po veterinarnoi biokhimii (Handbook of Veterinary Biochemistry), Minsk, Uradzhai, 1988, 168 p.

12. Shadrin A. M. Prirodnyye solity Sibiri v zhivotnovodstve, veterinarii i okhrane okruzhayushchey sredy (Natural zeolites of Siberia in animal husbandry, veterinary medicine and environmental protection), Novosibirsk, 1998, 116 p.
13. Yashin A. V. Kulyakov G. V. Shcherbakov G. G. Boleznipecheni (sindromy) (Liver diseases (syndromes)), SPb., 2017, 31 p.
14. Makarcev. N.G. Kormleniesel'skoko zjajstvennykh zhivotnykh [Tekst]. uchebnoe posobie (Feeding of farm animals), N.G. Makarcev. – Izdatel'stvo nauchnoj literatury N.F. Bochkarevoj, 2007, 608 p.
15. Miller E. R. Techniques for determining bioavailability of trace elements (Techniques for determining bioavailability of trace elements), 6th Ann Internat Minerals Conf. St. Petersburg Beach., Florida, 1983, pp. 23–40.
16. Lindh. U. Biological functions of the elements (Biological functions of the elements), U. Lindh. Essentials of Medical Geology, Elsevier, 2005, pp. 115–160.

Сведения об авторах

А.М. Гертман¹✉ – д-р вет. наук, профессор;

Д.М. Максимович² – канд. вет. наук, доцент;

Н.Н. Крупцова – преподаватель.

^{1,2,3} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный аграрный университет", 457100 г. Троицк Челябинская обл., ул. Гагарина, 13

¹ t.knb@sursau.ru

² maximovichdina@mail.ru

Information about the authors

A.M. Gertman¹✉ – Dr. Vet. Sci., Professor;

D.M. Maksimovich² – Cand. Vet. Sci., Associate Professor;

N.N. Krupцова³ – Lecturer.

^{1,2,3} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Ural State Agrarian University», Troitsk, Russia.

¹ t.knb@sursau.ru

² maximovichdina@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 02.04.2023; одобрена после рецензирования 03.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 02.04.2023; approved after reviewing 03.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 636.2.082.453.52(470.51)

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_82

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СЕКСИРОВАННОЙ СПЕРМЫ РАЗНЫХ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В СХПК «КОЛОС» УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

©2023. Анна Витальевна Зорина¹, Екатерина Николаевна Мартынова²,
Юлия Викторовна Исупова^{3✉}

¹СХПК «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики

^{2,3}ФГБОУ ВО Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

³isupova_79@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты проведения исследований по оценке эффективности применения разделённой по полу спермы разных быков-производителей и сравнение этих данных с результатами использования двуполой спермы. Исследования проводились на базе СХПК «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики. Результаты по оплодотворяемости и данные результатов отёла приведены отдельно по тёлкам и коровам. Для осеменения тёлочек использовалась сексированная сперма быков-производителей Грифф 3129340690 и Мишшн 12719190, для осеменения коров использовалась сперма быков-производителей Пончо 3132353459 и Саммердей 12609076. Для анализа использования традиционной спермы были взяты результаты по быкам-производителям Селен 2242 и Банзай-М 770753322, сперма которых использовалась для осеменения тёлочек, а также Мак Гивер-М 879381604 и Ярис-М 932520221, которые использовались для осеменения коров. В результате проведённых исследований было установлено, что оплодотворяющая способность разделённой по полу спермы практически не снижается, а при использовании её на тёлках были получены более высокие показатели. Так, от первого осеменения процент стельности составил в среднем 68,5 %, а при использовании обычной спермы данный показатель составил 44,6 %. При осеменении тёлочек лучшие показатели по оплодотворяющей способности были получены при использовании разделённой по полу спермы быка Грифф 3129340690. Результативность от использования его семени составила 70,3 %. На коровах использование такой технологии в условиях предприятия оказалось менее эффективной. Так, оплодотворяемость коров от первого осеменения разделённой по полу спермой составила 40,3 %. В целом, при использовании сексированной спермы от коров было получено 94,1 % тёлочек, 1,3 % мертворождённых плодов и 2,8 % случаев аборт. При использовании обычной спермы данные показатели составили соответственно 47,8, 2,6 и 2,6 %.

Ключевые слова: быки-производители, голштинская порода, сексированная сперма, традиционная сперма, оплодотворяемость, результат отёла

Введение. В последние десятилетия при использовании интенсивной технологии производства продукции скотоводства используются достижения генетики и селекции, а также новейшие приёмы воспроизводства, то есть внедряются геномные технологии и приёмы использования сексированной спермы для искусственного осеменения маточного поголовья. Пол будущего приплода оказывает огромное влияние на всю систему воспроизводства стада, поэтому он является наиболее важной генетической характеристикой [1, 7, 13, 14].

Применение сексированного семени приобретает значительное место в воспроизводстве коров и тёлочек, поскольку служит гарантией повышения интенсивности поголовья [2, 3, 8].

При использовании сексированной спермы для воспроизводства стада стремятся получить большее количество потомков от выдающихся быков-производителей с целью более рационального использования их генетического материала. В результате будет получено максимальное количество ремонтных тёлочек от лучших животных стада с последующей выбраковкой менее ценных животных [4, 6, 12].

Технология обработки спермы отрицательно влияет на её качественные характеристики (по данным ряда авторов, оплодотворяемость от разделённой по полу спермы оказывается ниже на 10 – 15 %). Концентрация обработанной спермы редкая, так как в одной дозе содержится примерно 2 млн сперматозоидов, тогда как в обычной сперме концентрация составляет 10 – 12 млн. В связи с обработкой спермы (флуоресценция) происходит повреждение сперматозоидов, вследствие чего остаётся много некондиционного семени – около 50 %. Поэтому при осеменении разделённой по полу спермой аборт составляют в среднем 1 %, эмбриональная смертность – 10 – 12 %. Нормой считается оплодотворяемость тёлочек от первого осеменения не разделённой по полу спермой в пределах 65 %, а сексированной спермой – 45 % [5, 11, 15].

По данным Олексиевича Е.А. (2020), в хозяйствах Ленинградской области широко используется сперма, разделённая по полу. Эффективность её применения в племенных хозяйствах Ленинградской области различна и колеблется от 45 до 82 % на отдельных предприятиях. При осеменении половозрелых коров сексированной спермой результативность составляет 60 – 70 %. Использование разделённой по полу спермы даёт гарантию на получение желаемого пола животного около 90 %, позволяет увеличить маточное поголовье хозяйства, в связи с этим быстро обновить стадо или получить дополнительный доход от продажи племенных тёлочек [9].

По результатам исследований, представленным Шишкиной М.А. (2015), в ООО «Сибирская Нива» Новосибирской области при применении для осеменения коров и тёлочек разделённой по полу спермы в среднем было получено 86,6 % тёлочек, 7,0 % мертворождённых телят и 3,2 % абортов. При этом выход тёлочек находился в пределах от 83,3 до 92,8 %, в зависимости от быка-производителя [10].

В связи с этим целью исследования послужило изучение эффективности использования спермы разделённой по полу разных быков-производителей голштинской породы в СХПК «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- сравнить оплодотворяющую способность сексированной и обычной спермы используемых быков-производителей;
- определить результативность использования разделённой по полу спермы.

Методика. Исследования по использованию сексированной спермы проведены в СХПК «Колос» Вавожского района. Данное хозяйство является одним из лучших племенных предприятий Удмуртской Республики, которое в числе первых осваивает и внедряет новейшие технологии в области кормления, выращивания и воспроизводства животных. На предприятии используют сперму, разделённую по полу, от быков-производителей американской и канадской селекции. Для осеменения тёлочек использовалась сперма быков-производителей Грифф 3129340690 линии Вис Бэк Айдиал и Мишшн 12719190 линии Рефлекшн Соверинг, всего было осеменено 644 головы. Для осеменения коров использовалась сперма быков-производителей Пончо 3132353459 и Саммердей 12609076 линии Вис Бэк Айдиал, всего было осеменено 893 животных.

Для сравнения результатов использования сексированной спермы были проанализированы результаты осеменения и традиционной спермой. В анализ была включена сперма быков-производителей Селен 2242 линии

Монтвик Чифтейн российской селекции, Банзай-М 770753322 линии Вис Бэк Айдиал немецкой селекции, сперма которых использовалась для осеменения тёлочек. Для осеменения коров использовалась сперма производителей Мак Гивер-М 879381604 линии Рефлексн Соверинг и Ярис-М 932520221 линии Вис Бэк Айдиал нидерландской селекции.

Результаты. СХПК «Колос» является одним из ведущих, стабильно развивающихся и крупнейших сельскохозяйственных предприятий Удмуртской Республики. В хозяйстве достигнуты высокие производственные показатели по всем направлениям хозяйственной деятельности.

На предприятии ведётся углублённая селекционно-племенная работа по специально разработанной комплексной программе на период до 2024 года. Построен и функционирует молочный комплекс на 1712 голов с роторным доильным залом DeLaval PR 3100. В 2021 году запущен кормовой центр на 310 тонн полнорационного корма. В хозяйстве широко приме-

няются современные биотехнологические методы воспроизводства стада, с 2020 года для племенных целей используется сперма, разделённая по полу, для воспроизводства стада применяется технология эмбриотрансфера, хозяйство участвует в региональной геномной селекционной программе по созданию референтной базы.

Поголовье крупного рогатого скота составило 10672 головы, в том числе 3850 коров (на конец 2021 г.). Среднегодовой надой на одну корову в хозяйстве составляет 9382 кг молока.

Применяемые в хозяйстве новые методы селекционно-племенной работы и внедрение новых технологий направлены на повышение репродуктивных качеств стада и его хозяйственно-полезных показателей продуктивности.

Результаты оплодотворяемости от первого осеменения на предприятии от обычной криоконсервированной и сексированной спермы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оплодотворяемость коров и тёлочек от первого осеменения

Кличка и № быка	Осеменено всего, гол.	Из них плодотворно, гол.	Оплодотворяемость, %
сперма, разделённая по полу			
тёлки			
Грифф 3129340690	445	313	70,3±2,16
Мишшн 12719190	199	128	64,3±3,40
Всего	644	441	68,5±1,83
коровы			
Саммердей 12609076	339	149	44,0±2,70
Пончо 3132353459	554	211	38,1±2,06
Всего	893	360	40,3±1,64
обычная сперма			
тёлки			
Селен 2242	143	70	49,0±4,18
Банзай-М 770753322	70	25	35,7±5,73
Всего	213	95	44,6±3,41
коровы			
Мак Гивер-М 879381604	200	84	42,0±3,49
Ярис-М 932520231	180	65	36,1±3,58
Всего	380	149	39,2±2,50

Эффективность использования разделённой по полу спермы на коровах была ниже, чем на тёлках, и зависела от конкретного быка (таблица 1). Так, в среднем оплодотворяемость тёлочек от первого осеменения составила 68,5 %,

а коров – 40,3 %. При этом наибольшая оплодотворяемость тёлочек была получена от осеменения спермой производителя Грифф 3129340690 – 70,3 %, что на 6,0 % больше по

сравнению с быком Мишшн 12719190. На коровах лучшая оплодотворяемость была получена от осеменения спермой быка Саммердей 12609076 – 44,0 %, это на 5,9 % больше по сравнению с производителем Пончо 3132353459.

Анализируя оплодотворяемость от первого осеменения обычной спермой в условиях предприятия, было выявлено, что результативность в среднем ниже как на тёлках, так и на коровах, но также зависит от быка-производителя. Так, в среднем оплодотворяемость тёлочек от первого осеменения оказалась ниже на 23,9 %, а коров – на 1,1 % по сравнению с разделённой по полу спермой. При этом наилучшие результаты были получены от осеменения тёлочек спермой быка-производителя Селен 2242 –

49,0 %, что на 13,3 % выше по сравнению с Банзаем-М 770753322. На коровах лучшая оплодотворяемость была получена от осеменения спермой быка Мак Гивер-М 879381604 – 42,0 %, это на 5,9 % больше по сравнению с производителем Ярис-М 932520231 и на 3,9 % больше по сравнению с Пончо 3132353459 (сексированная сперма).

Результаты использования сексированной спермы (таблица 2, рисунок 1) свидетельствуют, о получении довольно высокого выхода тёлочек. При этом данный показатель варьирует в зависимости от быка-производителя. Наибольший выход тёлочек наблюдается от быков, которые использовались для осеменения коров – в среднем 97,5 %, в то время как у тёлочек этот показатель ниже на 5,8 % (91,7 %).

Таблица 2

Результаты оплодотворения сексированной спермой

Кличка и № быка	Число		Мертворождённые		Аборты	
	тёлочек	бычков	голов	%	голов	%
тёлки						
Грифф 3129340690	284	24	4	1,3	2	0,6
Мишшн 12719190	113	12	3	2,3	3	2,3
Всего	397	36	7	1,6	5	1,1
коровы						
Саммердей 12609076	113	3	2	1,3	6	4,0
Пончо 3132353459	198	5	1	0,5	10	4,7
Всего	311	8	3	0,8	16	4,4

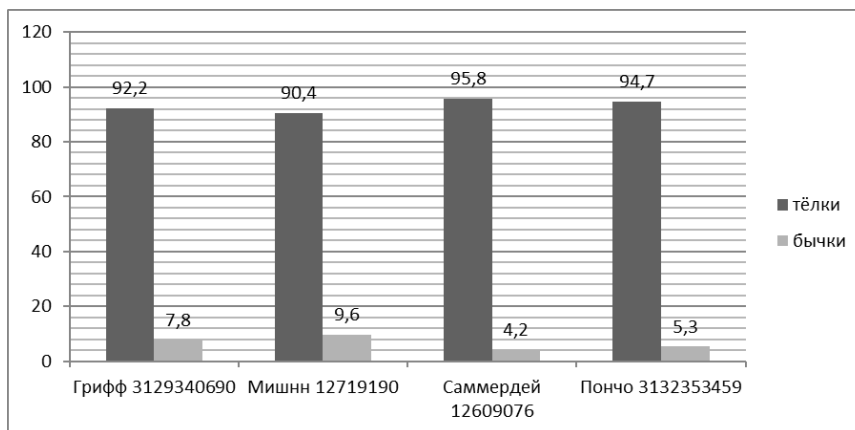


Рис 1. Соотношение по полу потомства, полученного от сексированной спермы

Fig. 1. Sex ratio of offspring obtained from sexed sperm

При использовании сексированной спермы наблюдается рождение мёртвых телят, аборты и рождение двоен. Всего мертворождённых телят было 10 голов. При этом наибольшее количество наблюдалось от тёлочек,

осеменённых спермой быка Мишшн 12719190 – 3 головы или 2,5 %, а также от быка Грифф 3129340690 – это 4 головы или 1,3 %. В то же время абортов наблюдалось больше от коров, осеменённых сексированной спермой, – в

среднем 4,4 % против 1,1 % у тёлочек. Наименьшее количество абортот отмечено при использовании спермы быка Грифф 3129340690 – 0,6 %. Наибольшее количество абортот было получено от коров, осеменённых сексированной спермой, в частности от быка Пончо 3132353459 – 4,7 % или 10 голов. Двойни рождались от всех быков, наибольшее количество двоен (по 3 случая) было в потомстве быков Саммердей 12609076 и Мишшн 12719190.

Анализируя результаты оплодотворения обычной спермой (таблица 3, рисунок 2), можно отметить, что ожидаемо половое соотношение полученного потомства близко к 50 × 50 %. Лишь в потомстве, полученном от коров, осеменённых спермой быка Мак Гивер-М 879381604, получено 58,7 % бычков и только 41,3 % тёлочек.

Таблица 3

Результаты оплодотворения обычной спермой

Кличка и № быка	Число		Мертворождённые		Аборты	
	тёлочек	бычков	голов	%	голов	%
тёлки						
Селен 2242	33	32	3	4,3	2	2,9
Банзай-М 770753322	13	11	-	-	1	4,0
Всего	46	43	3	3,2	3	3,2
коровы						
Мак Гивер-М 879381604	33	47	2	2,4	2	2,4
Ярис-М 932520231	32	31	1	1,5	1	1,5
Всего	65	78	3	2,0	3	2,0

Следует отметить, что при использовании для воспроизводства стада обычной спермы не было ни одного случая рождения двоен, но также наблюдается рождение мёртвых телят и абортот. Причём наибольшее количество мертворождённых телят получено от тёлочек, осеменённых спермой производителя Селен 2242 (4,3 %).

В потомстве быка Банзай-М 770753322 случаев мертворождения не наблюдалось. При осеменении коров двуполой спермой производителей Мак Гивер-М 879381604 и Ярис-М 932520231 в среднем было получено 2,0 % мёртвых потомков, что выше по сравнению с результатами использования сексированной спермы на 1,2 %.

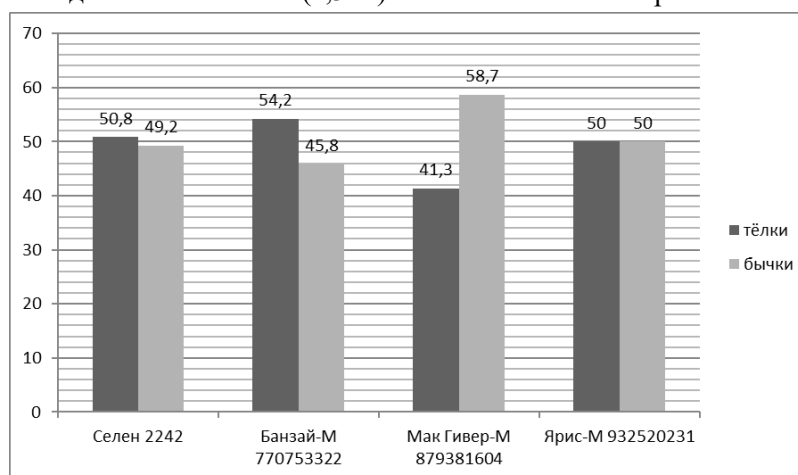


Рис 2. Соотношение по полу потомства, полученного от обычной спермы

Fig. 2. Sex ratio of offspring obtained from traditional sperm

Также следует отметить, что при использовании обычной спермы для осеменения тёлочек было получено больше абортот по сравнению с

применением разделённой по полу спермы на 2,1 % (в среднем 3,2 против 1,1 %). При этом наибольшее количество абортот наблюдалось

при использовании спермы Банзая-М 770753322 (4,0 %). В то же время на коровах, наоборот, результаты при использовании сексированной спермы хуже по сравнению с обычной. Так, количество абортировавших коров при использовании для осеменения сексированной спермы составило в среднем 4,4 %, тогда как при использовании двуполюс спермы – 2,0 %.

Выводы. Результаты наших исследований показывают, что оплодотворяющая способность разделённой по полу спермы практически не снижается, а при использовании её на тёлках были получены более высокие показатели. От первого осеменения процент стельности составил в среднем 68,5 %, а при использовании обычной спермы данный показатель составил 44,6 %. При осеменении тёлок лучшие показатели по оплодотворяющей способности были получены при использовании разделённой по

полу спермы быка Грифф 3129340690. Результативность от использования его семени составила 70,3 %.

На коровах использование такой технологии в условиях предприятия оказалось менее эффективным. Так, оплодотворяемость коров от первого осеменения разделённой по полу спермой составила 40,3 %. В целом, при использовании сексированной спермы от коров было получено 94,1 % тёлочек, 1,3 % мертворождённых плодов и 2,8 % случаев абортов. При использовании обычной спермы данные показатели составили соответственно 47,8, 2,6 и 2,6 %.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности получения хорошей оплодотворяемости тёлок при их осеменении сексированной спермой, при этом в приплоде получено более 90 % особей женского пола.

Список источников

1. Ваттио М. А. Воспроизводство и генетическая селекция: техн. руководство по производству молока // Международный институт по исследованию и развитию молочного животноводства им. Бабкока, 1996. С. 64.
2. Акушерство и репродукция сельскохозяйственных животных. Репродуктивная функция. Искусственное осеменение: учебно-методическое пособие / Г. Ф. Медведев [и др.]. Витебск: ВГАВМ, 2020. С. 38-45.
3. Головань В., Юрин Д., Кучерявенко А. Увеличиваем процент выхода тёлочек. Использование сексированного семени для ремонта стада // Животноводство России. 2019. № S1. С. 63-64.
4. Зорина А. В., Мартынова Е. Н. Влияние использования сексированного семени на оплодотворяемость тёлок // Материалы Всероссийской науч.-практ. конф., Ижевск, 27–29 окт. 2015 г. (Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции). Ижевск: Ижевская ГСХА, 2015. С. 117-120.
5. Зорина А. В., Мартынова Е. Н. Оценка влияния сексированного семени быков на воспроизводительные качества их дочерей // Материалы Международной науч.-практ. конф. в 3 томах, Ижевск, 13–16 фев. 2018 г. (Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства). Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. С. 35-38.
6. Зорина А. В., Мартынова Е. Н., Исупова Ю. В. Оценка молочной продуктивности и долголетия дочерей быков-производителей, сперма которых получена при разных технологиях // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2(94). С. 275-280.
7. Исупова Ю. В. Воспроизводительные качества коров в зависимости от возраста и живой массы при первом осеменении // Материалы Национальной науч.-практ. конф., Ижевск, 25 окт. 2022 г. (Актуальные аспекты повышения племенных и продуктивных качеств животных). Ижевск: Удмуртский ГАУ, 2022. С. 74-82.
8. Мартынова Е. Н., Зорина А. В. Генетический потенциал быков-производителей, сперма которых получена при разных технологиях, и его реализация // Материалы Международной науч.-практ. конф., Ижевск, 11–14 декабря 2018 г. (Современному АПК - эффективные технологии). Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. С. 214-219.
9. Олексиевич Е. А. Использование сексированной спермы в молочном животноводстве // Материалы международной науч.-практ. конф. Санкт-Петербург - Пушкин, 23–25 янв. 2020 г. (Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский ГАУ, 2020. С. 284-285.
10. Шишкина М. А. Эффективность применения сексированной спермы в Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 6. С. 69-71.
11. Экхорутомвен О. Т. Эффективность использования сексированной спермы // Животноводство и ветеринарная медицина. 2021. № 4 (43). С. 8-12.
12. De Jarnette J. M., Nebel R. L., Marshall C. E. Evaluation the success of sex-sorted semen in US dairy herds from on farm records // Theriogenology. 2009. No. 71. P. 49-58.
13. Kalmagambetov M. B., Karabayeva A. N. Application of the method of artificial insemination of breeding stock cows // Problems of AgriMarket. 2020. No 3. P. 164-171. – DOI 10.46666/2020.2708-9991.20.
14. Klinc P., Rath D. Application of flowcytometrically sexed spermatozooids in different farm animal species: a review. Arch. Tierz., Dummerstorf, 2006, 49: 41-54.

15. Welch G. R., Waldbieser G. C., Wall R. J. e. a. Flow cytometric sperm sorting and PCR to confirm separation of X- and Y-chromosome-bearing bovine sperm. *Anim. Biotechnol.*, 1997, 6: 131-139.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF SEXED SPERM OF DIFFERENT SERVICING BULLS IN THE AGRICULTURAL COMPLEX "KOLOS" OF THE UDMURT REPUBLIC

©2023. Anna V. Zorina¹, Ekaterina N. Martynova², Yulia V. Isupova^{3✉}

¹SEC (collective farm) "Kolos", Vavozhskii district of the Udmurt Republic, Russia

^{2,3} Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

³isupova_79@mail.ru

Abstract. The article presents the results of research on the evaluation of the effectiveness of the use of sexed sperm from different servicing bulls and the comparative analysis of these data with the results of the use of traditional sperm. The research was carried out on the basis of the agricultural complex "Kolos" of the Vavozhsky district of the Udmurt Republic. Fertilization and calving results are given separately for heifers and cows. For the insemination of heifers the sexed sperm of the servicing bulls of Griff 3129340690 and Mishshn 12719190 breeds was used, the sperm of the servicing bulls of Poncho 3132353459 and Summerday 12609076 breeds was used for cows. For the analysis of the use of traditional sperm, the results with servicing bulls of Selen 2242 and Banzai-M 770753322 breeds were taken, whose sperm was used for insemination of heifers, as well as Mac Giver-M 879381604 and Yaris-M 932520221 breeds, which were used for insemination of cows. As a result of the research, it was found that the fertilizing ability of sexed sperm practically does not decrease, and when using it on heifers, higher rates were obtained. Thus, the pregnancy rate during the first insemination was 68.5% versus 44.6% when using traditional sperm. The best fertilizing ability during insemination of heifers was achieved with the sexed sperm of the bull of the Griff 3129340690 breed. The effectiveness of use of its sperm was 70.3%. Such technology was less effective with the cows. The rate of cows' fertilization from sexed sperm during the first incemination was 40.3%. As a result of the use of sexed sperm for cows, 94.1% of heifers, 1.3% of stillborn fetuses and 2.8% of abortions were obtained. When using traditional sperm, these indicators were 47.8, 2.6 and 2.6% respectively.

Key words: servicing bulls, Holstein breed, sexed sperm, traditional sperm, rate of fertilization, calving result

References

1. Vattio M. A. *Vosproizvodstvo i geneticheskaya selektsiya: tekhn. rukovodstvo po proizvodstvu moloka (Reproduction and genetic selection)*, Mezhdunar. institut po issledovaniyu i razvitiyu molochного zhivotnovodstva im. Babkoka, 1996, P. 64.
2. *Akusherstvo i reproduktsiya sel'skokhozyaistvennykh zhitovnykh. Reproduktivnaya funktsiya (Obstetrics and reproduction of farm animals. Reproductive function)*, *Iskusstvennoe osemnenie: uchebno-metodicheskoe posobie*, G. F. Medvedev [i dr.], Vitebsk, VGAVM, 2020, pp. 38-45.
3. Golovan' V., Yurin D., Kucheryavenko A. *Uvelichivayem protsent vykhoda telochek, Ispol'zovanie seksirovannogo semeni dlya remonta stada (We increase the percentage of heifers' output. The use of sexed sperm for the herd replacement)*, *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2019, No. S1, pp. 63-64.
4. Zorina A. V., Martynova E. N. *Vliyanie ispol'zovaniya seksirovannogo semeni na oplodotvoryaemost' telok (The impact of the use of sexed semen on the fertilization of heifers)*, *Materialy Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf.*, Izhevsk, 27–29 Okt. 2015 g. (Rol' molodykh uchenykh-innovatorov v reshenii zadach po uskorennomu importozameshcheniyu sel'skokhozyaistvennoi produktsii), Izhevsk, Izhevskaya GSKhA, 2015, pp. 117-120.
5. Zorina A. V., Martynova E. N. *Otsenka vliyaniya seksirovannogo semeni bykov na vosproizvoditel'nye kachestva ikh docherei (Evaluation of the impact of sexed sperm of bulls on the reproductive qualities of their daughters)*, *Materialy Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. v 3 tomakh*, Izhevsk, 13–16 Feb.

2018 g. (Innovatsionnye tekhnologii dlya realizatsii programmy nauchno-tekhnicheskogo razvitiya sel'skogo khozyaistva), Izhevsk, Izhevskaya GSKhA, 2018, pp. 35-38.

6. Zorina A. V., Martynova E. N., Isupova Yu. V. Otsenka molochno iproduktivnosti i dolgoletiya docherei bykov-proizvoditelei, sperma kotorykh poluchena pri raznykh htekhnologiyakh, (Evaluation of milk productivity and longevity of the daughters of servicing bulls whose sperm was obtained with different technologies), Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No. 2(94), pp. 275-280.

7. Isupova Yu. V. Vosproizvoditel'nye kachestva korov v zavisimosti ot vozrasta i zhivoi massy pri pervom osemnenii, (Reproductive qualities of cows depending on age and live weight at the first insemination), Materialy Natsional'noi nauch.-prakt. konf., Izhevsk, 25 Okt. 2022 g. (Aktual'nye aspekty povysheniya plemennykh i produktivnykh kachestv zhivotnykh), Izhevsk, Udmurtskii GAU, 2022, pp. 74-82.

8. Martynova E. N., Zorina A. V. Geneticheskii potentsial bykov-proizvoditelei, sperma kotorykh poluchena pri raznykh tekhnologiyakh, i ego realizatsiya (The genetic potential of servicing bulls, whose sperm is obtained with different technologies, and its implementation), Materialy Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf., Izhevsk, 11–14 dekabrya 2018 g. (Sovremennomu APK - effektivnye tekhnologii), Izhevsk, Izhevskaya GSKhA, 2019, pp. 214-219.

9. Oleksievich E. A. Ispol'zovanie seksirovannoi spermy v molochnom zhivotnovodstve (The use of sexed sperm in dairy farming), Materialy mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. Sankt-Peterburg - Pushkin, 23–25 yanv. 2020 g. (Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya), Sankt-Peterburg, Sankt-Peterburgskii GAU, 2020, pp. 284-285.

10. Shishkina M. A. Effektivnost' primeneniya seksirovannoi spermy v Sibiri, (The effectiveness of use of sexed sperm in Siberia), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2015, Vol. 29, No. 6, pp. 69-71.

11. Ekkhorutomven O. T. Effektivnost' ispol'zovaniya seksirovannoi spermy (The effectiveness of the use of sexed sperm), Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina, 2021, No. 4 (43), pp. 8-12.

12. De Jarnette J. M., Nebel R. L., Marshall C. E. Evaluation the success of sex-sorted semen in US dairy herds from on farm records, Theriogenology, 2009, No. 71, pp. 49-58.

13. Kalmagambetov M. B., Karabayeva A. N. Application of the method of artificial insemination of breeding stock cows, Problems of AgriMarket, 2020, No 3, pp. 164-171. – DOI 10.46666/2020.2708-9991.20.

14. Kline P., Rath D. Application of flowcytometrically sexed spermatozoa in different farm animal species: a review. Arch. Tierz., Dummerstorf, 2006, 49: 41-54.

15. Welch G. R., Waldbieser G. C., Wall R. J. e. a. Flow cytometric sperm sorting and PCR to confirm separation of X- and Y-chromosome-bearing bovine sperm. Anim. Biotechnol., 1997, 6: 131-139.

Сведения об авторах

А.В. Зорина¹ – зоотехник по племенному делу;

Е.Н. Мартынова² – д-р с.-х. наук, профессор;

Ю.В. Исупова³ – канд. с.-х. наук, доцент.

¹СХПК «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики

^{2,3}ФГБОУ ВО Удмуртский государственный аграрный университет, Удмуртская Республика, г. Ижевск, Россия

¹nyta-art@rambler.ru

²ekate.martynova.55@mail.ru

³isupova_79@mail.ru

Information about the authors

A.V. Zorina¹ – zootechnician

E.N. Martynova² – Dr. Agr. Sci., Professor;

Y.V. Isupova³ – Cand. Agr. Sci., Associate Professor.

¹SEC (collective farm) "Kolos", Vavozhskii district of the Udmurt Republic, Russia

^{2,3}Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia

¹nyta-art@rambler.ru

²ekate.martynova.55@mail.ru

³isupova_79@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 30.01.2023; одобрена после рецензирования 05.03.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 30.01.2023; approved after reviewing 05.03.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 631.53.04: 633.1(571.61)

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_90

ДИНАМИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИВОТНЫХ РАЗНЫХ ЛИНИЙ БРЕДИНСКОГО МЯСНОГО ТИПА СИММЕНТАЛОВ, И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ГЕНОТИПАМ ГЕНА CAST

©2023. Марват Дусангалиевна Кадышева¹, Вера Ивановна Корнейченко²,

Саясат Джакслыкович Тюлебаев^{3✉}

^{1,2,3} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

³ s-tyulebaev@mail.ru

Аннотация. Целью исследования являлось определение показателей крови бычков разных селекционных групп нового брединского мясного типа симменталов, их сравнительный анализ и распределение по генотипам гена CAST. Опыт был поставлен в Челябинской области на племенном предприятии, имеющем статус племенного завода, на 48 головах бычков. Исследования проводились по стандартизированным методикам в испытательном центре ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, генетические исследования – в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ЦКП. Результаты показали стабильность по всем изучаемым метаболитам крови и соответствие предельно допустимым нормам при отсутствии достоверной разницы в показателях животных разных линий. Это указывает на постоянство внутренней среды организма всех животных нового брединского типа, независимо от различий их по селекционным группам. Сезонный фактор оказал достоверное влияние на кислотную ёмкость крови, которая в весенний период, по сравнению с осенью, значительно снизилась (на 5,6 – 6,6 %, $P < 0,05$) и на содержание каротина, снижение которого было более значимым – на 33,8 % ($P < 0,001$), особенно во II группе, а в III группе – на 30,9 % ($P < 0,001$). Выраженный тренд увеличения с возрастом обозначен по содержанию в крови общего белка, который увеличился во II группе на 16,5 % ($P < 0,001$), а в III группе – на 22,7 % ($P < 0,01$). Распределение белкового спектра крови по полиморфным генотипам гена CAST не показала достоверных различий, но показала некоторые тенденции, когда по содержанию бета-глобулинов бычки с генотипом TT превосходили сверстников, что требует перепроверки на более объёмной выборке.

Ключевые слова: брединский мясной тип, симментал, линии, показатели крови, белковый спектр, ген, полиморфный генотип

Введение. Максимальная направленность на прибыль может быть причиной перегрузки организма, нарушения гомеостаза, обмена веществ, что может привести к заболеваниям, ухудшению экономических показателей при разведении животных. Первыми сигналами таких изменений в организме являются показатели крови. Использование метаболитов крови, ее морфологического и биохимического

состава позволяют получить более обширную информацию о состоянии организма животных, его реагирования, например, на повышенный уровень кормления, контролировать степень уровня климатических и производственных нагрузок на животных [1-3]. Поэтому, в селекционно-племенной работе с мясным скотом большое внимание должно уделяться ис-

следованиям, посвященным изысканию биохимических маркеров физиологического состояния животных, их продуктивности, в том числе генных мутаций и их использованию в селекции, биологических тестов, позволяющих получить, кроме информации о потенциальных возможностях продуктивности животных мясных пород, еще и маркеры для ее раннего прогнозирования. При этом влияние отцов на проявление отдельных признаков, в т. ч. и интерьерных показателей, может быть интересным.

Кровь, являясь жидкой средой, обеспечивает гомеостаз в организме млекопитающих, участвуя в обменных процессах в тканях и органах, что создаёт условия для нормального функционирования всех клеток [4]. При этом поддерживается относительная стабильность показателей крови, его состава. Поэтому, по степени лабильности показателей крови, которая отражает воздействие условий внешней среды и каких-либо внутренних факторов, можно судить о состоянии организма животного, его защитных функции. Это особенно важно, с точки зрения адаптации, акклиматизации животных или создания новых селекционных форм, адаптированных к местным условиям. Подтверждение этих закономерностей и выявление новых знаний о животных нового брединского мясного типа симменталов является актуальной задачей [5].

Целью исследования являлось определение динамики гематологических показателей бычков разных существующих и создаваемых линий нового брединского мясного типа симменталов и распределение показателей по полиморфным генотипам гена CAST.

Методика. У бычков брединского мясного типа для изучения извлекались биосубстраты в виде крови и сыворотки крови для исследования на гематологические, биохимические и иммунологические показатели. Правилами для обращения с животными в наших исследованиях служили инструкции Russian Regulation 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Healthy) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals National

Academy Press Wachinkton, Д.С. 1966», предусматривающие особое отношение к животным, направленное на снижение причинения страдания, задействованному в опыте поголовью.

Исследования проводились в ООО «Брединское». Из разводимых в данном хозяйстве бычков брединского мясного типа были составлены группы (по 16 гол.) с разницей в возрасте животных, не превышающей 50 дней. Первая группа была сформирована из потомков быка Факира, индивидуальный номер 35024, вторая – из потомков быка Чижика, индивидуальный номер 39046, третья группа – из потомков двух других быков-производителей, являющихся фоном наших исследований и представляющих массу потомков всех других быков-производителей, полученных от искусственного осеменения в этот период. Регламент технологии мясного скотоводства предусматривает отъём молодняка в возрасте 7-8 мес., после чего бычков переводят на станцию по оценке по собственной продуктивности, при этом их отцы оцениваются по качеству потомства. Для животных были созданы равные условия старта. Кроме всего прочего, составляющего данные продуктивности животных, в возрасте 9 и 15 месяцев у 6 животных из каждой группы бралась кровь на определение морфологического и биохимического состава, а в 15 мес. и для выделения ДНК с целью генотипирования по гену CAST в разрезе всех животных опытных групп.

Все лабораторные исследования проводились на оборудовании ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (www.цкп-бст.рф; <http://ckprf.ru/ckpr/77384>). Для определения всего спектра гематологических показателей использовали автоматический гематологический анализатор «URIT – 2900 VET Plus» (URIT Melikal, Китай), для биохимических исследований использовался автоматический биохимический анализатор «DIRUI CS –T 240» (Китай, DURIT industrial Co., Ltd). Все реагенты для анализаторов использовались согласно протоколу. Для выделения ДНК и генотипирования кровь в отдельных пробирках APEXLAB с антикоагулянтом (EDTA) направлялась в лабораторию

молекулярно-генетической экспертизы ЦКП, где с использованием специфических реагентов «ДНК-Экстран» фирмы «Синтол» проводилось генотипирование по стандартному протоколу НК-маркера CAST²⁸⁵⁷. Для генотипирования была использована база данных GenBank (accession № AF159246), по которой был синтезирован праймер при следующей нуклеотидной последовательности: 5'-ACATTCTCCCCACAGTGCC-3', 5'-GACAGA GTCTGCGTTTTGCTC-3'.

Для амплификации использовался программируемый анализатор нуклеиновых кислот АНК -32. Расчёт частот встречаемости генотипов и отдельных аллелей по генам проводили, исходя из формулы закона Харди-Вайнберга. Полученные в результате эксперимента данные были подвергнуты статистическому анализу на основе офисного программного комплекса «Microsoft office» с применением программы «Excel» (Microsoft, США), а также использовался программный пакет «Statistika 10.0» (Stat Soft Inc. США).

Результаты. Период взятия крови у бычков в 9 мес. совпал с осенним периодом, а в 15 мес. – с весной, что определило некоторые различия в показателях. При этом, по каждому из сезонов года отмечена стабильность, отражающая физиологическое состояние животных.

Эритроциты – красные кровяные клетки, осуществляющие перенос кислорода к тканям, способствующие кислотно-щелочному балансу в организме, находились в пределах 6,73 - 6,90 $10^{12}/л.$, что выше среднего показателя физиологической нормы на 3,8% (I группа), 4,4% (II группа), 3,1% (III группа) и нижней границы предела колебаний на 22,7; 23,4 и 21,8% соответственно по группам. При этом в осенний период превосходство по основным гематологическим показателям выявлено по потомству Чижика, частично это характерно и для весеннего периода.

Сезонный фактор выявил по содержанию эритроцитов следующие различия: I группа животных – 6,73-6,75 $10^{12}/л.$; II – 6,90-

6,79; III – 6,83-6,70 $10^{12}/л.$ Количество лейкоцитов в 15-месячном возрасте в весенний период колебалось в пределах 6,75 – 7,0 $10^9/л.$, что было больше, чем осенью, в I группе на 3,4%, а в III на 1,2%. У животных второй группы была обратная зависимость. Уровень гемоглобина был стабильно высоким, что указывает на соответствующую степень обмена веществ [6]. Фактор сезонности у бычков мясных пород проявился одинаково – весной в крови животных I-й, II-й и III-й групп гемоглобина содержалось на 5,1; 1,8 и 1,2% больше, чем осенью.

Защитную функцию относительно гемоглобина проявляет каротин. Он защищает гемоглобин сыворотки крови от губительного действия нитратов, от канцерогенного воздействия прооксидантов, стимулирует действие неспецифических факторов естественной резистентности [7]. Основным источником каротина является трава естественных пастбищ, что и определяет сезонность уровня его содержания: максимален он в осенний период, минимален – весной. Эта закономерность подтверждена и нашими исследованиями: в летне-осенний период в сравнении с весенним каротина было больше в сыворотке крови животных первой группы на 28,8%; второй – на 34,9% ($P<0,001$), третьей – на 30,9% ($P<0,001$).

Кислотная ёмкость крови осенью у животных колебалась от 120,0 до 125,0 ммоль/л, а весной снизилась до 111,3 – 116,7 ммоль/л. и соответствовала нижнему пределу норм, что является обыденной ситуацией после зимовки, при этом достоверность различий находилась на уровне I порога ($P<0,05$). Содержание минеральных веществ: кальций и фосфор находили на уровне среднего показателя физиологической нормы, с небольшим профицитом по кальцию.

Белковая часть крови является значительным информационным материалом для исследователя, по уровню и соотношению фракции можно судить и об адаптационных качествах животных, и о продуктивности [8-11] (табл. 1). В наших исследованиях белок представлен как в общем виде, так и в составе

фракции. Показатели у исследуемых животных были достаточно высокими, соотношения белкового индекса находились на приемлемом уровне, всё это указывает на стабильность всех жизненных процессов в организме.

В то же время смена сезона с осени на весну, а также изменения возраста животных

сказались на динамике показателей общего белка и повлекли появление достоверности разницы, который увеличился по II группе на 16,5% ($P < 0,001$), а по III группе – на 22,7% ($P < 0,01$). Произошло возрастание и белкового индекса А/Г, причём, в III группе разница показала достоверные результаты по I порогу.

Таблица 1

Белковый состав сыворотки крови подопытных бычков

Показатель	Сезон года: осень, возраст 9 мес.			Сезон года: весна, возраст 15 мес.		
	Группа					
	I	II	III	I	II	III
Общий белок, г/л	72,80±3,512	69,97±0,167	67,20±1,644	81,70±0,635	81,53±0,167***	82,43±0,467**
Альбумины, %	44,24±0,277	43,91±0,586	44,91±0,202	45,67±0,479	46,13±0,724	46,29±0,511
Глобулины:	55,76±0,277	56,09±0,586	55,09±0,227	54,33±0,479	53,87±0,721	53,71±0,511
альфа-глобулины, %	13,72±0,570	13,50±0,602	12,45±0,049	12,81±0,663	13,13±1,013	13,15±0,599
бета-глобулины, %	17,28±0,428	16,96±0,192	17,28±0,558	17,16±0,505	16,54±0,064	15,90±1,088
гамма-глобулины, %	24,76±0,234	24,62±0,750	25,36±0,375	24,36±0,578	24,20±0,35	24,66±0,680
А/Г	0,80±0,003	0,78±0,017	0,81±0,010	0,84±0,026	0,85±0,024	0,85±0,006*

Белковый метаболизм имеет непосредственное отражение в показателях крови. Поэтому актуальные на сегодняшний день ДНК-маркеры, особенно связанные с белковым обменом, их полиморфные состояния могут быть сопряжены с белковыми показателями крови, соотношениями их фракций [12].

В нашем исследовании сделана попытка выявления такой зависимости по всем животным брединского мясного типа данного опыта,

так как ввиду ограниченности выборки отразить по группам животных это не получилось. Для этого, результаты крови животных, касающиеся белкового спектра, были распределены в разрезе полиморфных аллелей гена кальпастатина (CAST²⁸⁵⁷) являющегося ингибитором μ -кальпаина – активированной кальцием нейтральной протезы, который, в свою очередь, влияет на постубойные кондиции мышечной ткани в плане проявления признаков нежности говядины (табл. 2).

Таблица 2

Распределение показателей белкового спектра крови у животных с различным полиморфным состоянием гена CAST

Показатели крови	CAST		
	Генотип и частота встречаемости		
	СС (61,11)	СТ (22,22)	ТТ (16,67)
Общий белок, г/л	81,89 ± 0,423	81,32 ± 0,487	82,04 ± 0,5564
Альбумины, %	46,03 ± 0,571	45,81 ± 0,504	46,23 ± 0,784
Глобулины:	53,97 ± 0,571	54,19 ± 0,504	53,77 ± 0,784
альфа-глобулины, %	13,03 ± 0,758	13,99 ± 0,567	12,44 ± 652
бета-глобулины, %	16,53 ± 0,552	15,59 ± 0,398	17,28 ± 0,951
гамма-глобулины, %	24,41 ± 0,536	24,61 ± 0,484	24,05 ± 0,728
А/Г	0,853 ± 0,019	0,845 ± 0,021	0,860 ± 0,056

Среди генотипированного поголовья по данному гену было выявлено, что генотип СС составил 61,11 %, а гетерозиготный генотип СТ – 22,22 %, тогда как альтернативный гомозиготный генотип ТТ занимал лишь 16,67 % доли генотипированной популяции.

Распределение показателей белкового спектра крови у животных по выявленным в результате генетического анализа полиморфным блокам данного гена не выявило достоверных различий, в то же время отмечены некоторые тенденции. Так, бычки обладающие

генотипом ТТ, имели незначительное превосходство по количеству общего белка (0,15 – 0,72 г/л или 1,00 – 1,50 %), содержанию альбуминов (0,2 – 0,42 %), что указывает, согласно литературным источникам, на интенсивность синтеза белка в организме. Но особый интерес вызывает распределение глобулиновых фракций, когда по содержанию бета-глобулинов бычки с генотипом ТТ превосходили сверстников с другим полиморфным состоянием гена CAST на 0,75 – 1,69 % или в 1,05 – 1,11 раза.

Выводы: 1. Достоверной разницы между гематологическими показателями потомства животных разных линий не выявлено, при этом результаты показали стабильность по всем изучаемым метаболитам крови и соответствие предельно допустимым нормам, что указывает на постоянство внутренней среды организма всех животных нового брединского типа, независимо от различий их по селекционным группам.

2. Сезонный фактор в последовательности от осени к весеннему периоду оказал достоверное влияние на снижение таких показателей, как кислотная ёмкость крови (на 5,6 – 6,6 %, $P < 0,05$) и содержание каротина: во II группе – на 33,8 % ($P < 0,001$), а в III группе – на 30,9 % ($P < 0,001$). При этом, наблюдалось увеличение содержания в крови общего белка на 16,5% ($P < 0,001$) по II группе и на 22,7 ($P < 0,01$) % – по III группе.

3. Распределение белкового спектра крови по полиморфным генотипам гена CAST не показала достоверных различий, но обратила внимание на некоторые тенденции, когда по содержанию бета-глобулинов бычки с генотипом ТТ превосходили сверстников, что требует перепроверки достоверности разницы на более объёмной выборке.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2019-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН № FNWZ-2021-0001

Список источников

1. Кадышева М.Д., Нурписов И.Б., Тюлебаев С.Д. Зависимость гематологических показателей крови симментальских телок от возраста и сезона года // В сб.: Пути увеличения производства и повышения качества животноводческой продукции. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. Всероссийский НИИ мясного скотоводства. г. Оренбург. 2003. С. 73-74.
2. Русаков Р.В., Гарифуллина Н.А. Морфологический и биохимический состав крови новотельных коров при скармливании комплекса биологически активных веществ//Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;63(2):50-57. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.63.2.50-57>
3. Effect of morphological and biochemical blood composition on milk yield in Simmental breed cows of different production types. N.P. Mazur, V.V. Fedorovych, E.I. Fedorovych et. al. Ukrainian Journal of Ecology, vol. 10, no. 2, 2020, pp. 61-67. doi:10.15421/2020_110.
4. Грачёв В.И., Маринкин И.О., Суслонова Н.В.. Биохимическая регуляция функций организма // Норвежский журнал развития международной науки. №. 31-1. 2019. С. 20-34.
5. Тюлебаев С.Д., Мирошников С.А. Состояние и перспективы создания симментальской мясной породы в Российской Федерации // Вестник мясного скотоводства. 2010. Т. 3. № 63. С. 77-83.
6. Халирахманов Э. Р., Миронова И. В., Сайфуллин Р. Р. Показатели крови коров чёрно-пёстрой породы при потреблении энергетического кормового комплекса Фелуцен // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, №. 1 (69). 2018. С. 134-137.
7. The use of carotene-containing preparation in cows for the prevention of postpartum complications. Zubova TV, Pleshkov VA, Smolovskaya OV. et. al. Vet World. 2021 May;14(5):1059-1066. doi: 10.14202/vetworld.
8. Variation in blood serum proteins and association with somatic cell count in dairy cattle from multi-breed herds. Bobbo T, Fiore E, Giancesella M. et. al.. Animal. 2017 Dec;11(12):2309-2319. doi: 10.1017/S1751731117001227.
9. Литовченко В.Г., Тюлебаев С.Д., Герасимов Н.П. Гематологические показатели молодняка герефордской породы разных эколого-генетических групп // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (41). С. 140-143.
10. Дерхо М.А., Фомина Н.В., Нурбекова А.А. Зависимость мясной продуктивности бычков герефордской породы от белкового спектра крови // Ветеринарный врач. 2008. № 3. С. 41-43.
11. Plasma albumin-to-globulin ratio before dry-off as a possible index of inflammatory status and performance in the subsequent lactation in dairy cows. Cattaneo L, Lopreiato V, Piccioli-Cappelli F et. al. J Dairy Sci. 2021 Jul;104(7):8228-8242. doi: 10.3168/jds.2020-19944.
12. Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д. Гематологический статус телок брединского мясного типа симменталов с различным аллельным набором генов CAPN1 и TG5 // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (59). С. 186-191.

DYNAMICS OF HEMATOLOGICAL INDICATORS OF ANIMALS OF DIFFERENT LINES OF SIMMENTALS OF BREDY MEAT TYPE AND THEIR DISTRIBUTION BY CAST GENE GENOTYPES

©2023. Marvat D. Kadysheva¹, Vera I. Korneichenko², Sayasat D. Tyulebaev³✉

^{1,2,3} Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

³s-tyulebaev@mail.ru

Abstract. The aim of the study was to determine the blood parameters of bulls of different breeding groups of the new Bredy meat type of Simmentals, their comparative analysis and distribution by CAST gene genotypes. The experiment was carried out in the Chelyabinsk region at a breeding enterprise with the status of a breeding plant with 48 heads of bulls. The studies were carried out according to standardized methods at the testing center of the Center for Collective Use of the Federal State Budget Scientific Institution of the Federal Scientific Center of the BST RAS, genetic studies were carried out at the Laboratory of Molecular Genetic Expertise of the Center for Collective Use. The results showed stability for all studied blood metabolites and compliance with the maximum permissible norms, in the absence of a significant difference in the parameters of animals of different lines. This indicates the constancy of the internal environment of the organism of all animals of the new Bredy type, regardless of their differences in selection groups. The seasonal factor had a significant effect on the acid capacity of the blood, which significantly decreased in spring compared to autumn (by 5.6–6.6%, $P < 0.05$) and on the content of carotene, its decrease was more significant, especially in group II by 33.8% ($P < 0.001$), and in group III by 30.9% ($P < 0.001$). A clear tendency towards an increase in the content with advancing age was revealed in the content of total protein in the blood, which increased in group II by 16.5% ($P < 0.001$), and in group III by 22.7% ($P < 0.01$). The distribution of the blood protein spectrum by polymorphic genotypes of the CAST gene did not show significant differences, but showed some trends when bulls with the TT genotype exceeded their peers in the content of beta-globulins, which requires rechecking on a larger sample.

Key words: Bredy meat type, Simmental, lines, blood parameters, protein spectrum, gene, polymorphic genotype.

References

1. Kadysheva M.D., Nurpisov I.B., Tyulebaev S.D. Zavisimost' gematologicheskikh pokazatelej krovisimmen-tal'skihtelotkovozrastaisezonagoda (Dependence of hematological parameters of the blood of Simmental heifers on the age and season), V sb.: Puti uvelicheniya proizvodstva i povysheniya kachestva zhivotno-vodcheskoj produkcii, Mater. Vseros. nauch.-prakt. konf. Vserossijskij NII myasnogokotovodstva, g. Orenburg, 2003, pp. 73-74.
2. Rusakov R.V., Garifullina N.A. Morfologicheskij i biohimičeskij sostav krovinovotel'nyh korovpriskarmlivaniikompleksabiologičeskiiaktivnyh veshchestv (Morphological and biochemical composition of the blood of newborn cows when feeding a complex of biologically active substances), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018;63(2):50-57. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.63.2.50-57>
3. Effect of morphological and biochemical blood composition on milk yield in Simmental breed cows of different production types. N.P. Mazur, V.V. Fedorovych, E.I. Fedorovych et. al. Ukrainian Journal of Ecology, vol. 10, no. 2, 2020, pp. 61-67. doi:10.15421/2020_110.
4. Grachyov V.I., Marinkin I.O., Suslova N.V. Biohimičeskaya regulyaciya funkcij organizma (Biochemical regulation of body functions), Norvezhskij zhurnal razvitiya mezhdunarodnoj nauki. No. 31-1. 2019. Pp. 20-34.
5. Tyulebaev S.D., Miroshnikov S.A. Sostoyaniye i perspektivy sozdaniya simmental'skoj myasnoj porodyy v Rossijskoj Federacii (State and prospects for the creation of the Simmental meat breed in the Russian Federation), Vestnik myasnogokotovodstva. 2010. V. 3. No. 63. Pp. 77-83.
6. Halirahmanov E. R., Mironova I. V., Sajfullin R. R. Pokazateli krovikorov chorno-pyostroj porodyy pri potreblenii energetičeskogo kormovogo kompleksa Felucen (Blood parameters of black-and-white cows when consuming Felucen energy feed complex), Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrar-nogouniversiteta, No. 1 (69). 2018. Pp. 134-137.
7. The use of carotene-containing preparation in cows for the prevention of postpartum complications. Zubova TV, Pleshkov VA, Smolovskaya OV. et. al. Vetworld. May 2021;14(5):1059-1066. doi: 10.14202/vetworld.

8. Variation in blood serum proteins and association with somatic cell count in dairy cattle from multi-breed herds. Bobbo T, Fiore E, Gianesella M. et. al.. Animal. 2017 Dec;11(12):2309-2319. doi: 10.1017/S1751731117001227.

9. Litovchenko V.G., Tyulebaev S.D., Gerasimov N.P. Gematologicheskie pokazateli molodnyak gerefordskoj porodnyaznyehkologo-geneticheskijhgrupp (Hematological indicators of young Hereford breeds of different ecological and genetic groups) Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. No. 3 (41). Pp. 140-143.

10. Derho M.A., Fomina N.V., Nurbekova A.A. Zavisimost' myasnoj produktivnosti bychkov gerefordskoj porodnyotbelkovogospektrakrovi (Dependence of the meat productivity of Hereford bulls on the protein spectrum of the blood), Veterinarnyj vrach. 2008. No. 3. Pp. 41-43.

11. Plasma albumin-to-globulin ratio before dry-off as a possible index of inflammatory status and performance in the subsequent lactation in dairy cows. Cattaneo L, Lopreato V, Piccioli-Cappelli F et. al. J Dairy Sci. 2021 Jul;104(7):8228-8242. doi: 10.3168/jds.2020-19944.

12. Tyulebaev S.D., Kadysheva M.D. Gematologicheskij status tyolokbredinskogomyasnogotipasimmentalov s razlichny-malle'nyh naborom genov CAPN1 i TG5 (Hematological status of heifers of Simmentals of the Bredy meat type with different alleles of the CAPN1 and TG5 genes), Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. No. 3 (59). pp. 186-191.

Сведения об авторах

М.Д. Кадышева¹ – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

В.И. Корнейченко² – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник;

С.Д. Тюлебаев^{3✉} – д-р с.-х. наук, профессор, зав. отделом разведения мясного скота.

^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской Академии наук, ул. 9 Января 29, г. Оренбург, Россия.

¹aliya_ishamanova@mail.ru

²icvniims.or@mail.ru

³s-tyulebaev@mail.ru

Information about the authors

M D Kadysheva¹ - Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

V I Korneichenko² - Cand. Agr. Sci., Leading Researcher;

S D Tyulebaev^{3✉} - Dr. Agr. Sci., Professor, Head of beef cattle breeding department

^{1,2,3} «Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences», 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia.

¹aliya_ishamanova@mail.ru

²icvniims.or@mail.ru

³s-tyulebaev@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 15.03.2023; одобрена после рецензирования 02.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 15.03.2023; approved after reviewing 02.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 636.082: 636.2.034

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_97

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРИЗНАКОВ ЭКСТЕРЬЕРА ПЕРВОТЕЛОК ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ РАЗНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

©2023. Александр Федорович Контэ

Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия, alexandrconte@yandex.ru

Аннотация. Большое количество факторов оказывает влияние на продуктивность животных, и среди них происхождение, т.е. принадлежность к линиям и родственным группам. В соответствии с этим существует необходимость в контроле паратипических и генетических факторов. В качестве объекта исследований нами были выбраны первотелки черно-пестрой породы Подмосковья. В целях проведения исследования оценок экстерьера коров первого отела создана выборка животных, на основе данных базы, по 43988 головам. С целью определения силы влияния эффекта «линия» как фиксированного фактора нами использован дисперсионный анализ, а определения сопряженности признаков экстерьера – регрессионный многофакторный анализ. Исследуемые показатели телосложения коров-первотелок в рамках всего поголовья в основном находятся в пределах достаточно оптимальных значений баллов (5-6 баллов), за исключением показателей – положение таза, высота пятки, расположение передних сосков, длина сосков и скакательный сустав (вид сзади) (4.5-4.9 балла), это что касается оценок системы «Б». Схожая закономерность просматривается в разрезе линий. В ходе проведенных расчетов нами установлено, что три исследуемых признака линейной оценки системы «А» («молочный тип», «туловище» и «вымя») имеют достаточно высокую градацию уровня линейной зависимости (0.5679-0.7093), за исключением «конечностей» (0.4329). О силе линейной зависимости можно судить по множественному коэффициенту корреляции $R: >0.70$ – высокая; ≤ 0.70 и ≥ 0.30 – средняя; < 0.30 – низкая. В нашем случае по всей выборке и, в частности, по линиям достаточно высокая линейная зависимость ($>0,70$) по признаку «молочный тип» (системы «А») свидетельствует о том, что селекцию достаточно было бы вести по 1-2 показателям. При этом наибольшее значение по данному признаку установлено у линии Вис Бэк Айдиэл 1013415 (0.8337) и Пабст Говернер 882933 (0.7574).

Ключевые слова: линейная оценка, экстерьер, телосложение, черно-пестрый скот, регрессионный анализ, коровы

Введение. Рациональное использование продуктивного потенциала молочных пород скота имеет важное значение и зависит от хозяйственно-биологических особенностей животных и их акклиматизационной способности к внешней среде. Большое количество факторов оказывает влияние на продуктивность животных, и среди них важное место занимают

такие, как рост и развитие животного, его онтогенез, происхождение, т.е. генетика и принадлежность к линиям и родственным группам, технология доения, кормления и содержания. В соответствии с этим существует необходимость в контроле паратипических и генетических факторов. Однако из всех перечисленных факторов особую роль играет экстерьер,

отражающий строение организма и предопределяющий реализацию продуктивного потенциала [1,2].

Оценка экстерьера позволяет дать общую характеристику типу животного и его продуктивной направленности и в целом увеличить срок использования высокопродуктивных животных, что определяет рост рентабельности молочной отрасли скотоводства. Страны с развитой отраслью скотоводства, а также хозяйства России широко используют методику линейной оценки экстерьера коров при оценивании производителей по качеству потомства [3,4,5].

Оценка экстерьера включает в себя две системы: система «А» – экстерьер животного оценивается по 4-м группам признаков по 100-балльной шкале, и система «Б» – оценка наиболее важных признаков экстерьера (по 9-балльной шкале). Система «А» позволяет классифицировать внутри стада и популяции; система «Б» необходима для мониторинга экстерьера скота в регионах и хозяйствах, а также оценки быка по телосложению дочерей [6,7,8].

Следует учитывать, что изменчивость любого из признаков экстерьера может быть обусловлена воздействием не определенно одного фактора, а зависеть от совокупного действия нескольких факторов. Комплексное действие факторов может иметь разное влияние на каждый признак. Выраженность любого признака часто обусловлено совокупным действием большого числа факторов. Влияя на признак в векторе одного направления, они могут взаимно увеличивать силу влияния друг друга. В то же время, если имеет место обратное пропорциональное действие ряда факторов в отношении какого-либо признака, то совместное их действие нивелируется [9, 10].

Целью исследований являлось изучение взаимосвязи признаков экстерьера черно-пестрых первотелок в зависимости от их линейного происхождения.

Методика. В качестве объекта исследований нами были выбраны первотелки черно-пестрой породы Подмосковья. В целях проведения исследования оценок экстерьера коров

первого отела создана выборка животных, на основе данных базы, по 43988 головам. Данные включают четыре признака оценки согласно системе «А», а также семнадцать признаков оценки согласно системе «Б». Мы соотнесли 17 признаков оценки системы «Б» в соответствие четырем признакам системы «А»: все семнадцать признаков соотнесли «молочному типу» системы «А»; «туловищу» соответствуют высота, положение и ширина зада, крепость и глубина туловища; «вымени» – глубина вымени, длина и прикрепление передних долей, высота задних долей, центральная связка, длина сосков, расположение передних сосков; «конечностям» – скакательный сустав (сзади), постановка задних ног (сзади), угол задних ног сбоку, высота пятки.

С целью определения силы влияния эффекта «линия» как фиксированного фактора нами использован дисперсионный анализ. При этом общая модель однофакторного дисперсионного анализа имеет вид:

$$x_{km} = \bar{x} + \alpha_k + \beta_{km}, \quad (1)$$

где: \bar{x} – генеральная средняя (среднее арифметическое из всех наблюдаемых значений случайной величины вне зависимости от принадлежности к какой-либо группе уровня фактора); α_k – числовая характеристика степени влияния фактора на его k-м уровне; β_{km} – случайная величина, не подверженная влиянию фактора. Предполагается, что β_{km} распределена по нормальному закону и имеет нулевое математическое ожидание ($\beta_{km} \sim N(0, \sigma)$, где σ – среднее квадратическое отклонение β_{km}).

Дисперсионный анализ является результатом применения общего статистического метода проверки гипотез к сформулированной задаче [11].

Так как в нашей задаче исследуются несколько независимых переменных, то, принимая во внимание, что между ожиданием и каждой из переменных (k) существует линейная зависимость, тогда модель множественной линейной регрессии имеет следующий вид (2):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n, \quad (2)$$

где $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – коэффициенты регрессии, x_1, x_2, \dots, x_n – независимые переменные. В таком случае b_0 – это сдвиг, а b_1 является отклонением прямой Y , зависимой от переменной x_1 , если независимые переменные x_2, \dots, x_n служат константами; β_2 – отклонение прямой Y , зависимой от переменной x_2 , если

переменные x_1, \dots, x_n – константы; β_n является отклонением прямой Y , зависимой от переменной x_n , если объясняющие переменные x_1, x_2, \dots, x_{n-1} являются константами.

Значения коэффициентов регрессии будут найдены по методу наименьших квадратов системы нормальных уравнений [12,13] (3):

$$\begin{cases} n\beta_0 + \beta_1 \sum x_1 + \dots + \beta_p \sum x_p = \sum y \\ \beta_0 \sum x_1 + \beta_1 \sum x_1^2 + \dots + \beta_p \sum x_1 x_p = \sum x_1 y \\ \dots \\ \beta_0 \sum x_p + \beta_1 \sum x_1 x_p + \dots + \beta_p \sum x_p^2 = \sum x_p y \end{cases} \quad (3)$$

Расчеты осуществлены на рабочей вычислительной машине (ПК): процессор Intel(R) i3-6100 CPU Core (TM), частота 3,70 GHz, ОЗУ 16 Gb с применением языка программирования R и программы «STATISTICA» ver. 10.

Результаты. Нами были получены следующие результаты на основе проведенного статистического анализа показателей линейной оценки типа телосложения первотелок черно-пестрой породы (таблица 1).

Таблица 1

Показатели линейной оценки животных первого отела разных линий

n	Все поголовье			1*			2			3			4			5		
	43988			17855			16164			6042			1607			2320		
Система «А»																		
	M	±m	σ	M	±m	σ	M	±m	σ	M	±m	σ	M	±m	σ	M	±m	σ
1	81.0	0.01	1.75	81.1	0.01	1.78	81.1	0.01	1.73	80.9	0.02	1.72	81.3	0.04	1.72	80.8	0.04	1.76
2	81.2	0.01	1.74	81.2	0.01	1.73	81.2	0.01	1.64	81.2	0.02	1.82	81.4	0.04	1.68	80.9	0.04	2.16
3	79.2	0.01	2.06	79.3	0.02	2.08	79.2	0.02	2.03	79.2	0.03	2.10	79.6	0.05	1.83	78.9	0.05	2.17
4	80.9	0.01	1.79	80.9	0.01	1.80	80.9	0.01	1.80	80.8	0.02	1.76	81.2	0.04	1.67	80.7	0.04	1.75
Система «Б»																		
1	5.6	0.01	1.24	5.7	0.01	1.24	5.6	0.01	1.23	5.7	0.02	1.23	5.7	0.03	1.28	5.5	0.03	1.30
2	6.3	0.02	1.03	6.3	0.01	1.04	6.3	0.01	1.02	6.3	0.01	1.05	6.3	0.03	1.01	6.2	0.02	1.08
3	4.9	0.01	1.38	4.9	0.01	1.39	5.0	0.01	1.38	5.0	0.02	1.37	4.7	0.03	1.36	5.1	0.03	1.39
4	5.5	0.01	1.11	5.4	0.01	1.11	5.5	0.01	1.10	5.4	0.01	1.11	5.4	0.03	1.11	5.5	0.02	1.10
5	5.0	0.01	1.30	5.0	0.01	1.30	5.0	0.01	1.29	5.0	0.02	1.31	5.1	0.03	1.26	5.0	0.03	1.34
6	4.9	0.01	1.42	5.0	0.01	1.42	4.9	0.01	1.40	4.9	0.02	1.44	5.0	0.04	1.46	4.9	0.03	1.42
7	5.1	0.01	1.21	5.1	0.01	1.20	5.1	0.01	1.20	5.1	0.02	1.21	5.1	0.03	1.17	5.2	0.03	1.26
8	6.2	0.01	1.26	6.2	0.01	1.25	6.1	0.01	1.26	6.1	0.02	1.30	6.2	0.03	1.23	6.1	0.03	1.24
9	6.6	0.02	0.96	6.6	0.01	0.96	6.6	0.01	0.96	6.5	0.01	0.97	6.7	0.02	0.94	6.6	0.02	0.97
10	5.8	0.01	1.26	5.8	0.01	1.27	5.8	0.01	1.25	5.8	0.02	1.28	5.7	0.03	1.30	5.8	0.03	1.32
11	6.6	0.01	1.07	6.6	0.01	1.07	6.6	0.01	1.08	6.5	0.01	1.09	6.5	0.03	1.02	6.6	0.02	1.08
12	4.5	0.01	1.10	4.5	0.01	1.10	4.5	0.01	1.09	4.5	0.01	1.09	4.6	0.03	1.02	4.5	0.02	1.16
13	4.9	0.01	1.25	5.0	0.01	1.25	4.9	0.01	1.25	5.0	0.02	1.28	4.9	0.03	1.22	4.7	0.03	1.25
14	5.5	0.01	1.18	5.5	0.01	1.18	5.5	0.01	1.18	5.5	0.02	1.18	5.7	0.03	1.14	5.5	0.03	1.23
15	6.3	0.02	0.99	6.2	0.01	0.99	6.3	0.01	0.97	6.2	0.01	1.01	6.2	0.02	0.94	6.3	0.02	1.01
16	5.5	0.01	1.15	5.5	0.01	1.15	5.5	0.01	1.14	5.5	0.01	1.14	5.5	0.03	1.10	5.6	0.03	1.20
17	4.6	0.01	1.16	4.6	0.01	1.15	4.6	0.01	1.16	4.6	0.02	1.18	4.7	0.03	1.14	4.5	0.02	1.19

Исследуемые показатели телосложения коров-первотелок в рамках всего поголовья в основном находятся в пределах достаточно оптимальных значений баллов (5-6 баллов), за исключением показателей – положение таза, высота пятки, расположение передних сосков, длина сосков и скакательный сустав (вид сзади) (4.5-4.9 балла) – это, что касается оценок системы «Б». Схожая закономерность просматривается в разрезе линий. Если обратить внимание на оценки системы «А», то животные всей выбранной популяции характеризуются хорошими показателями туловища и вымени при достаточно выраженном молочном типе (80.9-81.2 балла). Конечности же имеют более низкое значение – 79.2 балла, что заметно просматривается и по линиям, это может быть связано с недостаточным вниманием на конечности при селекции крупного рогатого скота, а также с трудностями при оценке, обусловленными содержанием животных (подстилка, недостаточное освещение, неровная поверхность пола). При этом несколько более высокими баллами по показателям 100-балльной оценки обладали животные линии Пабст Говернер 882933.

Относительно же определения влияния линейной принадлежности на показатели оценки типа телосложения, мы воспользовались однофакторным дисперсионным анализом. В данном случае мы посчитали, что предиктором (фиксированным эффектом) может быть выбрана линия. Дисперсия позволяет наиболее полно охарактеризовать степень сопряженности фактора и зависимых переменных (экстерьерных показателей) – коэффициент детерминации (т.е. непосредственно силу влияния предиктора).

Дисперсия линейной принадлежности как фактора показала, что между ней и показателями типа телосложения существует достоверно положительная связь согласно критерию

Фишера (F). Коэффициент детерминации (R^2) дает понимание того, что влияние «линейной принадлежности» животных на ряд показателей экстерьера как по системе «А», так и «Б» является значительным.

В ходе проведенных расчетов нами были получены коэффициенты регрессионного уравнения $\beta_{0...n}$, которые при постановке их в уравнение (2), дают нам следующие регрессионные уравнения (таблица 2).

В уравнении многофакторной регрессии коэффициент β_0 является прогнозируемым числовым выражением значения первого столбца таблицы 3 при условии значений факторов $x_1, x_2...x_{17}$ равных 0, и четко показывает «ответ», равный 69.2...79.4. Полное объяснения сути значения регрессионных коэффициентов $\beta_1... \beta_{17}$, можно получить, обратив внимание на полярность знака перед ними. Положительный знак «+» коэффициента показывает на положительное влияние фактора на исследуемый показатель (в нашем случае один из четырех показателей оценки системы «А»), то есть увеличение значений показателей «молочный тип», «туловище», «вымя» и «конечности», а отрицательный знак «-» говорит нам о противоположном эффекте, т.е. об отрицательном характере фактора. Регрессионное уравнение по всей выборке показывает нам, что на «молочный тип» сильное влияние имеют молочный тип (система Б), глубина туловища и высота; туловище сопряжено с высотой и глубиной туловища; показатель же «конечности» в большей степени зависит от постановки задних ног (вид сбоку), высоты пятки и постановки задних ног (вид сзади); взаимодействие же вымени обусловлено в основном с показателями: «высота задних долей», «длина передних долей» и «центральная связка». Если же обратить внимание на линейную принадлежность исследуемых животных, то здесь просматривается схожая закономерность.

Регрессионные уравнения по показателям экстерьера в зависимости от линейной принадлежности

Показатели	Уравнения
Все поголовье	
Молочный тип (система «А»)	$y = 69.6 + 0.36x_1 + 0.20x_2 - 0.11x_3 + 0.05x_4 - 0.018x_5 + 0.07x_6 + 0.03x_7 + 0.09x_8 + 0.16x_9 + 0.07x_{10} - 0.09x_{11} + 0.09x_{12} - 0.07x_{13} + 0.08x_{14} + 0.91x_{15} + 0.03x_{16} + 0.03x_{17}$
Туловище	$y = 74.3 + 0.49x_1 + 0.62x_2 - 0.06x_3 + 0.07x_4 + 0.03x_{14}$
Конечности	$y = 78.7 - 0.48x_5 + 0.30x_6 + 0.37x_7 - 0.09x_{17}$
Вымя	$y = 72.1 + 0.11x_8 + 0.23x_9 + 0.49x_{10} + 0.02x_{11} + 0.11x_{12} - 0.04x_{13} + 0.61x_{16}$
Вис Бэк Айдиэл 1013415	
Молочный тип (система «А»)	$y = 69.2 + 0.35x_1 + 0.21x_2 - 0.10x_3 + 0.08x_4 - 0.02x_5 + 0.07x_6 + 0.02x_7 + 0.09x_8 + 0.18x_9 + 0.08x_{10} - 0.09x_{11} + 0.10x_{12} - 0.07x_{13} + 0.08x_{14} + 0.92x_{15} + 0.04x_{16} + 0.04x_{17}$
Туловище	$y = 74.1 + 0.49x_1 + 0.63x_2 - 0.06x_3 + 0.09x_4 + 0.03x_{14}$
Конечности	$y = 78.6 - 0.48x_5 + 0.31x_6 + 0.38x_7 - 0.09x_{17}$
Вымя	$y = 72.3 + 0.10x_8 + 0.24x_9 + 0.48x_{10} - 0.01x_{11} + 0.11x_{12} - 0.05x_{13} + 0.62x_{16}$
Рефлекшн Соверинг 198998	
Молочный тип (система «А»)	$y = 69.9 + 0.37x_1 + 0.19x_2 - 0.11x_3 + 0.04x_4 - 0.023x_5 + 0.07x_6 + 0.03x_7 + 0.09x_8 + 0.15x_9 + 0.08x_{10} - 0.10x_{11} + 0.09x_{12} - 0.07x_{13} + 0.07x_{14} + 0.90x_{15} + 0.03x_{16} + 0.03x_{17}$
Туловище	$y = 74.6 + 0.49x_1 + 0.62x_2 - 0.07x_3 + 0.05x_4 + 0.01x_{14}$
Конечности	$y = 78.8 - 0.49x_5 + 0.28x_6 + 0.37x_7 - 0.09x_{17}$
Вымя	$y = 71.8 + 0.12x_8 + 0.21x_9 + 0.51x_{10} + 0.04x_{11} + 0.13x_{12} - 0.04x_{13} + 0.61x_{16}$
Монтвик Чифтейн 95679	
Молочный тип (система «А»)	$y = 69.7 + 0.29x_1 + 0.20x_2 - 0.08x_3 + 0.03x_4 - 0.03x_5 + 0.07x_6 + 0.03x_7 + 0.13x_8 + 0.13x_9 + 0.07x_{10} - 0.08x_{11} + 0.04x_{12} - 0.03x_{13} + 0.12x_{14} + 0.93x_{15} + 0.01x_{16} + 0.02x_{17}$
Туловище	$y = 74.1 + 0.47x_1 + 0.63x_2 - 0.02x_3 + 0.06x_4 + 0.05x_{14}$
Конечности	$y = 78.9 - 0.49x_5 + 0.29x_6 + 0.36x_7 - 0.12x_{17}$
Вымя	$y = 71.9 + 0.13x_8 + 0.19x_9 + 0.48x_{10} + 0.08x_{11} + 0.06x_{12} - 0.02x_{13} + 0.59x_{16}$
Пабст Говернер 882933	
Молочный тип (система «А»)	$y = 69.6 + 0.42x_1 + 0.15x_2 - 0.07x_3 + 0.08x_4 - 0.01x_5 + 0.11x_6 + 0.05x_7 + 0.05x_8 + 0.14x_9 + 0.04x_{10} - 0.11x_{11} + 0.07x_{12} - 0.07x_{13} + 0.14x_{14} + 0.95x_{15} + 0.03x_{16} + 0.01x_{17}$
Туловище	$y = 74.0 + 0.55x_1 + 0.54x_2 - 0.02x_3 + 0.06x_4 + 0.11x_{14}$
Конечности	$y = 79.4 - 0.43x_5 + 0.31x_6 + 0.34x_7 - 0.19x_{17}$
Вымя	$y = 72.4 + 0.19x_8 + 0.19x_9 + 0.49x_{10} + 0.10x_{11} + 0.03x_{12} - 0.04x_{13} + 0.54x_{16}$
Другие линии	
Молочный тип (система «А»)	$y = 69.9 + 0.38x_1 + 0.19x_2 - 0.14x_3 + 0.02x_4 + 0.02x_5 + 0.11x_6 + 0.07x_7 + 0.08x_8 + 0.16x_9 + 0.05x_{10} - 0.08x_{11} + 0.11x_{12} - 0.09x_{13} + 0.03x_{14} + 0.86x_{15} + 0.01x_{16} + 0.02x_{17}$
Туловище	$y = 73.8 + 0.57x_1 + 0.55x_2 - 0.06x_3 + 0.12x_4 + 0.03x_{14}$
Конечности	$y = 77.8 - 0.50x_5 + 0.39x_6 + 0.38x_7 - 0.06x_{17}$
Вымя	$y = 72.3 + 0.09x_8 + 0.27x_9 + 0.44x_{10} - 0.05x_{11} + 0.16x_{12} - 0.01x_{13} + 0.58x_{16}$

* Примечание «х»: 1 - высота; 2 - глубина туловища; 3 – положение таза; 4 – ширина таза; 5 – постановка задних ног (вид сбоку); 6 - высота пятки; 7 - постановка задних ног (вид сзади); 8 - прикрепление передних долей вымени; 9 - высота задних долей; 10 - центральная связка; 11 - глубина вымени; 12 - расположение передних сосков; 13 - длина сосков; 14 – крепость телосложения (ширина груди); 15 - молочный тип; 16 - длина передних долей; 17 - скакательный сустав (вид сзади); подчеркнутый шрифтом выделены независимые переменные с недостоверным влиянием.

Подтверждением правильности уравнений могут служить показатели многофакторной регрессионной статистики (таблица 3).

В ходе проведенных расчетов нами установлено, что три исследуемых признака линейной оценки системы «А» («молочный тип», «туловище» и «вымя») имеют достаточно высокую градацию уровня линейной зависимости (0.5679-0.7093), за исключением «конечностей» (0.4329). О силе линейной зависимости

можно судить по множественному коэффициенту корреляции R: >0.70 – высокая; ≤0.70 и ≥0.30 – средняя; <0.30 – низкая. В нашем случае по всей выборке и в частности, по линиям достаточно высокая линейная зависимость (>0,70) по признаку «молочный тип» (системы «А») селекцию достаточно было бы вести по 1-2 показателям из уравнения. При этом наибольшее значение по данному признаку установлено у линии Вис Бэк Айдиэл 1013415 (0.8337) и Пабст Говернер 882933 (0.7574).

Регрессионная статистика

Показатели	Уравнения				
	Множест. R	Множест. R ²	Скоррект. R ²	F	Ст. ошибка регрессии
<i>Все поголовье</i>					
Молочный тип*	0.7093	0.5032	0.5029	2619.4	1.2359
Туловище	0.5938	0.3526	0.3525	4790.5	1.3961
Конечности	0.4329	0.1874	0.1873	2535.9	1.8590
Вымя	0.5679	0.3225	0.3223	2990.8	1.4729
<i>Вис Бэк Айдиэл 1013415</i>					
Молочный тип	0.8337	0.6951	0.6947	2032.6	0.9847
Туловище	0.6087	0.3705	0.3703	2100.9	1.3714
Конечности	0.4283	0.1834	0.1832	1002.4	1.8786
Вымя	0.5678	0.3225	0.3222	1213.9	1.4807
<i>Рефлекин Соверинг 198998</i>					
Молочный тип	0.7047	0.4966	0.4961	937.1	1.2262
Туловище	0.6078	0.3694	0.3692	1893.0	1.3007
Конечности	0.4350	0.1893	0.1891	943.0	1.8261
Вымя	0.5700	0.3249	0.3247	1111.0	1.4805
<i>Монтвик Чифтейн 95679</i>					
Молочный тип	0.7079	0.5013	0.4999	356.1	1.2182
Туловище	0.5546	0.3076	0.3070	536.3	1.5165
Конечности	0.4330	0.1876	0.1870	348.4	1.8908
Вымя	0.5686	0.3233	0.3226	411.9	1.4483
<i>Пабст Говернер 882933</i>					
Молочный тип	0.7574	0.5736	0.5690	125.7	1.1269
Туловище	0.6222	0.3872	0.3852	202.3	1.3204
Конечности	0.4613	0.2128	0.2108	108.3	1.6231
Вымя	0.5893	0.3472	0.3444	121.5	1.3539
<i>Другие линии</i>					
Молочный тип	0.7215	0.5206	0.5171	147.1	1.2243
Туловище	0.5222	0.2726	0.2711	173.5	1.8420
Конечности	0.4641	0.2154	0.2141	158.9	1.9260
Вымя	0.5771	0.3330	0.3310	164.9	1.4339

Примечание: * - Молочный тип системы «А»; множественный R - множественный коэффициент корреляции; Множественный R² - коэффициент детерминации; Скорректированный R² - коэффициент детерминации; F критерий – в множественной регрессии позволяет оценивать статистическую значимость уравнения; стандартная ошибка регрессии — это среднее расстояние, на которое наблюдаемые значения отклоняются от линии регрессии.

Выводы. На основании вышеизложенного можно сделать следующее заключение:

- многофакторные уравнения регрессии свидетельствуют о взаимодействии признаков экстерьера двух систем оценки, а также указывают на важность линейной оценки экстерьера;

- снижение достоверности коэффициентов регрессии в уравнениях по некоторым признакам экстерьера, в зависимости от линейной принадлежности, может быть связано как с различной численностью исследуемых животных, так и с возможным влиянием кроссов линий, что в дальнейшем предполагает изучить данное влияние;

- значительно низкое значение коэффициента множественной корреляции по всем градациям выборки установлено по признаку

«конечности» (0.4283-0.4641), что может зависеть от подхода к оценке данного признака, на него возможно обращали внимание не в первую очередь, а также от трудностей объективной оценки конечностей из-за положения животного, качества подстилки, освещения, что может указывать на общую закономерность в подходе к оценке конечностей животного, независимо от линейной принадлежности, условий содержания и происхождения.

Благодарности. Особую благодарность в предоставлении данных мы выражаем специалистам ОАО «Московское» по племенной работе». Исследования выполнены в рамках Госзадания Министерство науки и высшего образования Российской Федерации 0445-2021-0016.

Список источников

1. Чупшева Н.Ю. Продуктивное долголетие черно-пестрого скота в зависимости от некоторых генетических факторов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.П. Филиппова. 2019. № 1 (54). С. 68-76.
2. Konstandoglo A., Foksha V., Granaci V. The relationship between Holstein cows exterior and dairy productivity by various breeding // Scientific Papers. Series D. Animal Science. Vol. LXII. No.2. 2019. P.29-33.
3. Костин А.А., Татуева О.В., Кольцов Д.Н. Экстерьер коров сычевской породы ООО «Балутино» // Сельскохозяйственный журнал. 2014. №7. С.226-229.
4. Трухачев В.И., Злыднев Н.З., Селионова М.И. Селекция молочного скота стран Северной Европы: стратегия, методы, результаты (2 часть) // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 5. С.3-7.
5. Ефимова Л.В., Кулакова Т.В., Иванова О.В., Иванов Е.А. Взаимосвязь между признаками линейной оценки экстерьера и молочной продуктивностью коров // Вестник НГАУ. 2017. (3):115-124.
6. Методика оценки телосложения крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. 2017. С.4-23.
7. Veerkamp R.F., Gerritsen C.L.M., Koenen E.P.C, Namoen A., Jong G. De. Evaluation of Classifiers that Score Linear Type Traits and Body Condition Score Using Common Sires // Journal of Dairy Science. Vol. 85. Iss. 4. 2002. P. 976-983.
8. Савенко Н.А. Селекционер Подмосковья / Н.А. Савенко [и др.] М.: МСХиП МО. 2006. 84с.
9. Ферстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. пер. с нем. М.: Финансы и статистика, 1983. 304 с.
10. Kern E.L., Cobuci J.A., Costa C.N., Pimentel C.M. Factor analysis of linear type traits and their relation with longevity in brazilian holstein cattle // Asian-Australas J Anim Sci. 2014; 27 (6);784-790.
11. Юденков В.А. Дисперсионный анализ. Минск: Бизнесофсет, 2013. 76с.
12. Синьити Курихара. Статистика в рисунках. ДМК-Пресс. 2021. 304с.
13. Контэ А.Ф. Игнатъева Л.П. Многофакторный регрессионный анализ показателей типа телосложения коров-перволеток черно-пестрой голштинизированной породы Подмосковья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. №4 (52). С. 165-172.

**INTERRELATION OF EXTERIOR FEATURES
OF COW-HEIFERS OF BLACK-AND-WHITE BREED
WITH DIFFERENT LINEAR AFFILIATION**

©2023. **Alexandr F. Conte**

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Dubrovitsy, Russia, alexandrconte@ya.ru

Abstract. A large number of factors affect the productivity of animals and among them the origin, i.e. belonging to the lines and related groups. Accordingly to this fact, there is a need to control paratypic and genetic factors. As an object of research, we chose cow-heifers of black-and-white breed of the Moscow region. To investigate the exterior of cow-heifers a sample of animals was created based on the database with 43988 heads. To determine the strength of the influence of the "line" effect as a fixed factor, we used variance analysis, and for determination of the contingency of exterior features, we used multivariate regression analysis. The studied indicators of body features of the cow-heifers in the herd are mainly within the range of fairly optimal values (5-6 points), with the exception for such indicators as rump angle, foot angle, front teat placement, teat length and hock joint (back view) (4.5-4.9 points), this is with regards to the ratings of the "B" system. A similar pattern can be seen in the lines. While making calculations, we found that three studied features of the linear assessment of the system "A" ("dairy type", "body" and "udder") have a fairly high rate of the level of linear relationship (0.5679-0.7093), with the exception of "limbs" (0.4329). The strength of a linear relationship is shown by the multiple correlation coefficient R: > 0.70 - high; ≤0.70 and ≥0.30 – average; <0.30 - low. In our case, for the entire sample and in particular for the lines, high linear relationship (> 0.70) based on "dairy type" (system "A") indicates that it would be enough to select for 1-2 indicators. At the same time, the highest value for this feature was found for the lines of Vis Back Ideal 1013415 (0.8337) and Pabst Governer 882933 (0.7574).

Key words: linear affiliation, exterior, body type, black-and-white cattle, regression analysis, cows

References

1. Chupsheva N.Yu. Produktivnoe dolgoletie cherno-pestrogo skota v zavisimosti ot nekotorykh geneticheskikh faktorov (Productive longevity of black-and-white cattle depending on some genetic factors), Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii imeni V.R. Filippova, 2019, No. 1 (54), pp. 68-76.
2. Konstandoglo A., Foksha V., Granaci V. The relationship between Holstein cows exterior and dairy productivity by various breeding, Scientific Papers, Series D. Animal Science, Vol. LXII, No.2, 2019, pp.29-33.
3. Kostin A.A., Tatueva O.V., Kol'tsov D.N. Ekster'er korov sychevskoi porody OOO «Baltutino» (The exterior of cows of the Sychevskaya breed in Baltutino LLC), Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal, 2014, №7, pp.226-229.
4. Trukhachev V.I., Zlydnev N.Z., Selionova M.I. Seleksiya molochnogo skota stran Severnoi Evropy: strategiya, metody, rezul'taty (2 chast') (Breeding dairy cattle in the Nordic European countries: strategy, methods, results (part 2)), Molochnoe i myasnoe skotovodstvo, 2016, No. 5, pp.3-7.
5. Efimova L.V., Ivanova O.V., Ivanov E.A. Vzaimosvjaz' mezhdupriznakamilinejnoocenki i produktivnosti (The relationship between the features of linear assessment of the exterior and milk productivity of cows), Vestnik NGAU, 2017. (3), pp. 115-124.
6. Metodika ocenki teloslozhenija krupnoroogatog skota molochnoimolochno-mjasnogo napravlenija produktivnosti (Methodology for assessing the body type of dairy and milk-meat cattle), Ministerstvo sel'skogozozajstva Rossijskoj Federacii, 2017, pp. 4-23.
7. Veerkamp R.F., Gerritsen C.L.M., Koenen E.P.C., Hamoen A., Jong G. De. Evaluation of Classifiers that Score Linear Type Traits and Body Condition Score Using Common Sires // Journal of Dairy Science. Vol. 85. Iss. 4. 2002. P. 976-983.
8. Savenko N.A. Selekcijer Podmoskov'ja (Breeder of the Moscow region) M.: MSHiP MO, 2006, 84p.
9. Ferster Je., Renc. B. Metody korrelyacionnogo i regressionnogo analiza (Methods of correlation and regression analysis). per. s nem. M.: Finansy i statistika, 1983. 304 p.
10. Kern E.L., Cobuci J.A., Costa C.N., Pimentel C.M. Factor analysis of linear type traits and their relation with longevity in Brazilian Holstein cattle // Asian-Australas J Anim Sci. 2014; 27 (6):784-790.
11. Judenkov V.A. Dispersionnyj analiz (Variance analyses). Minsk: Biznesofset, 2013. 76p.
12. Sin'uiti Kurihara. Statistika v risunkah (Statistics in pictures). DMK-Press, 2021, 304p.
13. Konte A.F., Ignat'eva L.P. Mnogofaktornyj regressionnyj analiz pokazatelej tipa teloslozhenija korov-pervotelok cherno-pestrogoj shvitsirovannoj porody Podmoskov'ja (Multivariate regression analysis of indicators of the body type of cows-heifers of the black-and-white Holstein breed of the Moscow Region), Vestnik Uljanovskoj GSHA, 2020, №4 (52), pp. 165-172.

Сведения об авторах

А.Ф. Конте – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник.
ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, дом 60, г.о. Подольск, Россия, 142132

Information about the author

A.F. Conte – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher.
Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy, Podolsk, Moscow region, Russia, 142132

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 10.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.
The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 639.111.11: 575

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_105

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ НЕНЕЦКОЙ ПОРОДЫ

©2023. Семен Викторович Николаев

Институт агrobiотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

semen.nikolaev.90@mail.ru

Аннотация. Целью исследований явилось определение генетического состояния двух региональных популяций северных оленей. Для этого был получен материал от 300 оленей ненецкой породы Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и 150 Республики Коми. В качестве ДНК-маркеров использованы микросателлиты девяти локусов: NVHRT21, NVHRT24, NVHRT76, RT1, RT6, RT7, RT9, RT27, RT30. Среди животных ЯНАО выделено 13 приват-аллелей, присутствующих почти во всех анализируемых локусах (за исключением NVHRT24), со средней распространенностью $0,026 \pm 0,005$. Для оленей Республики Коми было характерно присутствие 9 специфических STR-маркеров, расположенных в 6 локусах, со средней частотой $0,075 \pm 0,039$ и выраженным преобладанием микросателлиты 153 локуса RT27. Количество эффективных аллелей было максимальным по локусу RT1 (ЯНАО - 8,59; Коми - 7,35), где просматривалось наибольшее их соответствие числу фактических микросателлит. Минимальное количество эффективных аллелей выявлено по локусу RT9 (ЯНАО - 2,06; Коми - 1,40), несоответствие числа которых фактическому показателю для Ямало-Ненецкой популяции составило 3,9 раза, а для животных Республики Коми 5 раз. Индекс Шеннона свидетельствует о том, что локус RT1 был наиболее генетически разнообразным как среди животных ЯНАО, так и Республики Коми. Локусу RT9 характеризовался минимальным количеством как фактической, так и ожидаемой гетерозиготности в обеих исследуемых популяциях. Наибольшее родство двух популяций наблюдалось по локусу RT1 ($r=0,968$; $d=0,032$), а максимальное различие – по RT9 ($r=0,523$; $d=0,649$). Средний коэффициент генетического сходства между животными составил $0,844 \pm 0,052$. В целом, можно заключить, что по анализируемым маркерам животные испытывают недостаток гетерозиготности, что указывает на высокий процесс инбридинга.

Ключевые слова: северный олень, ненецкая порода, микросателлиты, аллелофонд, гетерозиготность, генетическое разнообразие

Введение. Рентабельность оленеводства, как и любой отрасли животноводства, во много зависит от качества проводимой селекционно-племенной работы. Несмотря на огромные достижения в генетике, маркерной и геномной селекции, информационных технологиях, племенная работа в северном оленеводстве, по сравнению с другими направлениями сельского хозяйства, ведется традицион-

ными, устаревшими методами [1,2]. Как правило, оценка животных осуществляется визуально, по фенотипическим признакам, в первую очередь по упитанности и рослости. Такой подход позволяет оценивать мясные признаки оленей и косвенно судить о репродуктивных качествах [3,4]. Поэтому для дальнейшего развития оленеводства необходимо усовершенствовать уровень племенной работы

за счет применения современных методов селекции и разведения.

Одним из таких подходов является внедрение и использование в селекции северных оленей генетических методов на основе изучения ДНК [5,6]. С этой позиции наиболее удобными и доступными маркерами для проведения генетического анализа можно считать микросателлиты (STR-маркеры, короткие tandemные повторы), что обусловлено высоким уровнем их полиморфизма и повторяемости результатов генотипирования [7,8,9,10]. Так, STR-маркеры применяют для молекулярно-генетического сравнения линий и семейств, оценки генетического разнообразия, стабильности пород и отдельных популяций при маркировании генотипов, контроле происхождения, изучении потоков генов. Микросателлиты могут сочетаться с маркерами полиморфизма структурных или митохондриальных генов [11,12,13,14]. С этой позиции внедрение ДНК-технологий в оленеводство может сыграть важную роль в дальнейшем совершенствовании селекционно-племенной работы.

Цель исследований – изучить генетическое состояние двух локальных популяций северных оленей ненецкой породы.

Методика. Для проведения исследований в 2018...2022 году был проведен отбор биологического материала (кусочки хрящевой ткани ушной раковины) от 300 домашних северных оленей ненецкой породы Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и от 150 животных Республики Коми. Пробы консервировали 96° этанолом и доставляли в лабораторию молекулярной генетики сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. В качестве ДНК-маркеров использованы микросателлиты девяти локусов: NVHRT21, NVHRT24, NVHRT76, RT1, RT6, RT7, RT9, RT27, RT30. При генетической оценке определяли среднее число аллелей на locus (N_a), их частоту (q), ошибку частот (Mq), степень наблюдаемой (H_o) и ожидаемой (H_e)

гетерозиготности, число эффективных аллелей (N_e), количество приват-аллелей и сумму их частот (Σq), индексы фиксации (F_{is}) и Шеннона (H), коэффициенты генетического сходства (r) и генетического расстояния (d) между популяциями. Статистический анализ проведен по общепринятым в биологии методикам [15] с использованием программы RusExcel.

Результаты. Цифровые значения таблицы 1 свидетельствуют, что среди оленей двух региональных популяций по локусу RT1 с частотой более 10% присутствовало 5 аллелей, при этом микросателлита 229 была самой распространенной ($q=0,159$ и $0,213$).

Лocus RT6 характеризовался наличием 2-х аллелей с частотой более 10% среди оленей ЯНАО и 3-х – среди животных Республики Коми. В обеих популяциях, по данному локусу, чаще встречалась микросателлита 115 ($q=0,396$ и $0,530$). Количество наиболее распространенных STR-маркеров по локусу RT7 составило 4, при этом в Ямало-Ненецкой популяции самой частой аллелью была 220 ($q=0,404$), которая в группе оленей Республики Коми встречалась реже в 2,7 раза ($P \leq 0,001$). Наиболее распространенной микросателлитой среди животных Республики Коми по данному локусу можно считать 224 ($q=0,393$, $P \leq 0,001$ по отношению к частотам первой группы). Лocus RT9 характеризовался преобладанием лишь одной аллели - 126 ($q=0,684$ и $0,843$), при этом распространенность данного STR-маркера в популяции Республики Коми была выше на 15,9 абс.% ($P \leq 0,001$). По локусу RT27 среди животных ЯНАО выявлено 3 аллели с частотой более 10%, а в популяции Республики Коми – 4, при этом самой распространенной микросателлитой по данному локусу была 135 ($q=0,397$ и $0,378$). Лocus RT30 характеризовался преобладанием 4-х аллелей: 188, 190, 200, 202, при этом среди оленей ЯНАО численный перевес имела микросателлита 188 ($q=0,331$, $P \leq 0,001$), а у животных Коми - 190 ($q=0,513$, $P \leq 0,001$).

Таблица 1

Частоты STR-маркеров двух локальных популяций северных оленей

STR	ЯНАО		Коми		STR	ЯНАО		Коми	
	q	Мq	q	Мq		q	Мq	q	Мq
Лocus RT1					Лocus RT6				
223	0,099	0,012	0,030	0,010	101	0,020	0,006	0,010	0,006
225	0,126	0,014	0,163	0,021	103	0,099	0,012	0,007	0,005
227	0,119	0,013	0,123	0,019	105	0,242	0,017	0,013	0,007
229	0,159	0,015	0,213	0,024	107	0,040	0,008	0,050	0,013
231	0,023	0,006	0,023	0,009	109	0,048	0,009	0,107	0,018
233	0,007	0,003	0,000	0,000	111	0,060	0,010	0,017	0,007
235	0,137	0,014	0,087	0,016	113	0,058	0,010	0,087	0,016
237	0,096	0,012	0,110	0,018	115	0,396	0,020	0,530	0,029
239	0,091	0,012	0,153	0,021	117	0,036	0,008	0,180	0,022
241	0,118	0,013	0,057	0,013	119	0,002	0,002	0,000	0,000
243	0,005	0,003	0,017	0,007	Лocus RT9				
245	0,020	0,006	0,023	0,009	116	0,017	0,005	0,000	0,000
Лocus RT7					118	0,060	0,010	0,013	0,007
216	0,027	0,007	0,000	0,000	220	0,061	0,010	0,033	0,010
218	0,061	0,010	0,013	0,007	122	0,000	0,000	0,053	0,013
220	0,404***	0,020	0,150	0,021	124	0,068	0,010	0,020	0,008
222	0,136	0,014	0,220	0,024	126	0,684	0,019	0,843***	0,021
224	0,050	0,009	0,393***	0,005	128	0,071	0,011	0,040	0,011
226	0,017	0,005	0,177	0,028	130	0,022	0,006	0,000	0,000
228	0,139	0,014	0,013	0,022	132	0,018	0,005	0,003	0,003
230	0,136	0,014	0,030	0,007	Лocus RT27				
232	0,028	0,007	0,000	0,000	133	0,041	0,008	0,211	0,024
234	0,003	0,002	0,000	0,000	135	0,397	0,020	0,378	0,028
236	0,000	0,000	0,003	0,003	137	0,005	0,003	0,003	0,003
Лocus RT30					139	0,255	0,018	0,119	0,019
188	0,331***	0,019	0,127	0,019	141	0,030	0,007	0,000	0,000
190	0,268	0,018	0,513***	0,029	145	0,070	0,010	0,003	0,003
192	0,010	0,004	0,000	0,000	147	0,128	0,014	0,024	0,009
194	0,008	0,004	0,000	0,000	149	0,075	0,011	0,013	0,007
198	0,018	0,005	0,027	0,009	151	0,000	0,000	0,003	0,003
200	0,154	0,015	0,103	0,018	153	0,000	0,000	0,238	0,025
202	0,144	0,014	0,180	0,022	155	0,000	0,000	0,007	0,005
208	0,022	0,006	0,003	0,003	Лocus NVHRT24				
210	0,040	0,008	0,007	0,005	145	0,000	0,000	0,007	0,005
212	0,005	0,003	0,000	0,000	147	0,003	0,002	0,003	0,003
216	0,000	0,000	0,003	0,003	149	0,065	0,010	0,017	0,007
218	0,000	0,000	0,037	0,011	151	0,220	0,017	0,299	0,026
Лocus NVHRT76					153	0,497	0,020	0,356	0,028
91	0,005	0,003	0,003	0,003	155	0,013	0,005	0,013	0,007
93	0,000	0,000	0,007	0,005	157	0,202	0,016	0,272	0,026
95	0,018	0,005	0,000	0,000	159	0,000	0,000	0,034	0,010
97	0,118***	0,013	0,007	0,005	Лocus NV21				
99	0,005	0,003	0,083	0,016	158	0,027	0,007	0,000	0,000
101	0,005	0,003	0,303***	0,027	160	0,128***	0,014	0,044	0,012
103	0,002	0,002	0,257***	0,025	162	0,022	0,006	0,010	0,006
105	0,114***	0,013	0,007	0,005	164	0,055	0,009	0,010	0,006
107	0,397***	0,020	0,007	0,005	166	0,227	0,017	0,188	0,023
109	0,288	0,018	0,237	0,025	168	0,253	0,018	0,258	0,025
111	0,048	0,009	0,090	0,017	170	0,184	0,016	0,379***	0,028
					172	0,103	0,012	0,097	0,017
					174	0,003	0,002	0,013	0,007

*** достоверно $P \leq 0,001$ по отношению к значениям другой популяции

Количество STR-маркеров с частотой более 10% по локусу NVHRT24 составило 3, с наибольшей встречаемостью микросателлиты 153 ($q=0,497$ и $0,356$). По локусу NVHRT76 распространенные у Ямало-Ненецкой популяции аллели 97 ($q=0,118$), 105 ($q=0,114$), 107 ($q=0,397$), среди животных Республики Коми встречались крайне редко ($P\leq 0,001$), где преобладали микросателлиты 101 ($q=0,303$) и 103 ($q=0,257$), единичные для оленей ЯНАО

($P\leq 0,001$). Лocus NV21 характеризовался присутствием 4-х STR-маркеров с частотой более 10% у животных ЯНАО и 3-х – у оленей Республики Коми, при этом распространенная в первой группе микросателлита 160, в Коми популяции встречалась в 2,9 раза реже ($P\leq 0,001$), где в 2 раза чаще обнаруживалась аллель 170 ($P\leq 0,001$).

Анализ специфических для каждой популяции аллелей представлен в таблице 2.

Таблица 2

Приват-аллели анализируемых популяций северного оленя

Лocus	ЯНАО		Республика Коми	
	STR	Σq	STR	Σq
RT1	233	0,007	-	-
RT6	119	0,002	-	-
RT7	216, 232, 234	0,058	236	0,003
RT9	116, 130	0,039	122	0,053
RT27	141	0,030	151, 153 , 155	0,311
RT30	192, 194, 212	0,023	216, 218	0,040
NVHRT24	-	-	159	0,034
NVHRT76	95	0,018	93	0,007
NV21	158	0,027	-	-
Всего, аллелей	13	x	9	X
Частота, $M\pm m$	X	0,026 \pm 0,005	X	0,075 \pm 0,039

Согласно полученным данным, можно заключить, что среди животных Ямало-Ненецкой популяции выявлено 13 приват-аллелей, присутствующих во всех анализируемых локусах, за исключением NVHRT24. Средняя распространенность специфических микросателлит у данной группы оленей составила $0,026\pm 0,005$, при этом наиболее значимый вклад внесли аллели локуса RT7, суммарная частота которых составила 0,058. Для оленей Республики Коми было характерно присутствие 9 специфических STR-маркеров, расположенных в 6 локусах. Средняя частота специфических аллелей составила $0,075\pm 0,039$, при этом наибольший вклад внесли микросателлиты локуса RT27. Так, суммарная распространенность приват-аллелей по данному локусу составила 0,311. Особо стоит отметить микросателлиту 153 данного локуса, которая не встречалась среди животных ЯНАО, а у оленей Республики Коми была распространена с частотой 0,238.

В таблице 3 представлена общая генетическая характеристика исследуемых популяций северных оленей. Согласно полученным данным,

установлено, что наибольшим полиморфизмом обладает лocus RT1, который был представлен 12-ю аллелями у животных ЯНАО и 11-ю – у оленей Республики Коми. У Ямало-Ненецкой популяции лocus NVHRT24 был наименее полиморфным (6 аллелей), тогда как у животных Республики Коми меньше всего аллелей (7) выявлено по локусу RT9. Средний показатель по 9 анализируемым локусам составил 9,2...9,3 аллели. Количество эффективных аллелей было максимальным по локусу RT1 (ЯНАО - 8,59; Коми - 7,35), где наблюдалось наибольшее их соответствие числу фактических микросателлит. Минимальное количество эффективных аллелей выявлено по локусу RT9 (ЯНАО - 2,06; Коми - 1,40), несоответствие числа которых фактическому показателю для Ямало-Ненецкой популяции составило 3,9 раза, а для животных Республики Коми – 5 раз. Среднее количество эффективных STR-маркеров у оленей ЯНАО было незначительно выше (на 0,61) показателя животных Республики Коми.

Генетическая характеристика двух региональных популяций северного оленя ненецкой породы по STR-маркерам

Локус	Популяция	Na	Ne	Na/Ne	I	Ho	He	Fis
RT1	ЯНАО	12	8,59	1,40	2,229	0,834	0,884	0,057
	Коми	11	7,35	1,50	2,137	0,847	0,864	0,020
RT6	ЯНАО	10	4,21	2,38	1,758	0,808	0,763	-0,059
	Коми	9	2,98	3,02	1,451	0,347	0,665	0,478
RT7	ЯНАО	10	4,40	2,27	1,788	0,685	0,773	0,114
	Коми	8	3,92	2,04	1,560	0,153	0,745	0,794
RT9	ЯНАО	8	2,06	3,88	1,195	0,305	0,514	0,407
	Коми	7	1,40	5,00	0,698	0,060	0,283	0,788
RT27	ЯНАО	8	3,97	2,02	1,621	0,424	0,748	0,433
	Коми	10	3,87	2,58	1,538	0,299	0,741	0,596
RT30	ЯНАО	10	4,37	2,29	1,682	0,563	0,771	0,270
	Коми	9	3,08	2,92	1,437	0,267	0,675	0,605
NVHRT24	ЯНАО	6	2,94	2,04	1,255	0,623	0,660	0,056
	Коми	8	3,43	2,33	1,376	0,946	0,709	-0,335
NVHRT76	ЯНАО	10	3,70	2,70	1,535	0,434	0,730	0,405
	Коми	10	4,36	2,29	1,628	0,353	0,771	0,542
NV21	ЯНАО	9	5,55	1,62	1,851	0,374	0,820	0,544
	Коми	8	3,92	2,04	1,574	0,376	0,745	0,495
M	ЯНАО	9,2	4,42	2,27	1,657	0,561	0,740	0,247
	Коми	9,3	3,81	2,62	1,489	0,405	0,689	0,443
m	ЯНАО	0,6	0,65	0,21	0,111	0,067	0,037	0,070
	Коми	0,3	0,53	0,30	0,123	0,099	0,054	0,123

Индекс Шеннона свидетельствует, что локус RT1 был наиболее генетически разнообразным, как среди животных ЯНАО, так и Республики Коми. Наименьшая генетически дивергенция наблюдалась по локусу RT9, где показатель Ямало-Ненецкой популяции составил 1,195, а среди оленей Республики Коми - 0,698. В среднем, популяция ЯНАО характеризовалась наибольшим генетическим богатством ($I=1,657\pm 0,111$), по сравнению с животными Республики Коми ($I=1,489\pm 0,123$).

Наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность среди оленей ЯНАО была наибольшая по локусу RT1 (0,834 и 0,884 соответственно). Среди животных Республики Коми наблюдаемая гетерозиготность была максимальной по локусу NVHRT24 (0,946), а ожидаемый показатель – по RT1 (0,864). Локус RT9 характеризовался минимальным количеством как фактической, так и ожидаемой гетерозиготности в обеих исследуемых популяциях. Среди северных оленей ЯНАО количество наблюдаемых и ожидаемых гетерозигот в большей мере было сопоставимо по локусу NVHRT24 ($Fis=0,056$),

а среди животных Республики Коми – по RT1 ($Fis=0,020$). Незначительный избыток гетерозиготности среди Ямало-Ненецкой популяции присутствовал по локусу RT6 ($Fis=-0,056$), а их выраженный дефицит установлен по NV21 ($Fis=0,544$). Индексы фиксации среди оленей Республики Коми характеризовались избытком гетерозиготности по локусу NVHRT24 ($Fis=-0,335$) и их дефицитом по RT7 ($Fis=0,794$). В целом, обе популяции по анализируемым маркерам испытывали недостаток гетерозиготности, что указывает на высокий уровень инбридинга. Особенно выраженное смещение аллелофонда в сторону преобладания гомозигот наблюдалось у оленей Республики Коми ($Fis=0,443\pm 0,123$).

Анализ генетического сходства показал (табл.4, рис.), что наибольшее родство двух региональных популяций наблюдается по локусу RT1 ($r=0,968$; $d=0,032$), а максимальное различие – по RT9 ($r=0,523$; $d=0,649$). Средний коэффициент генетического сходства между животными составил $0,844\pm 0,052$.

Коэффициент генетического сходства и генетическое расстояние между двумя популяциями

Локус	<i>r</i>	<i>d</i>
RT1	0,968	0,032
RT6	0,749	0,289
RT7	0,910	0,095
RT9	0,523	0,649
RT27	0,855	0,157
RT30	0,930	0,073
NVHRT24	0,760	0,275
NVHRT76	0,961	0,040
NV21	0,946	0,056
M±m	0,844±0,052	0,185±0,070

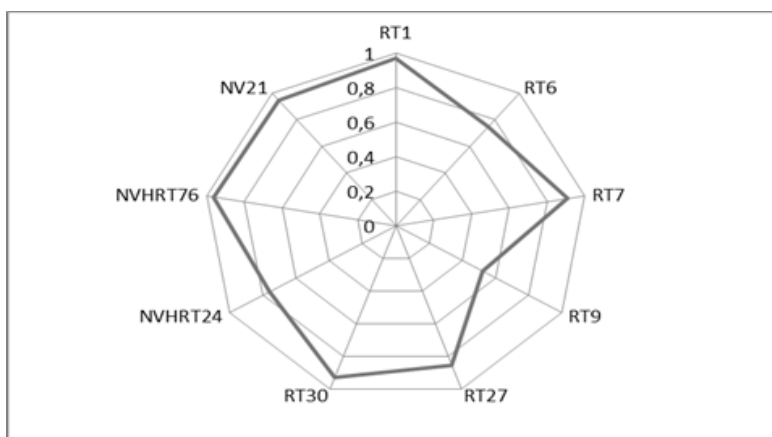


Рис 1. Генетическое сходство анализируемых региональных популяций по отдельным STR-маркерам
Fig. 1. Genetic similarity of the analyzed regional populations for separate STR-markers

Выводы. Проведенный анализ свидетельствует, что у оленей двух региональных популяций происходит сокращение генетического разнообразия и накопление гомозигот. Данный процесс особенно выражен у животных Республики Коми. Вместе с этим, по локусам с наименьшей гетерозиготностью в исследуемых популяциях наблюдается минимальное генетическое сходство, что позволяет эффективно проводить

между регионами обмен производителей, для улучшения селекционно-племенной работы.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Российской академии наук № FGMW 2019-0051 и проекта межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

Список источников

1. Южаков А.А., Романенко Т.М., Лайшев К.А. Новые знания, методы и модели в разведении, экологии и эпизоотологии северных оленей. Санкт-Петербург, Пушкин, 2018.
2. Романенко Т.М., Митюков А.С. Экстерьерные особенности северных оленей острова Колгуев и Малоземельской тундры в сравнительном аспекте// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2011. № 24. С. 113-118.
3. Романенко Т.М., Вылко Ю.П. Краниологическая характеристика северных оленей (Rangifer tarandus) ненецкой породы Тиманской и Большеземельской тундр Ненецкого АО// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 12. С. 110-114.
4. Van de Goor L. H. P., Panneman H. & Van Haeringen W. A. A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci, Animal Genetics 2009, 40, 630-636.
5. Харзинова, В.Р. Разработка мультиплексной панели микросателлитов для оценки достоверности происхождения и степени дифференциации популяций северного оленя (Rangifer tarandus) / В. Р. Харзинова, Е. А. Гладырь, В. И. Федоров [и др.]// Сельскохозяйственная биология. 2015. № 50 (6). С. 756-765.
6. Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle Annals of Animal Science. 2009; 9 (2): 119-125.

7. Dotsev A.V., Kharzinova V.R., Romanenko T.M., Laishev K.A., Brem G.G., Nikitkina E.V., Zinovieva N.A. Microsatellite-based heterozygosity-fitness correlations in reindeer// Journal of Animal Science. 2019. Т. 97. № S3. С. 266.
8. Романенко Т.М., Харзинова В.Р., Лайшев К.А. Сравнительная характеристика микропопуляций северных оленей ненецкой породы Малоземельской тундры НАО// Генетика и разведение животных. 2020. № 2. С. 37-43.
9. Романенко Т.М. Применение биотехнологий в северном оленеводстве// В сборнике: Проблемы животноводства Северных стран. Материалы международной научно-практической конференции. 2005. С. 64-66.
10. Матюков В.С. К географии и экологической генетике северного оленя (*Rangifer tarandus*) // Актуальные вопросы развития сельского хозяйства. Материалы: Межрегиональной научно-практической конференции; V Межрегионального интеллектуального форума. Сыктывкар, 2021. С. 90-100.
11. Романенко Т.М., Калашникова Л.А., Филиппова Г.И., Лайшев К.А. Генетическая структура популяции северных оленей о. Колгуев Ненецкого автономного округа// Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 68-70.
12. Лайшев К.А., Самандас А.М., Прокудин А.В., Романенко Т.М., Гончаров В.В., Мухамадеева Т.В. Ветеринарные и зоотехнические проблемы воспроизводства в северном оленеводстве и пути их решения// Достижения науки и техники АПК. 2013. № 11. С. 42-44.
13. Kharzinova V.R., Dotsev A.V., Solovieva A.D., Fedorov V.I., Shimit L.D.O., Romanenko T.M., Senchik A.V., Sergeeva O.K., Goncharov V.V., Laishev K.A., Yuzhakov A.A., Brem G.G., Zinovieva N.A. Genetic variability of Russian domestic reindeer populations (*rangifer tarandus*) by microsatellites// Journal of Animal Science. 2020. Т. 98. № 4. С. 237-238.
14. Матюков В.С., Жариков Я.А., Канева Л.А., Николаев С.В., Зайнуллин В.Г. Генетические маркеры в селекции // Экономические аспекты управления инновационным развитием аграрного сектора России в региональных аспектах: материалы Междунар. научн.-практич. конф. в рамках III Республиканского форума, посвященного Дню Интеллектуальной собственности «Интеллектуальная собственность – будущее Республики Коми». Сыктывкар, 2019. С. 167-174.
15. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1970. 330 с.

COMPARATIVE GENETIC CHARACTERISTICS OF TWO REGIONAL POPULATIONS OF REINDEER OF THE NENETS BREED

©2023. Semyon V. Nikolaev

Zhuravsky Institute of agrobiotechnologies of Komi NC Uro RAS, Syktvykar, Russia

semen.nikolaev.90@mail.ru

Abstract. The aim of the research was to determine the genetic status of two regional populations of reindeer. For this purpose, material was obtained from 300 Nenets deer of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YANAO) and 150 of the Komi Republic. Microsatellites of nine loci were used as DNA markers: NVHRT21, NVHRT24, NVHRT76, RT1, RT6, RT7, RT9, RT27, RT30. Among the animals of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, 13 private alleles were identified, presented in all analyzed loci (with the exception of NVHRT24), with an average prevalence of 0.026 ± 0.005 . The deer of the Komi Republic were characterized by the presence of 9 specific STR markers located at 6 loci, with an average frequency of 0.075 ± 0.039 and a pronounced predominance of microsatellites of 153 RT27 loci. The number of effective alleles was maximal at the RT1 locus (YANAO - 8.59; Komi - 7.35), where their greatest correspondence to the number of actual microsatellites was observed. The minimum number of effective alleles was detected at the RT9 locus (YANAO - 2.06; Komi - 1.40), the discrepancy between the number of which to the actual indicator for the Yamalo-Nenets population was 3.9 times, and for animals of the Komi Republic 5 times. The Shannon index indicates that the RT1 locus was the most genetically diverse, both among the animals of the Yamalo-Nenets Autonomous District and the Komi Republic. The RT9 locus was characterized by a minimal amount of both actual and expected heterozygosity in both populations studied. The greatest affinity of the two populations is observed at the RT1 locus ($r=0.968$; $d=0.032$), and the maximum difference in RT9 ($r=0.523$; $d=0.649$). The average coefficient of genetic similarity between the animals was 0.844 ± 0.052 . In general, it can be concluded that according to the analyzed markers, animals lack heterozygosity, which indicates a high process of inbreeding in populations.

Key words: reindeer, Nenets breed, microsatellites, allele pool, heterozygosity, genetic diversity

References

1. Yuzhakov A.A., Romanenko T.M., Laishev K.A. Novyieznaniya, metodyimodeli v razvedenii, ekologiii epizootologiiisevernyholenej (New knowledge, methods and models in breeding, ecology and epizootology of reindeer), Sankt-Peterburg - Pushkin, 2018.

2. Romanenko T.M., Mityukov A.S. Ekster'ernye osobennosti severnyholenej strova Kolguevi Malozemel'skoj tundry v sravnitel'nom aspekte (Exterior features of the reindeer of Kolguev Island and the Malozemelskaya tundra in a comparative aspect), *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, No 24, pp. 113-118.
3. Romanenko T.M., Vylko Yu.P. Kraniologicheskiye karakteristiki severnyholenej (Rangifer tarandus) neneckoj porody Timanskoi Bol'shezemel'skoj tundry Neneckogo AO (Craniological characteristics of reindeer (Rangifer tarandus) of the Nenets breed of the Timan and Bolshezemelskaya tundras of the Nenets Autonomous District), *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*, 2019, No 12, pp. 110-114.
4. Van de Goor L. H. P., Panneman H. & Van Haeringen W. A. A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci, *Animal Genetics* 2009, No 40, pp. 630-636.
5. Kharzinova, V.R. Razrabotka mul'tipleksnoj paneli mikrosatelitov dlya ocenki dostovernosti proiskhozhdeniya i stepeni differentsiatsii populatsij severnogo olenya (Rangifer tarandus) (Development of a multiplex panel of microsatellites to assess the reliability of the origin and degree of differentiation of populations of reindeer (Rangifer tarandus)), V. R. Kharzinova, E. A. Gladyr', V. I. Fedorov [i dr.], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2015, No 50, pp. 756-765.
6. Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle *Annals of Animal Science*, 2009, No 9, pp. 119-125.
7. Dotsev A.V., Kharzinova V.R., Romanenko T.M., Laishev K.A., Brem G.G., Nikitkina E.V., Zinovieva N.A. (Microsatellite-based heterozygosity-fitness correlations in reindeer), *Journal of Animal Science*, 2019, T 97, No S3, pp. 266.
8. Romanenko T.M., Kharzinova V.R., Laishev K.A. Sravnitel'naya karakteristika mikropopulatsij severnyholenej neneckoj porody Malozemel'skoj tundry NAO (Comparative characteristics of micropopulations of reindeer of the Nenets breed of the Malozemelskaya tundra in the NAO), *Genetika i razvedenie zhivotnykh*, 2020, No 2, pp. 37-43.
9. Romanenko T.M. Primeneniye biotekhnologij v severnomolenevodstve (Application of biotechnologies in reindeer husbandry), V sbornike, *Problemy zhivotnovodstva Severnykh stran*, Materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konferentsii, 2005, pp. 64-66.
10. Matyukov V.S. K genogeografii i ekologicheskoy genetike severnogo olenya (Rangifer tarandus) (On genogeography and ecological genetics of a reindeer (Rangifer tarandus)), V sbornike, *Aktual'nyye voprosy razvitiya sel'skokhozyaistva*, Materialy, Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konferentsii, V Mezhdunarodnom gointellektual'nom foruma, Syktyvkar, 2021, pp. 90-100.
11. Romanenko T.M., Kalashnikova L.A., Filippova G.I., Laishev K.A. Geneticheskaya struktura populatsii severnyholenej o. Kolguevi Neneckogo avtonomnogo okruga (Genetic structure of the reindeer population of Kolguev Island of the Nenets Autonomous District), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014, No 4, pp. 68-70.
12. Laishev K.A., Samandas A.M., Prokudin A.V., Romanenko T.M., Goncharov V.V., Mukhamadeeva T.V. Veterinarnyye i zootekhnicheskiye problemy vosпроизводства v severnomolenevodstve i puti ih resheniya (Veterinary and zootechnical problems of reproduction in reindeer husbandry and ways to solve them), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2013, No 11, pp. 42-44.
13. Kharzinova V.R., Dotsev A.V., Solovieva A.D., Fedorov V.I., Shimit L.D.O., Romanenko T.M., Senchik A.V., Sergeeva O.K., Goncharov V.V., Laishev K.A., Yuzhakov A.A., Brem G.G., Zinovieva N.A. (Genetic variability of Russian domestic reindeer populations (rangifer tarandus) by microsatellites), *Journal of Animal Science*, 2020, T, 98, No 4, pp. 237-238.
14. Matyukov V.S. Geneticheskiye markery v selekcii (Genetic markers in selection), V.S. Matyukov, Ya.A. Zharikov, L.A. Kaneva, S.V. Nikolaev, V.G. Zainullin, *Ekonomicheskiye aspekty upravleniya innovatsionnyy mrazvitiem agrarnogo sektora Rossii v regional'nykh aspektakh*, materialy Mezhdunar. nauchn.-praktich. konf. v ramkakh III Respublikanskogo foruma, posvyashchennogo Dnyu intellektual'nogo isobstvennosti, *Intellektual'naya sobstvennost' – budushchee Respubliki Komi*, Syktyvkar, 2019, pp. 167-174.
15. Merkur'eva E.K. Biometriya v selekcii i genetike sel'skokozyajstvennykh zhivotnykh (Biometrics in selection and genetics of farm animals), M, Kolos, 1970, 330 p.

Сведения об авторах

С.В. Николаев – канд. вет. наук, научный сотрудник.

Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д.27, г. Сыктывкар, Россия, 167023

Information about the author

S.V. Nikolaev – Cand. Vet. Sci., Researcher.

Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies of Komi NC Uro RAS, 27, Rucheynaya St., Syktyvkar, Russia, 167023

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 19.01.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 28.03.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 612.11 : 636.2.034

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_113

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОРОВ ПРИ РАЗВИТИИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО АЛКАЛОЗА

©2023. Надежда Борисовна Никулина

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия, uralskay114@yandex.ru

Аннотация. Исследованы иммунологические показатели крови коров черно-пестрой породы в возрасте 3-6 лактации в первой фазе лактации в ООО «Дубровинский» Нытвенского района Пермского края. У животных опытной группы отмечали клинические признаки метаболического алкалоза. Зоогигиенические параметры коровника соответствовали нормативным требованиям. Регистрировали повышенную концентрацию сырого протеина, сырого жира и недостаточное содержание сухого вещества, микро- и макроэлементов в кормах по сравнению с нормами кормления крупного рогатого скота. У клинически здоровых животных водородный показатель слюны и рубцового содержимого находился на верхней границе нормальных значений, а у коров опытной группы – выше физиологической нормы. рН мочи у животных с алкалозом достоверно превышал таковой у коров контрольной группы. У всех обследованных животных обнаружено изменение резервной щелочности крови. Основные показатели лейкограммы коров контрольной группы коррелировали с нормативными значениями. В то же время доля эозинофилов в крови животных опытной группы повысилась в среднем на 11 % по сравнению со среднестатистическими значениями. Вычисление интегральных лейкоцитарных индексов у крупного рогатого скота контрольной группы выявило снижение ИСЛМ, ИСЛЭ и ЛГИ по сравнению с нормативными данными. У животных опытной группы отмечен рост ИСЛМ, ИСНМ и одновременное уменьшение ИСЛЭ, ЛГИ по сравнению с физиологическими значениями. При этом ИСНМ и ИСЛМ у коров этой группы были достоверно выше, чем таковые у животных контрольной группы. Следовательно, несбалансированное кормление коров привело к клиническому проявлению метаболического алкалоза у коров опытной группы и субклиническому развитию заболевания у контрольных животных. При этом регистрировали угнетение иммунологической резистентности и неспецифической защиты организма у всех обследованных коров, о чем свидетельствовала трансформация интегральных лейкоцитарных индексов.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, иммунологические показатели, интегральные лейкоцитарные индексы, метаболический алкалоз

Введение. Метаболические болезни у сельскохозяйственных животных имеют широкое распространение во всех странах мира. Погрешности в кормлении и содержании скота приводят к чрезмерному функциональному напряжению организма [1-5].

Несмотря на широкое распространение болезней метаболического профиля, данных

об иммунитете у коров при патологиях желудочно-кишечного тракта недостаточно. Так, в работах Р.А. Мерзленко с соавторами [6] показано, что при развитии гепатоза у лактирующих коров отмечали сдвиг в лейкограмме в сторону увеличения доли палочкоядерных нейтрофилов, снижение клеточного коэффициента по сравнению с клинически здоровыми

животными. Как показано в работе И.Ф. Хазимухаметовой [7], «при гепатите у коров развивается иммунодефицитное состояние, при котором страдает Т-система иммунитета со снижением репродукции Т - активных клеток – хелперов, и в меньшей степени поражается В – система. Индекс Т/В – лимфоцитов у больных гепатозом животных был ниже на 8-14 %, количество палочкоядерных нейтрофилов - на 81 %, а лейкоцитарный Т – индекс был выше на 7-9 % по сравнению со здоровыми коровами».

В исследованиях А.А. Эленшлегера, В.В. Соловьевой [8] установлено, что «развитие ацидоза у коров сопровождалось эритропенией, лейкопенией, гемоглобинемией. Отмечено повышение содержания сегментоядерных нейтрофилов в крови коров на 15-17 % по сравнению со среднестатистическими показателями.

В связи с тем, что вопрос о состоянии иммунологической защиты организма лактирующих коров при возникновении метаболического алкалоза остается малоизученным, настоящая работа посвящена изучению иммунологических показателей крови у коров при данной патологии.

Методика. Оценку состояния иммунитета у галштенизированных полновозрастных коров черно-пестрой породы в период раздоя проводили в ООО «Дубровинский» Нытвенского района. Контрольная группа состояла из клинически здоровых коров, в опытную группу вошли животные с клиническими признаками метаболического алкалоза.

Зоогигиенические параметры микроклимата коровника устанавливали с помощью анемометра «RGKAM-30 776332», психрометра «М-34», люксметра «МЕГЕОН 21550», ртутного термометра марки «Geratherm classic», универсального газоанализатора «МЕГЕОН 08002».

В состав рациона животных контрольной опытной групп входили сено разнотравное (1,5 кг), сенаж люцерновый (10 кг), силос кукурузный (13 кг), комбикорм (5 кг) и кормовая соль. Проводили зоотехнический анализ кормов.

Клиническое обследование животных осуществляли по общепринятой схеме. Для постановки диагноза определяли рН слюны, рубцового содержимого, мочи и резервную щелочность крови животных. Забор слюны осуществляли до утреннего кормления стерильным тампоном в пробирку. Забор содержимого рубца проводили при помощи пищеводного зонда и фиксации зевником. Перед определением рН, рубцовое содержимое предварительно фильтровалось. Мочу брали путем естественного мочеиспускания или при помощи катетеризации. Водородный показатель слюны, рубцового содержимого и мочи у животных определяли при помощи портативного рН-метра.

Кровь у коров брали из хвостовой вены утром до кормления, которую исследовали на анализаторе VetScan НМ. Вычисляли соотношение нейтрофилов и моноцитов (ИНСМ), соотношение лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ), соотношение лимфоцитов и эозинофилов (ИСЛЭ), индекс сдвига лейкоцитарной крови (ИСЛК) и лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс (ЛГИ). Резервную щелочность крови исследовали диффузным методом по И.П. Кондрахину [9] на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «Stat Fax 1904+» (США).

Статистическая обработка выполнена при помощи пакета анализа Microsoft Excel.

Результаты. Микроклимат помещений коровника в зимний стойловый период соответствовал нормативным требованиям.

При анализе рациона установлено, что клетчатки было на уровне 29 % от сухого вещества, сырого и переваримого протеина – 28 и 9 % соответственно от сухого вещества, сырого жира – 6 % от сухого вещества. Сахаро-протеиновое отношение было на уровне 0,9 : 1, что находилось в пределах нормативных показателей. Соотношение сахара к крахмалу и кальциево-фосфорное отношение не соответствовали нормам кормления лактирующих коров и составили 1:1,8 и 3,3:1 соответственно. Отмечен дисбаланс макро- и микроэлементов

в рационе. Так, концентрация фосфора в кормах составила 34,1 г (норма 75 г), натрия – 1,1 г (норма 1,5 г), цинка – 22,1 мг (норма 30 мг), кобальта – 0,29 мг (норма 0,5 мг), меди – 7,9 мг (норма 10 мг). Содержание кальция и магния в кормах соответствовало референсным значениям. Таким образом, отмечали повышенную концентрацию сырого протеина, сырого жира и недостаточное содержание фосфора, натрия и некоторых микроэлементов в кормах по сравнению с нормами кормления лактирующих животных.

При исследовании клинического статуса коров опытной группы регистрировали снижение и извращение аппетита, гнилостный запах из ротовой полости, слабую руминацию, ломкость волоса, сухость и бледность слизистых оболочек, матовость шерстного покрова, который был испачкан сухим калом. Индекс упитанности животных опытной группы снижался и составил $2,8 \pm 0,4$ балла, у коров контрольной – $3,2 \pm 0,2$ балла.

Как видно из данных таблицы, у клинически здоровых животных контрольной группы водородный показатель слюны и рубцового содержимого находился на верхней границе нормальных значений, а у коров опытной группы – выше физиологической нормы. Кроме того, рН мочи у животных с алкалозом достоверно превышал таковой у коров контрольной группы. Нужно отметить, что у всех обследованных животных обнаружено повышение резервной щелочности крови по сравнению со среднестатистическими показателями.

Следовательно, у животных опытной группы регистрировали клиническое течение метаболического алкалоза, а у коров контрольной группы – субклиническое. Основной причиной изменений клинко-метаболического профиля у животных в этом хозяйстве явилось несбалансированное кормление крупного рогатого скота.

Таблица 1

Водородный показатель слюны, рубцового содержимого, мочи и резервная щелочность крови коров контрольной и опытной групп, $M \pm m$

Показатель	Контрольная группа (n=10)	Опытная группа (n=10)	Референсные значения
рН слюны	$8,7 \pm 0,1$	$8,9 \pm 0,01$	8,1-8,8
рН рубцового содержимого	$7,3 \pm 0,1$	$7,5 \pm 0,1$	6,5-7,2
рН мочи	$7,7 \pm 0,05$	$9,0 \pm 0,1^*$	7,0-8,6
Резервная щелочность, об%CO ₂	$75,6 \pm 3,2$	$75,8 \pm 1,0$	46,0-66,0

Примечание: * достоверность по сравнению с контрольной группой при $p \geq 0,05$



Рис 1. Лейкоцитарная формула у коров контрольной и опытной групп
Fig. 1. Leukocyte formula in cows of the control and experimental groups

При исследовании иммунологических показателей крови коров установлено, что общее количество лейкоцитов в крови у всех животных соответствовало физиологическим показателям и составило $7,8 \pm 0,5$ и $6,3 \pm 0,2 \times 10^9/\text{л}$ соответственно. Основные показатели лейкограммы коров контрольной группы коррелировали с нормативными значениями (рис. 1). При этом, доля эозинофилов в крови животных опытной группы повысилась в среднем на 11 % по сравнению со среднестатистическими значениями. Нужно отметить, что уровень моноцитов в крови коров этой группы соответствовал референсным значениям, но был достоверно ниже такового у клинически здоровых животных.

Несмотря на то, что в лейкоцитарной формуле обследованных животных не выявлено значительных отклонений от референтных показателей, анализ интегральных индексов показателен для выявления состояния неспецифической резистентности. Как отмечено в исследованиях С.Н. Удинцева с соавторами

[10], «взаимодействие и баланс между клетками различных типов определяет иммунный ответ».

Вычисление интегральных лейкоцитарных индексов у крупного рогатого скота контрольной группы выявило снижение ИСЛМ в среднем на 21 %, ИСЛЭ – на 20 % и ЛГИ – 19 % по сравнению с нормативными данными (рис. 2). У животных опытной группы отмечен рост ИСЛМ в среднем на 57 %, ИСНМ – на 11 % и одновременное уменьшение ИСЛЭ в среднем на 19 %, ЛГИ – на 7 % по сравнению с физиологическими значениями. При этом ИСНМ и ИСЛМ у коров этой группы были достоверно выше, чем таковые у животных контрольной группы.

Согласно исследованиям М.И. Барашкина [11], И.М. Донник с соавторами [12], «самой высокочувствительной и сложной многокомпонентной системой в организме является иммунная система. Воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, а также изменение технологии производства молока приводит к снижению естественной резистентности животных».

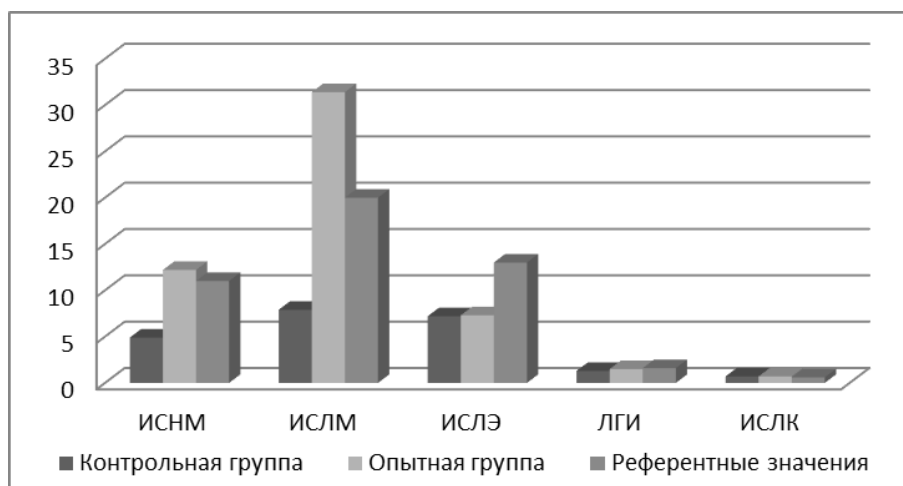


Рис. 2. Лейкоцитарные интегральные индексы у коров контрольной и опытной групп
 Fig. 2. Leukocyte integral indices in cows of the control and experimental groups

В работах И.Ф. Хазимухаметовой [7], К.М. Krause et all. [13], N.S. Kumbhar et all. [14] показано, что глубокие нарушения метаболических процессов в организме крупного рогатого скота возникают вследствие несбалансирован-

ного кормления. Из-за этого, прежде всего, происходит ослабление функционирования систем, нарушение течения репаративных процессов, снижение эффективности системы детоксикации.

По данным Л.А. Коваленко, Г.Н. Суходоловой [15] «многочисленные изменения в составе крови, в первую очередь среди эозинофильных и нейтрофильных лейкоцитов, являются критериями оценки стрессового состояния животных». Кроме того, эозинофилы участвуют в утилизации отмерших клеток и обезвреживании чужеродных белков (И.М. Донник с соавторами, 2012). Таким образом, рост числа эозинофилов в крови коров опытной группы сигнализировал о появлении в кровяном русле токсических продуктов обмена или является реакцией на стресс-факторы.

Изменение лейкоцитарных индексов у коров контрольной и опытной групп подтверждает

наличие стрессовой реакции, снижение адаптивных реакций к условиям окружающей среды и ослабление иммунологической резистентности.

Выводы. Несбалансированное кормление коров (избыток белка и жира в рационе, дисбаланс макро- и микроэлементов) привело к клиническому проявлению метаболического алкалоза у коров опытной группы и субклиническому развитию заболевания у контрольных животных. При этом регистрировали угнетение иммунологической резистентности и неспецифической защиты организма у всех обследованных коров, о чем свидетельствовала трансформация интегральных лейкоцитарных индексов.

Список источников

1. Гертман А. М., Кирсанова Т. С., Федин А. Ю. Ацидоз рубца как фактор, сдерживающий молочную продуктивность // Кадровое и научное обеспечение инновационного развития отрасли животноводства: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань, 2010. Т. 203. С. 83–88.
2. Требухов А. В. Клинико-биохимические аспекты кетоза у молочных коров // Ветеринария. 2017. № 10. С. 46–49.
3. Kalugniy I. I., Markova D. S., Yashin A. V., Prusakov A. V., Ponamarev V. S., Andreeva N. L. Diagnosis of hepatopathy in holstein cattle with metabolic disorders // IOP conference series: earth and environmental science. Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products. Сер. 2. 2021. С. 022029.
4. Fagnani R., Beloti V., Battaglini A. P. P. Acid-base balance of dairy cows and its relationship with alcoholic stability and mineral composition of milk // Pesquisa Veterinária Brasileira. 2014. N. 34. PP. 398-402.
5. Hanušovský O., Bíro D., Šimko M. The dynamic of the ruminal content pH change and its relationship to milk composition // Acta Veterinaria Brno. 2018. N. 87. Vol. 2. PP. 119-126.
6. Мерзленко Р. А., Заздравных М. Н., Дронов В. В., Горшков Г. И. Гепатоз у лактирующих коров и его клинико-биохимические корреляты // Вестник Курской ГСХА. 2012. № 6. С.78-80.
7. Хазимухаметова И. Ф. Иммунологические показатели крови у коров при гепатозе в условиях техногенного загрязнения агроэкосистемы Южного Урала // Известия Оренбургского ГАУ. 2006. № 1 (57). С. 61-63.
8. Эленшлегер А. А., Соловьева В. В. Клинико-морфологические показатели крови при ацидозе рубца у молочных коров // Вестник Алтайского ГАУ. 2016. № 6 (140). С. 112-115.
9. Кондрахин И. П., Архипов А. В., Левченко В. И. [и др.]. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики. М.: КолосС, 2004. 520 с.
10. Удинцев С. Н., Жиликова Т. П., Копанев В. А., Кравецкий П. А. Гематологические показатели отелившихся коров при применении гумитона // Ветеринария. 2010. № 6. С. 43-46.
11. Барашкин М. И. Влияние различных факторов на иммунную систему крупного рогатого скота при промышленных технологиях содержания // Аграрный вестник Урала. 2015. № 2 (132). С. 16-19.
12. Донник И. М., Шкуратова И. А., Бурлакова Л. В. [и др.] Адаптация импортного скота в Уральском регионе // Аграрный вестник Урала. 2012. № 1 (93). С. 24-26.
13. Krause K. M., Oetzel G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review // Animal feed science and technology. 2006. N. 126. Vol. 3-4. PP. 215-236.
14. Kumbhar N. S., Borikar S. T., Digraskar S. U. Occurrence, etiological studies and clinical findings in ruminal alkalosis in cattle of Parbhani and adjoining areas // Journal of Entomology and Zoology Studies. 2018. N. 6. PP. 680-683.
15. Коваленко Л. А., Суходолова Г. Н. Интегральные гематологические индексы и иммунологические индексы при острых отравлениях у детей // Общая реаниматология. 2013. № 5. С. 24-27.

IMMUNOLOGICAL PARAMETERS OF COWS BLOOD IN THE DEVELOPMENT OF METABOLIC ALKALOSIS**©2023. Nadezhda B. Nikulina**Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov,
Perm, Russia, uralskay114@yandex.ru

Abstract. We studied the immunological parameters of the blood of Black-and-White cows at the age of 3-6 lactations in the first phase of lactation in the Dubrovinsky LLC in Nytva District of Perm region. In animals of the experimental group, clinical signs of metabolic alkalosis were noted. The zoohygienic parameters of the barn corresponded to the regulatory requirements. An increased concentration of crude protein, crude fat and an insufficient content of dry matter, micro- and macroelements in feed were recorded compared to the norms for cattle feeding. In clinically healthy animals, the pH of saliva and rumen contents was at the upper limit of normal values, and in cows of the experimental group - above the physiological norm. Urinary pH in animals with alkalosis significantly exceeded that in cows of the control group. In all the examined animals, an increase in the reserve alkalinity of the blood was found in comparison with the average statistical indicators. The main indicators of the leukogram of cows in the control group correlated with the standard values. At the same time, the proportion of eosinophils in the blood of animals in the experimental group increased by an average of 11% compared with the average values. The calculation of integral leukocyte indices in cattle of the control group revealed a decrease in ISLM, ISLE and LGI compared with the standard data. Animals of the experimental group showed an increase in ISLE, INSW and a simultaneous decrease in ISLE, LHI compared with physiological values. At the same time, ISNM and ISLM in cows of this group were significantly higher than those in animals of the control group. Consequently, inadequate feeding of cows contributed to the clinical course of metabolic alkalosis in cows of the experimental group and subclinical development of the disease in animals of the control group. At the same time, inhibition of immunological resistance and nonspecific body defense was recorded in all examined cows, as evidenced by the transformation of integral leukocyte indices.

Key words: cattle, immunological indicators, integral leukocyte indices, metabolic alkalosis

References

1. Gertman A. M., Kirsanova T. S., Fedin A. Ju. Acidoz rubca kak faktor, sderzhivayushhiy molochnyuyu produktivnost' (Rumen acidosis as a deterrent to dairy productivity), *Kadrovoe i nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya otrasli zhivotnovodstva, Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii, Kazan'*, 2010, No. 203, pp. 83-88.
2. Trebuhov A. V. Kliniko-biohimicheskie aspekty ketoza u molochnykh korov (Clinical and biochemical aspects of ketosis in dairy cows), *Veterinariya*, 2017, No. 10, pp. 46-49.
3. Kalugniy I. I., Markova D. S., Yashin A. V., Prusakov A. V., Ponamarev V. S., Andreeva N. L. Diagnosis of hepatopathy in holstein cattle with metabolic disorders (Diagnosis of hepatopathy in holstein cattle with metabolic disorders) IOP conference series: earth and environmental science. Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products, Ser. 2, 2021, p. 022029.
4. Fagnani R., Beloti V., Battaglini A. P. P. Acid-base balance of dairy cows and its relationship with alcoholic stability and mineral composition of milk (Acid-base balance of dairy cows and its relationship with alcoholic stability and mineral composition of milk) *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 2014, No. 34, pp. 398-402.
5. Hanušovský O., Bíro D., Šimko M. The dynamic of the ruminal content pH change and its relationship to milk composition (The dynamic of the ruminal content pH change and its relationship to milk composition) *Acta Veterinaria Brno*, 2018, No. 87, Vol. 2, pp. 119-126.
6. Merzlenko R. A., Zazdravnyh M. N., Dronov V. V., Gorshkov G. I. Gepatoz u laktiruyushchikh korov i ego kliniko-biohimicheskie korrelyaty (Hepatositis in lactating cows and its clinical-biochemical correlates), *Vestnik Kurskoy GSHA*, 2012, No. 6, pp. 78-80.
7. Hazimuhametova I. F. Immunologicheskie pokazateli krovi u korov pri gepatoze v usloviyahtehnogennoyagroznykh razvitiya (Immunological Blood Parameters in Cows with Hepatositis in Conditions of Technogenic Pollution of the Agroecosystem of the Southern Urals), *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2006, No. 1 (57), pp. 61-63.
8. Jelenshleger A. A., Solov'eva V. V. Kliniko-morfologicheskie pokazateli krovi pri acidize rubca u molochnykh korov (Clinical and morphological parameters of blood in case of rumen acidosis in dairy cows), *Vestnik Altaiskogo GAU*, 2016, No. 6 (140), pp. 112-115.

9. Kondrakhin I. P., Arkhipov A. V., Levchenko V. I. [i dr.]. Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki (Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics), M.: KolosS, 2004, 520 p.
10. Udincev S. N., Zhilyakova T. P., Kopanev V. A., Kraveckii P. A. Gematologicheskie pokazateli oteivshikhsvya korov pri primeneni gumitona (Hematological parameters of calving cows with humitone), Veterinariya, 2010, No. 6, pp. 43-46.
11. Barashkin M. I. Vliyanie razlichnykh faktorov na immunnuyu sistemu krupnogo rogatogo skota pri promyshlennykh tehnologiyakh sodержaniya (Effects of various factors on the bovine immune system in industrial keeping technologies), Agrarnyi vestnik Urala, 2015, No. 2 (132), pp. 16-19.
12. Donnik I. M., Shkuratova I. A., Burlakova L. V. [i dr.] Adaptacijaimportnogoskota v Ural'skomregione (Adaptation of imported livestock in the Ural region) AgrarnyjvestnikUrala, 2012, No 1 (93), pp. 24-26.
13. Krause K. M., Oetzel G. R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review (Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review) Animal feed science and technology, 2006, No. 126, Vol. 3-4, pp. 215-236.
14. Kumbhar N. S., Borikar S. T., Digraskar S. U. Occurrence, etiological studies and clinical findings in ruminal alkalosis in cattle of Parbhani and adjoining areas (Occurrence, etiological studies and clinical findings in ruminal alkalosis in cattle of Parbhani and adjoining areas) Journal of Entomology and Zoology Studies, 2018, No 6, pp. 680-683.
15. Kovalenko L. A., Sukhodolova G. N. Integral'nye gematologicheskie indeksy i im-munologicheskie indeksy pri ostryh otravleniyakh u detei (Integral hematological indices and immunological indices in acute poisoning of children) Obshhajareanimatologija, 2013, No. 5, pp. 24-27.

Сведения об авторах

Н.Б. Никулина – д-р вет. наук, доцент;

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

Information about the author

N.B. Nikulina – Dr. Vet. Sci., Associate Professor;

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov», 23, Petropavlovskaya Street, Perm, Russia, 614990.

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 17.03.2023; одобрена после рецензирования 11.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 17.03.2023; approved after reviewing 11.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ПОДКОРМКИ НА ВОЛОСЯНЫЕ ФОЛЛИКУЛЫ КОЗ ОРЕНБУРГСКОЙ ПОРОДЫ

©2023. Виктор Алексеевич Панин

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия,
oniish@yandex.ru

Аннотация. Трансформирования, происходящие в волосяных фолликулах, содержащихся в кожном покрове пуховых коз оренбургской породы, под влиянием воздействия тех или иных факторов сказываются на структуре шерстного покрова, показателях пуховой продуктивности и качестве пуха. Целью выполненных нами исследований являлось изучение оказанного влияния минеральной подкормки, балансирующей рациона по макро- и микроэлементам (сера, кобальт, медь), на количество, диаметр, глубину залегания луковиц и ширину луковиц волосяных фолликулов пуховых коз оренбургской породы. Опыт выполнялся в Беляевском районе Оренбургской области. Объектом являлись козы оренбургской породы пухового направления продуктивности. Было сформировано две группы коз по 50 голов из низкопродуктивных коз, обладающих наименьшими показателями начеса пуха, до 0,2 кг на одну голову. Животные первой группы содержались на рационе, применяемом в хозяйстве. Козам второй группы дополнительно в рацион включали минеральную подкормку. Приведены результаты изучения отдельных показателей волосяных фолликулов пуховых коз при добавлении серы кормовой, кобальта хлористого, меди серноокислой в комбикорм в климатических условиях Оренбуржья. Особям второй группы дополнительно к основному рациону вводились в состав комбикорма Со (кобальт), Си (медь), S (сера) в количестве, согласно методике опыта, которые размешивались в составе объема концентратов. Перед утренним кормлением суточную дозу серы кормовой, кобальта хлористого, меди серноокислой добавляли в свежеприготовленный корм. Величину пуховой продуктивности коз определяли по результатам чески в 23-24- месячном возрасте. Подвергались исследованиям волосяные фолликулы коз. Результаты исследования показали, что начес пуха у особей, потреблявших корма с минеральной добавкой, составил 0,33 кг на одну голову, что выше на 0,14 кг в сравнении со сверстницами первой группы. Показатель количества вторичных развитых фолликулов в 1 мм² кожи у коз, получавших подкормку, был выше на 13,91%, а показатель количества вторичных фолликулов на один первичный выше на 3,60%.

Ключевые слова: фолликулы, первичные, вторичные, луковицы, микроэлементы, коза, кожа, пух, волосяные

Введение. В последние десятилетия отрасль животноводства характеризуется интенсивным развитием, стремительным освоением технологий, энергичным повышением уровня продуктивных показателей животных [1-4].

Выявлено, что биологические процессы, текущие в организме, зависят от поступающих белков, жиров и углеводов, формирующих

энергетическую питательность рациона и степени их использования, на которую влияет физиологическое состояние животного и применение биологически активных веществ разных групп действия [5].

Известно, что реализация генетического потенциала животных возможна только при организации сбалансированного кормления.

Необходимо, учитывать как животные остро реагируют даже на незначительный дефицит отдельных элементов питания. Минеральные вещества играют важную роль в организме животных, влияют на уровень продуктивности. Проблема минерального питания и восполнения недостатка минеральных веществ в рационах, с учетом степени их влияния на продуктивность, имеет научное и практическое значение [6,7].

При разрабатывании современных селекционных программ следует проявлять заинтересованность в вопросах сохранения и рационального использования отечественных племенных ресурсов животных, так как их пространное использование на практике влияет на эффективность селекционного процесса [8-11].

Обнаружено, что козы более приспособлены нежели овцы к всевозможным условиям разведения. Особенности коз способствовали разведению их во многих животноводческих районах мира [12,13].

Поскольку пуховые волокна продуцируют фолликулы, и учитывая, что в настоящее время специалистами сельского хозяйства недостаточно изучен вопрос воздействия минеральной подкормки на волосяные фолликулы коз оренбургской породы, проведено исследование в этом направлении. В исследовании максимально проявлен интерес в сохранении здоровья коз при получении продукции, с учетом кормовых добавок, балансирующих рационы по макро- и микроэлементам, применяемым с целью получения при минимальных затратах максимально большего количества пуха.

Цель исследований заключалась в изучении влияния минеральной подкормки, балансирующей рационы по макро- и микроэлементам на волосяные фолликулы коз оренбургской породы. В перечень намеченных задач, подлежащих изучению, входило сравнить количество первичных фолликул на 1 мм², количество вторичных развитых фолликул на 1 мм² кожи, диаметр первичных фолликул, диаметр вторичных фолликул, глубину их залегания и

ширину их луковиц у коз не получавших и получавших в качестве подкормки в рационах макро- и микроэлементы.

Методика. Реализация обозначенных целей исследования осуществлялась в козоводческом хозяйстве СПК (колхоз) «Донской» Беляевского района Оренбургской области в период с октября 2021 года по декабрь 2022 года. Для исследования были взяты козы оренбургской породы пухового направления продуктивности. Подопытные особи имели среднюю упитанность, и были пронумерованы. Из 100 голов низкопродуктивных коз (обладающих наименьшими показателями начеса пуха: до 0,2 кг на одну голову по итогам 2021 года) было сформировано по методике «Основы опытного дела в животноводстве» [14] две группы коз по 50 голов в 19-месячном возрасте. Для определения различия величины концентрации химических элементов в пухе высокопродуктивных и низкопродуктивных коз сострижены образцы шерсти в период предыдущей чески. В результате было определено, что по отдельным элементам существует определенная разница, наиболее значимая установлена по концентрации - Co, Cu и S. Для увеличения начеса пуха возникает необходимость корректировки указанных элементов в организме за счет добавления их в рацион. Животные первой группы содержались на рационе, применяемом в СПК (колхоз) «Донской». Козам второй группы дополнительно в рацион включали соли микро- и макроэлементов: сера кормовая – 2,0 г, кобальт хлористый - 0,003 г, медь сернокислая - 0,0055 г. В период опыта исследуемые особи содержались в условиях осенне-зимнего периода – в кошарах и весенне-летнего – на естественных пастбищах с загонами. Показатели физиологического состояния исследуемых коз, содержащихся в осенне-зимний период в кошаре, находились в пределах физиологической нормы. Для изучения кожи и ее производных по методикам Н.А. Диамидовой, Г.И. Кульчумовой в 2022 году отбирали три пробы из огузка, воротка, отступая на 5 см от линии хребта, и из середины полы, отступая от белой линии на 5 см. Образцы в

размере 2-3 см² вырезали острием безопасной бритвы на участках с предварительно обстриженным волокном. Образцы кожи фиксировали в 10%-ном формалине в течение 24-48 часов. Перед заливкой образцы отмывали от формалина, для чего объект помещали в стеклянные сита и опускали в сосуд с водой на 20-24 часа. При желатиновой заливке наблюдается незначительное сжатие тканей препарата, что используется для получения срезов на замораживающем микротоме. Отмытые образцы находились в растворе (12,5%) желатина (240-360 минут) и в растворе (25,0%) желатина (1440 минут). Пропитывание образцов происходило при температуре +37,4°С. По окончании пропитывания 25%-ный раствор желатина с кусочками быстро охлаждали. Из затвердевшего желатина вырезали блоки и подвергали их уплотнению в 20%-ном растворе формалина 4-6 часов. Перед приготовлением срезов желатиновые блоки отмывали от формалина в течение 2-4 часов в воде и переносили на столик замораживающего микротомы. Вертикальные срезы готовили вдоль корней волос толщиной 60-90 мкм, горизонтальные – параллельно поверхности, толщиной 16-21 мкм. Для окраски и монтирования срезы промывали в воде, обезжировали в 90%-ном спирте, окрашивали препаратом «Судан III», обезжировали в 50%-ном спирте, окрашивали препаратом «Гемактосалин Каррачи», промывали в проточной воде, в дистиллированной воде, помещали в смесь желатина и глицерина. Для обработки установленных показателей кожно-волосяного покрова исследуемых коз применяли статистический метод, способствующий оценить объективность полученных данных опыта. Приобретенные опытные данные обработаны методом вариационной статистики.

Результаты. Установлено по результатам чески 2022 года, что начёс пуха у особей, потреблявших корма с добавлением минеральной подкормки (II группа), равнялся 0,33 кг на одну голову. Увеличение начёса за счёт влияния минеральной подкормки составило 0,14 кг при сопоставлении со сверстницами первой

группы. Данные по рациону, который использовали за период опыта, приведены в таблице 1.

Исследование развития волосяных фолликулов изучаемых коз оренбургской породы показало, что волосяные фолликулы распределяются как первичные и вторичные, при этом они имеют разный размер, диаметр, ширину и глубину расположения в коже. В исследовании отмечена некоторая взаимосвязь начеса пуха с качеством волокон шерстного покрова, развитием фолликулов и структурой кожного покрова. Следует отметить, что численность вторичных фолликулов в коже пуховых коз оренбургской породы обусловлена генетически, но максимальное проявление наследственного потенциала определяется внешней средой, в том числе и влиянием минеральной подкормки, а также другими факторами. Густота пуховых волокон в шерстном покрове является важным показателем, характеризующим коз пухового направления продуктивности. Выполненный в опыте лабораторный анализ образцов кожи обнаружил, что по численности вторичных фолликулов на 1 мм² кожного покрова, а также по количеству вторичных фолликулов на 1 первичный выделяются животные второй группы, получавшие минеральную подкормку по сравнению с не получавшими сверстницами первой группы (табл.2).

Количество первичных фолликулов, содержащихся в 1 мм² кожи, не имело существенных различий у особей первой и второй групп – 6,7-7,1 шт. Разница по указанному показателю составила 5,97% с более высоким значением во второй группе.

Показатель густоты вторичных развитых фолликулов в 1 мм² кожи максимальным зафиксирован во второй группе – 73,57 шт., это больше при сопоставлении с показателями количества фолликулов коз первой группы на 8,41 шт. или на 13,91%. Соответственно и показатель количества вторичных фолликулов на один первичный во второй группе был выше на 0,35 шт. или 3,60%. Следует учитывать, что определяющим величину пуховой продуктивности коз является показатель густоты шерстного покрова, выражающийся в том числе и

как отношение количества вторичных фолликулов к первичным на единице площади кожного покрова. Из вышеизложенного следует, что добавки меди (Cu), кобальта (Co) и серы (S) в корм подопытных коз второй группы способствуют лучшему развитию волосяных фолликулов, увеличивая их количество на единице площади кожи.

Различие в показателях диаметра как первичных, так и вторичных фолликулов определено незначительным. Влияние добавления в рацион коз минеральных веществ на диаметр первичных и вторичных фолликулов не установлено.

Таблица 1

Рацион кормления коз в стойловый период, возраст 19-24 месяца

Показатель	Сено (степное)		Сено (люцерны)		Комбикорм		Содержится в рационе	
	19-21	22-24	19-21	22-24	19-21	22-24	19-21	22-24
Возраст, мес	19-21	22-24	19-21	22-24	19-21	22-24	19-21	22-24
Кол-во, кг	0,80	0,80	0,35	0,46	0,17	0,17	-	-
Корм. ед., кг	0,39	0,39	0,15	0,20	0,24	0,24	0,78	0,83
О Э, МДж	5,29	5,29	2,42	3,23	4,05	4,05	11,76	12,57
Сухое в., кг	0,75	0,75	0,67	0,89	0,14	0,14	1,56	1,78
Сырой протеин, кг	60,95	60,95	48,30	64,40	45,50	45,50	154,75	150,45
Перев. протеин, кг	32,20	32,20	34,50	44,39	27,60	27,60	94,30	104,19
Лизин, г	5,06	5,06	2,48	3,31	0,48	0,48	8,02	8,85
Метионин, г	2,42	2,42	1,04	1,38	0,48	0,48	3,94	4,28
Соль, г	-	-	-	-	-	-	7,4	7,4
Кальций, г	4,60	4,60	5,75	7,59	0,25	0,25	10,60	12,44
Фосфор, г	0,92	0,92	0,69	0,92	0,60	0,60	2,21	2,44
Магний, г	0,69	0,69	1,04	1,38	0,17	0,17	1,90	2,24
Сера, г	1,04	1,04	0,46	0,61	0,08	0,08	1,58	1,73
Сера (II гр.)	1,04	1,04	0,46	0,61	2,08	2,08	3,58	3,73
Железо, мкг	138,0	138,0	51,75	69,00	7,71	7,71	197,46	214,71
Медь, мкг	1,96	1,96	2,30	3,06	1,04	1,04	5,30	6,06
Медь, мкг (II группа)	1,96	1,96	2,30	3,06	1,0455	1,0455	5,3055	6,0655
Цинк, мкг	-	-	6,56	8,74	4,31	4,31	10,66	13,05
Кобальт, мкг	0,35	0,35	0,069	0,092	0,0115	0,0115	0,4305	0,4535
Кобальт, мкг (II группа)	0,35	0,35	0,069	0,092	0,0145	0,0145	0,4335	0,4565
Марганец, мкг	-	-	9,20	11,64	10,06	10,06	19,26	21,70
Йод, мкг	0,08	0,08	0,10	0,14	0,01	0,01	0,19	0,23
Каротин, мкг	10,35	10,35	17,25	23,00	-	-	27,60	33,35
Витамин Д, ИЕ	115,0	115,0	124,20	165,6	-	-	239,2	280,6

Согласно данным таблицы, в каждом покрове пуховых коз оренбургской породы волосяные фолликулы остро дифференцированы по развитию, величине залегания и гистологическому строению. Первичные фолликулы вырабатывают волокна ости и мертвого волоса и глубоко залегают в дерме, обладая сильно раз-

витой сердцевинной, хорошо выраженным влагищем, крупными сальными железами. Глубина залегания луковиц первичных фолликулов коз первой группы составила 1422,71 мкм, что на 22,99 мкм больше относительно особей второй группы или на 1,64%. Показатель глубины залегания луковиц вторичных волосяных фолликулов в каждом покрове исследуемых

коз имел значительно меньшее значение – на 558,03 - 536,36 мкм или на 39,22 – 38,32% относительно глубины залегания луковиц первичных фолликулов. Разница в показателях глубины залегания луковиц вторичных фолликулов в коже коз первой и второй групп была незначительной – 1,32 мкм или 0,15%. Показатель ширины луковиц первичных фолликулов

у особей первой группы составил 174,66 мкм, что на 0,62 мкм или 0,36% больше нежели у сверстниц второй группы, разница не являлась достоверной. Показатель ширины луковиц вторичных фолликулов у коз второй группы больше на 0,19 мкм или на 0,23%.

Таблица 2

Развитие волосяных фолликулов исследуемых коз (X± Sx)

Показатель	Группа	
	I	II
Количество первичных фолликулов в 1 мм ² кожи, шт.	6,7±0,74	7,1±0,27
Lim	5,0-8,0	6,0-9,0
Cv	1,69	1,55
Количество вторичных развитых фолликулов в 1мм ² кожи, шт.	65,16±0,33	73,57±0,279
Lim	64,0-68,0	68,0-76,0
Cv	2,33	2,37
Количество вторичных фолликулов на 1 первичный, шт.	9,73±0,30	10,08±0,30
Диаметр первичных фолликулов, мкм	148,34±0,74	148,51±0,21
Lim	146,5-149,4	146,6-149,5
Cv	1,14	0,99
Диаметр вторичных фолликулов, мкм	56,89±0,48	57,86±0,28
Lim	55,54-58,73	56,21-58,83
Cv	1,71	1,74
Глубина залегания луковиц первичных фолликулов, мкм	1422,71±87,55	1399,72±84,64
Lim	1254-1558	1221-1499
Cv	10,81	10,62
Глубина залегания луковиц вторичных фолликулов, мкм	864,68±16,21	863,36±13,55
Lim	846,0-887,5	847,5-889,0
Cv	2,49	2,52
Ширина луковиц первичных фолликулов, мкм	174,66±2,49	174,04±2,38
Lim	171,0-178,0	170,5-177,5
Cv	2,24	2,32
Ширина луковиц вторичных фолликулов, мкм	81,69±1,15	81,88±0,98
Lim	79,5-82,0	81,0-82,5
Cv	0,81	0,76

Таким образом, включение в рацион пуховых коз оренбургской породы минеральной подкормки, состоящей из меди (Cu), кобальта (Co) и серы (S), в указанных в методике количествах на голову в сутки позволило увеличить количество первичных и вторичных волосяных фолликулов и повысить пуховую продуктивность.

Трансформации в развитии вторичных волосяных фолликулов исследуемых коз, под-

вергшихся воздействию на организм минеральной подкормки, привели не только к повышению начеса пуха, но и к повышению некоторых показателей качества пуха, среди которых обусловленное значение отводится показателю деформации пухового волокна исследуемых животных (рис. 1). Общая деформация пухового волокна особей второй группы была более высокой.

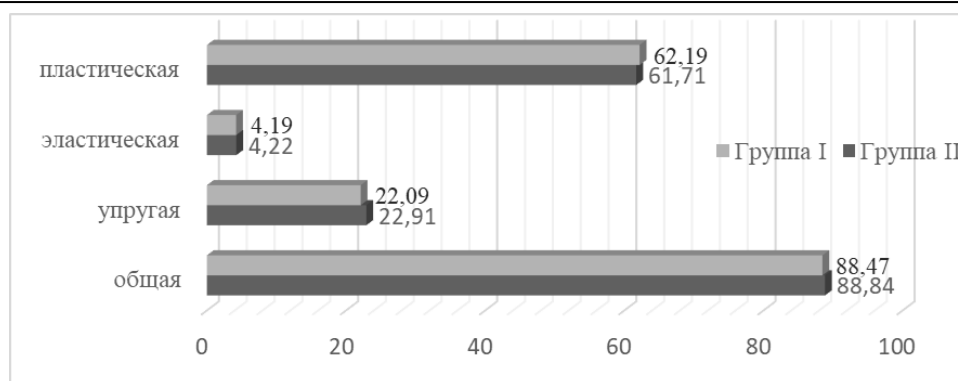


Рис 1. Показатель деформации пухового волокна, %

Fig. 1. Down fiber deformation index, %

Выводы. Результаты эксперимента указывают, что более высоким количеством волосяных фолликулов на единице площади кожи обладали козы, потреблявшие минеральную подкормку, что вполне согласуется с имеющимся мнением о влиянии отдельных микро- и макроэлементов на показатели пуховой продуктивности. Это позволяет констатировать, что включение в состав комбикорма кобальта (Co), меди (Cu) и серы (S) в указанных количествах в природно-климатических условиях Оренбуржья приводит к увеличению пуховой продуктивности за счет лучшего развития волосяных фолликулов в коже. При изучении воздействия минеральной подкормки на волосяные фолликулы коз оренбургской породы установлено, что в результате скармливания подкормки происходит увеличения количества первичных и вторичных волосяных фолликулов, о чем свидетельствует также повышение

показателей пуховой продуктивности. Разница в количестве первичных фолликулов составила 5,97% с преимуществом коз, получавших добавку. Количество вторичных развитых фолликулов в 1 мм² кожи у коз, получавших подкормку, содержалось больше на 13,91%. Также и показатель количества вторичных фолликулов на один первичный у них выше на 3,60%. В результате чего повысился начес пуха на одну голову на 0,14 кг. Необходимо отметить, что результативность использования минеральных подкормок обуславливается большим количеством обстоятельств. Вследствие этого результат всегда индивидуален и требует оценки в каждом конкретном случае.

Работа выполнена по тематическому плану исследований ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0006).

Список источников

1. Clark J.H. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. – Washington: National Academy Press, 2001. 401 p.
2. Семенов А.С., Сычева Л.В., Вяткина Т.Н. Использование престаартеров при выращивании поросят в период подкоса и доращивания // Пермский аграрный вестник: Сборник научных трудов LXVIII Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 16–17 апреля 2008 года. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова, 2008. С. 50-53.
3. Акифьева Г.Е. Питательная ценность заготавливаемых кормов // Актуальные проблемы АПК в Сибири. Омск, 2013. С. 3–6.
4. Петрова М.Ю., Акифьева Г.Е., Косарева Н.А. Зависимость молочной продуктивности коров красной степной породы от сбалансированности рационов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021. № 4. С. 150-156. DOI 10.31677/2072-6724-2021-61-4-150-156
5. Эффективность использования в рационе телят фитоминеральной добавки и фермента / А. А. Овчинников, Л. Ю. Овчинникова, Ю. В. Матросова, Е. Н. Еренко // Пермский аграрный вестник. – 2021. – № 4(36). – С. 134-141. – DOI 10.47737/2307-2873_2021_36_134.
6. Сычева Л.В., Суханова С.Ф. Влияние препарата Веторон на использование питательных веществ рациона сухостойных коров // Актуальные проблемы аграрной науки в XXI веке //Матер.междунар.науч.-практич.конф. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. Ч.1. С. 134-138.

7. Сычева Л.В., Букина Н. В. Влияние препарата Веторон на воспроизводительные функции коров // Пермский аграрный вестник: Сборник научных трудов XXXIII Всероссийской научно-практической конференции ученых и специалистов, посвященной 60-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг., Пермь, 29–31 марта 2005 года. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова, 2005. С. 37-40.
8. Deniskova T.E., Dotsev A.V., Traspov A.A., Brem G., Zinovieva N.A., Selionova M.I., Kunz E., Medugorac I., Reyer H., Wimmers K., Barbato M. Population structure and genetic diversity of 25 russian sheep breeds based on whole genome genotyping // Genetics, Selection, Evolution. 2018. V. 50. N 1. P. 29-34. Doi: 10.1186/s12711-018-0399-5
9. Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Yatsyk O., Krivoruchko A., Selionova M.I. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. N 3. P. 2351-2357.
10. Ostapchuk P.S., Yemeljanov S.A., Skorykh L.N., Konik N.V., Kolotova N.A. Model of tsgai breed meat quality improvement in pure breeding // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. N 3. P. 756-764.
11. Skorykh L.N., Kopylov I.A., Efimova N.I., Starodubtseva G.P., Khainovsky V.I. Immunogenetic markers in selection of sheep // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. V. 8. N 6. P. 529-534.
12. Панин В.А. Инновационное развитие козоводства в условиях часто повторяющихся засух // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию юбилею Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства: сборник научных трудов. Оренбург, 2017. С. 318-324.
13. Панин В. А. Некоторые показатели биоресурсного потенциала коз оренбургской породы // Доклады ТСХА: Материалы международной научной конференции, Москва, 05–07 декабря 2017 года. Том Выпуск 290, Часть 3. Москва: Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. С. 288-290.
14. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос, 1976. 304с.

THE EFFECT OF MINERAL SUPPLEMENTS ON THE HAIR FOLLICLES OF GOATS OF THE ORENBURG BREED

©2023. Victor A. Panin

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, oniish@yandex.ru

Abstract. Transformations occurring in the hair follicles of the Orenburg downy goats contained in their skin affect due to various factors the structure of the goat down, productivity indicators and down quality. The purpose of our research was to study the effect of mineral supplements, balancing the rations in macro- and microelements (sulfur, cobalt, copper), on the number, diameter, depth of the bulbs and the width of the bulbs of hair follicles of downy goats of the Orenburg breed. The experiment was carried out in the Belyaevsky district of Orenburg region. The objects of the research were downy goats of the Orenburg breed. Two groups of goats consisting of 50 heads from low-productive goats with the lowest indicators of down quantity, up to 0.2 kg per head were formed. The animals of the first group were kept on the diet used in the farm. The goats of the second group were given additional mineral supplements. The results of the study of some indicators of hair follicles of downy goats when applying fodder sulfur, cobalt chloride, copper sulphate to compound feed in the climatic conditions of the Orenburg region are presented. In addition to the main diet, Co (cobalt), Cu (copper), S (sulfur) were introduced into the feed for the second group in the amount according to the experimental methodology, mixed as part of concentrates. Before morning feeding, a daily dose of fodder sulfur, cobalt chloride, copper sulphate was added to freshly prepared feed. The value of the down productivity of goats was determined by the results of combing at the age of 23-24 months. The hair follicles of goats were examined. The results of the study showed that the down amount in goats who consumed feed with a mineral supplement was 0.33 kg per head, which is higher than 0.14 kg in comparison with the goats of the first group. The indicator of the number of secondary developed follicles in 1 mm² of skin in goats receiving supplements was 13.91% higher, and the indicator of the number of secondary follicles per primary one was 3.60% higher.

Key words: follicles, primary, secondary, bulbs, microelements, goat, skin, down, hair

References

1. Clark J.H. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition. Washington: National Academy Press, 2001. 401 p.
2. Semenov A.S., Sycheva L.V., Vjatkina T.N. Ispol'zovanieprestarerovprivyrashivaniiporosjat v period podsos aidorashivaniija (The use of prestarters in breeding of piglets during the suckling period and nursery), Permskii agrarnyi vestnik, Sborniknauchnyhtrudov LXVIII Vserossijskojnauchno-prakticheskoi konferencii, Perm', 16–17 aprelja 2008 goda, Perm', Permskajagosudarstvennajasel'skoho zjajstven-najaakademijaimeniakademika D.N. Prjanishnikova, 2008, pp. 50–53.
3. Akif'eva G.E., Pitatel'najacennost' zagotavlivaemykhkormov (Nutritional value of harvested feed), Aktual'nyeproblemy APK v Sibiri, Omsk, 2013, pp. 3–6.
4. Petrova M.Ju., Akif'eva G.E., Kosareva N.A., Zavisimost' molochnojproduktivnostikorovkrasnojstepnojporodyotsbalansirovanostiracionov (Dependence of dairy productivity of red steppe cows on diet balance), Vestnik NGAU, Novosibirskijgosudarstvennyjagrunyuniversitet, 2021, No 4, pp.150-156. DOI 10.31677/2072-6724-2021-61-4-150-156
5. Jeffektivnost' ispol'zovanija v racioneteljatfitomineral'nojdobavkiifermenta (The effectiveness of using phytomineral supplements and enzymes in the calves' diet), A. A. Ovchinnikov, L. Ju. Ovchinnikova, Ju. V. Matrosova, E. N. Erenko, Permskijagrunyvestnik, 2021, No 4(36), pp.134-141. DOI 10.47737/2307-2873_2021_36_134.
6. Sycheva L.V., Suhanova S.F. VlijaniepreparataVetoronnapispol'zovaniepitatel'nyhveshhestvracionasuhostojnyhkorov (The effect of Vetoron on nutrient use in the diet of dry cows), Aktual'nyeproblemyagrunojnauki v XXI veke, Mater. mezhdunar. nauch.-praktich.konf., Perm': Izd-vo FGBOU VPO Permskaja GSHA, 2013. Ch.1. pp. 134-138.
7. Sycheva L.V., Bukina N. V. VlijaniepreparataVetoronnavosproizvoditel'nyefunkciikorov (The effect of Vetoron on the reproductive functions of cows), Permskijagrunyvestnik, Sborniknauchnyhtrudov XXXIII Vserossijskojnauchno-prakticheskoi konferenciiuchenyhispecialistov, posvjashhennoj 60-letiju Pobedy v VelikojOtechestvennojvojne 1941-1945 gg., Perm', 29–31 marta 2005 goda, Perm', Permskajagosudarstvennajasel'skoho zjajstvennajaakademijaimeniakademika D.N. Prjanishnikova, 2005. pp. 37-40.
8. Deniskova T.E., Dotsev A.V., Traspov A.A., Brem G., Zinovieva N.A., Selionova M.I., Kunz E., Medugorac I., Reyer H., Wimmers K., Barbato M. Population structure and genetic diversity of 25 russian sheep breeds based on whole genome genotyping, Genetics, Selection, Evolution, 2018, V. 50, No 1, pp. 29-34. Doi: 10.1186/s12711-018-0399-5
9. Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Yatsyk O., Krivoruchko A., Selionova M.I. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2016, V. 7, No 3, pp. 2351-2357.
10. Ostapchuk P.S., Yemelianov S.A., Skorykh L.N., Konik N.V., Kolotova N.A. Model of tsgai breed meat quality improvement in pure breeding, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2018, V. 9, No 3, pp. 756-764.
11. Skorykh L.N., Kopylov I.A., Efimova N.I., Starodubtseva G.P., Khainovsky V.I. Immunogenetic markers in selection of sheep, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2017, V. 8, No 6, pp. 529-534.
12. Panin V.A. Innovacionnoerazviti kozovodstva v uslovijahchastopovtorjajushhihsjzasuh (Innovative development of goat breeding in conditions of frequent droughts), Nauchnoeobespechenieinnovacionnogorazvitijsel'skogohozjajstva v uslovijahchastopovtorjajushhihsjzasuh, Materialymezhdunarodnojnauchno-prakticheskoi konferencii, posvjashhennoj 80-letnemu jubilejuOrenburgskogonauchno-issledovatel'skogoinstitutasel'skogohozjajstva, sborniknauchnyhtrudov, Orenburg, 2017, pp. 318-324.
13. Panin V. A. Nekotoryepokazatelibioresursnogopotencialakozorenburgskojporody (Some indicators of the bioresource potential of goats of the Orenburg breed),Doklady TSHA: Materialymezhduna-rodnojnauchnojkonferencii, Moskva, 05–07 dekabrja 2017 goda, Tom Vypusk 290, Chast' 3, Moskva, Rossijskijgosudarstvennyjagrunyuniversitet MSHA im. K.A. Timirjazeva, 2018, pp. 288-290.
14. Ovsjannikov A.I. Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve (Fundamentals of experimental work in animal husbandry), M., Kolos, 1976, 304 p.

Сведения об авторах

В.А.Панин – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.
Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, ул. 9 января 29, г. Оренбург, Россия.

Information about the author

V.A. Panin– Dr. Agr. Sci., Leading Researcher.
Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences”, 29, 9 Yanvarya St., 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 16.03.2023; одобрена после рецензирования 13.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.
The article was submitted 16.03.2023; approved after reviewing 13.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗИСТЕНТНОСТИ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА MALDI-TOF MS

©2023. Валентина Ивановна Плешакова^{1✉}, Надежда Алексеевна Лещёва²,

Иван Николаевич Кошкин³, Елена Николаевна Ручко⁴

^{1,2,3,4} Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина, Омск, Россия

¹vi.pleshakova@omgau.org

Аннотация. Представлены результаты исследования фенотипической оценки резистентности изолятов микроорганизмов, выделенных из разных биотопов (молоко, фекалии) от сельскохозяйственных животных и птицы в промышленных животноводческих хозяйствах Омской области. Идентифицировали до вида выделенные изоляты при помощи метода времяпролётной масс-спектрометрии с матрично-ассоциированной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF MS) с использованием масс-спектрометра VITEK MS и программного обеспечения «Biotyper RTC» (Германия). Применение данного метода позволяет сократить время исследования образцов и точно провести идентификации клинически значимых патогенов с минимальными экономическими затратами. Резистентность микроорганизмов к антибактериальным препаратам исследовали, используя диско-диффузионный метод (ДДМ) в соответствии с МУК «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» и рекомендациями EUCAST. С помощью ДДМ определяли чувствительность выделенных изолятов микроорганизмов к 17 антимикробным препаратам разных фармакологических групп: пенициллины, фторхинолоны, цефалоспорины, аминогликозиды, линкозамиды, тетрациклины и макролиды. При помощи метода MALDI-TOF MS выявили, что в пробах молока коров преобладали культуры *Escherichia coli* – 30,9%, а в минимальном количестве проб (2,3%) были выделены бактерии рода *Actinobacter johnsonii*. В пробах фекалий свиней также доминируют микроорганизмы вида *Escherichia coli* – 51,1 %, наиболее низкой частотой встречаемости характеризовались бактерии вида *Staphylococcus cohnii* – 5,7%. В пробах фекалий цыплят-бройлеров наиболее часто идентифицировали культуры *Escherichia coli* – 42,1%, реже встречались культуры *Staphylococcus succinus* – 5,26%. Проведённые исследования по определению профиля антимикробной резистентности показали, что большинство изолятов были резистентны к пенициллинам, фторхинолонам, цефалоспорином, аминогликозидам, тетрациклином, линкозамидам и макролидам.

Ключевые слова: сельскохозяйственные животные и птица, микроорганизмы, антибактериальные препараты, метод масс-спектрометрии, антибиотикорезистентность

Введение. Глобальное распространение антимикробной резистентности в различных микробиомах сельскохозяйственных животных, по данным ряда исследователей, связано как с неэффективным и нерациональным ис-

пользованием антибиотиков, так и с особенностями биологии бактерий, а именно: быстрой сменной генерации, наличием молекулярных механизмов резистентности, сохранением мобильных генетических структурных элементов в клетках [4, 6].

Необходимо отметить, что по данным отечественных и зарубежных авторов наиболее часто в различных биотопах сельскохозяйственных животных встречаются возбудители инфекций, принадлежащие к следующим видам бактерий: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Actinobacter johnsonii* и др. [10, 14, 15].

В последнее десятилетие некоторые исследователи выделяют группу устойчивых к антибиотическим препаратам бактерий (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acitenobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Enterobacter. spp.*), получивших аббревиатурное название «патогены ESKAPE», способных противостоять биоцидному действию антибиотиков, что, в свою очередь, приводит к смене механизмов этиопатогенеза, подходов к диагностике, профилактике и лечению инфекций, обусловленных данными группами бактерий [10]. Указанные семейства бактерий признаны ВОЗ приоритетными как глобальная угроза здоровью животных и человека и требующие детального исследования и поиска путей преодоления их полирезистентности к существующим антибиотическим препаратам [15].

Залогом эффективности лечебно-профилактических мероприятий является надёжная, быстрая и качественная микробиологическая диагностика, основным и важным этапом которой является идентификация патогенных микроорганизмов.

Необходимо отметить, что существующие рутинные способы бактериологической диагностики, характеризующие достаточную информативность, в то же время имеют существенные недостатки, в частности, длительность выполнения, что, в свою очередь, приводит к несвоевременной постановке диагноза и увеличивает период до назначения антибактериальной терапии. В этом аспекте имеется настоятельная необходимость внедрения новых диагностических подходов, повышающих скорость, производительность, достаточную

чувствительность и экономическую доступность микробиологических исследований. В этом отношении одной из перспективных технологий для таксономической идентификации микроорганизмов может быть использование масс-спектрометрического исследования в виде MALDI-TOF MS теста [5, 7, 8, 9].

Процесс идентификации основан на сравнении полученных масс-спектров с референсными спектрами, присутствующими в базе данных, поставляемых производителями вместе с оборудованием для MALDI-TOF MS. Результаты идентификации микроорганизмов не требуют дополнительного подтверждения рутинными биохимическими тестами [10, 11].

При этом, указанный метод позволял минимизировать время исследования образца, а также характеризовался точностью идентификации клинически значимых патогенов с минимальными экономическими затратами. В то же время сообщений об использовании данного метода в ветеринарной практике очень мало, и в основном в зарубежной литературе [4, 10].

Учитывая вышеизложенное, целью настоящей работы явилось: изучить фенотипические характеристики антибиотикорезистентности изолятов микроорганизмов, идентифицированных из биотопов сельскохозяйственных животных методом MALDI-TOF MS.

Методика. В работе исследовали 115 изолятов микроорганизмов, выделенных из проб различных биотопов (молоко, фекалии) от сельскохозяйственных животных в промышленных животноводческих хозяйствах Омской области (крупный рогатый скот, свиньи, птицы) в период с 2022 г. по февраль 2023 г.

Идентификацию выделенных изолятов до вида определяли при помощи метода время-пролётной масс-спектрометрии с матрично-ассоциированной лазерной десорбцией / ионизацией (MALDI-TOF MS) с использованием масс-спектрометра VITEK MS и программного обеспечения «Biotyper RTC» (Германия). При этом учитывали, что значение Score $\geq 2,0$ явля-

ется критерием надёжной видовой идентификации микроорганизмов. Кроме того, в ходе выполнения исследований определяли чувствительность выделенных изолятов микроорганизмов к 17 антимикробным препаратам разных фармакологических групп: пенициллины, фторхинолоны, цефалоспорины, аминогликозиды, линкозамиды, тетрациклины и макролиды. Резистентность к вышеперечисленным антимикробным препаратам устанавливали с использованием диско-диффузионного метода в соответствии с рекомендациями «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» (версия 2021-01). Также клинические категории устойчивости тестируемых изолятов определены в соответствии с рекомендациями EUCAST раздела

«Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters» (версия 10.0, с 01.01.2020. Для статистической обработки полученных в ходе исследования экспериментальных данных использовали Т-критерий Манна-Уитни с применением прикладного программного пакета Microsoft Excel. Допустимый уровень статистической значимости составил 5%.

Результаты. Анализ проведённых исследований показал относительное разнообразие таксономического состава тестируемых биотопов (молоко, фекалии) сельскохозяйственных животных и птицы. Видовой состав идентифицированных с помощью MALDI-TOF MS метода изолятов микроорганизмов представлен в таблице 1.

Таблица 1

Таксономический профиль изолятов микроорганизмов, выделенных из различных биотопов сельскохозяйственных животных и птиц

Название биотопа	Выделенные культуры микроорганизмов	Процентный состав таксономических единиц, %
Пробы молока коров	<i>Escherichia coli</i>	30,9
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11,9
	<i>Enterobacter cloacae</i>	16,6
	<i>Staphylococcus aureus</i>	16,6
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	14,2
	<i>Corynebacterium bovis</i>	7,1
	<i>Actinobacter johnsonii</i>	2,3
Пробы фекалий свиней	<i>Escherichia coli</i>	57,1
	<i>Staphylococcus cohnii</i>	5,7
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	22,8
	<i>Proteus mirabilis</i>	14,2
Пробы фекалий цыплят-бройлеров	<i>Escherichia coli</i>	42,1
	<i>Staphylococcus lentus</i>	15,7
	<i>Staphylococcus gallinarum</i>	10,5
	<i>Staphylococcus equorum</i>	5,2
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	10,5
	<i>Proteus mirabilis</i>	10,5
	<i>Staphylococcus succinus</i>	5,26

Так, в пробах молока коров, содержащихся в условиях крупных промышленных комплексов, преобладающее положение среди сочленов микробиоценоза занимали бактерии *Escherichia coli* – 30,9%, в минимальном количестве проб (2,3%) были выделены бактерии рода *Actinobacter johnsonii*.

В пробах фекалий свиней также доминирующее положение среди всех изолированных таксономических групп микроорганизмов занимали бактерии вида *Escherichia coli* – 51,1 %.

При этом в структуре биоразнообразия выделенных изолятов наиболее низкой частотой встречаемости характеризовались бактерии вида *Staphylococcus cohnii* – 5,7%. Схожую картину биоразнообразия микробиоценоза наблюдали и в пробах фекалий цыплят-бройлеров. Как и в вышеописанных случаях, в данном биотопе наиболее часто идентифицировали изоляты *Escherichia coli* – 42,1%.

Проведённые исследования показали, что профиль антимикробной резистентности

изолятов *Enterobacter cloacae*, выделенных из проб молока коров, содержащихся в промышленных комплексах региона, характеризовался высокими показателями устойчивости к группе пенициллинов (100,0%), цефалоспоринов (60,0%), аминогликозидов (40,0%). Также установлено, что наибольшей резистентностью выделенные изоляты *Enterobacter cloacae*

обладали к следующим антимикробным препаратам, в частности: к канамицину – 40,5%, цефалексину – 65,2%, цефазолину – 65,2%, цеффиксиму – 65,8%, цефотаксиму – 65,5%, цефтазидиму – 40,0%, цефтриаксону – 40,8%, гентамицину – 20,5%, цефепиму – 40,5%, цефоперазону – 40,6%, цефподоксиму – 40,2%, цефтиофуру – 40,0% (рис. 1).

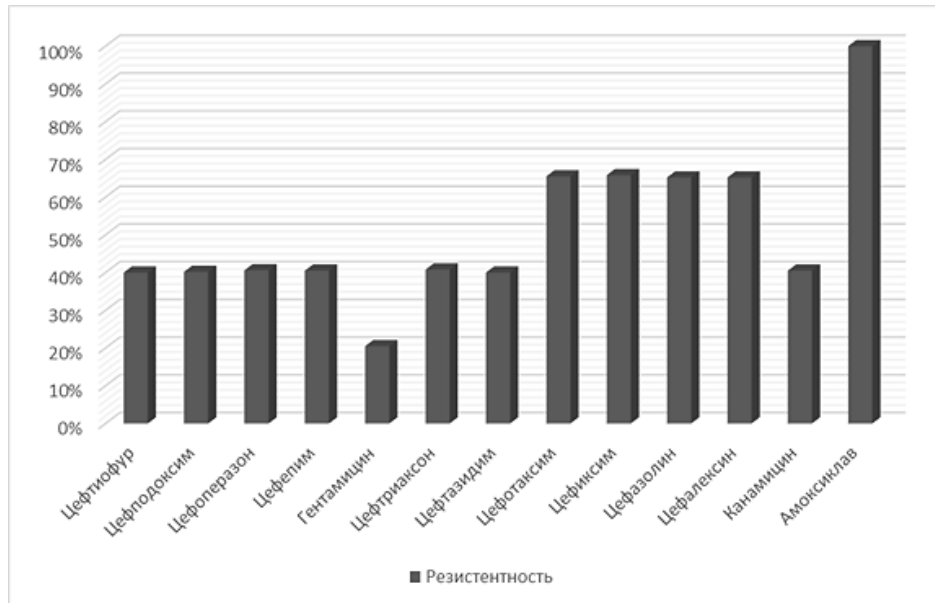


Рис 1. Профиль антибиотикорезистентности культур *Enterobacter cloacae*, выделенных из проб молока коров

Fig. 1. Antibiotic resistance profile of *Enterobacter cloacae* cultures isolated from cow milk samples

Следовательно, анализ результатов исследований устойчивости изолятов *Enterobacter cloacae*, изолированных из проб молока коров, содержащихся на сельскохозяйственных предприятиях Омской области, позволяет констатировать, что изоляты микроорганизмов имели максимальную (100%) резистентность к препаратам из группы пенициллинов и минимальную – к группе аминогликозидов (40,8%).

Результаты исследований культур бактерий *Staphylococcus aureus*, которые также входят в группу «патогены ESKAPE», показали, что 27,2% изолятов были резистентны к антимикробным препаратам, входящим в следующие группы: линкозамиды, аминогликозиды, цефалоспорины, пенициллины, карбапенемы, макролиды, фторхинолоны, тетрациклины. В то же время, некоторые изоляты (18,2%) были

чувствительны к ингибиторо-защищённым пенициллинам, цефалоспорином и карбапенемам. Кроме того, 9,0% выделенных микроорганизмов проявляли резистентность только к антимикробным препаратам из группы пенициллинов. При этом устойчивость изолятов *Staphylococcus aureus* к отдельным антибиотическим препаратам распределялась следующим образом: резистентность к клиндамицину проявили 27,7% культур, к линкомицину – 36,3%, гентамицину – 18,1%, цефалоспорино – 45,4%, пенициллину – 90,9%, эритромицину – 18,9%, кларитромицину, азитромицину и моксифлоксацину – 33,3%. В то же время, у трех выделенных из проб молока изолятов *Staphylococcus aureus* была выявлена условная чувствительность к доксициклину и тетрациклину.

При анализе результатов антибиотикорезистентности микроорганизмов рода *Proteus*, выделенных из помёта кур, содержащихся на промышленных птицефабриках региона, установлено, что изоляты вида *Proteus mirabilis* были резистентны к следующим группам антимикробных препаратов: пенициллинам – 100%, аминогликозидам – 16,6%, цефалоспорином – 33,3%, фторхинолонам – 41,6%. К отдельным противомикробным препаратам указанные изоляты проявляли следующую резистентность: к амоксиклаву – 100 % культур, амикацину – 75,0% культур, к ципрофлоксацину – 41,6%, к ломефлоксацину – 33,3%, цефотаксиму – 41,6%, моксифлоксацину – 50,0%, к ампициллину – 58,3%. Необходимо отметить, что 25,0% изолятов *Proteus mirabilis* проявляли условную чувствительность к цефтазидиму.

Скрининговые исследования показали, что бактерии вида *Escherichia coli* были выделены и идентифицированы из всех тестируемых биотопов сельскохозяйственных животных. Так, изоляты *Escherichia coli*, изолированные из проб молока коров были резистентны к следующим группам антимикробных препаратов: к пенициллинам – 100%, аминогликозидам – 27,7%, цефалоспорином – 22,1%, фторхинолонам – 16,6%. В то же время изоляты *Escherichia coli*, полученные из проб фекалий крупного рогатого скота, были резистентны только препаратам пенициллинового ряда, и в 5,5% случаев как к пенициллинам, так и к цефалоспорином. Схожий профиль резистентности наблюдали у *Escherichia coli*, выделенных из фекалий свиней, содержащихся в условиях промышленных свинокомплексов. Так, 100% резистентность изолятов *Escherichia coli* как у крупного рогатого скота, так и у свиней наблюдалась в отношении препаратов из группы пенициллинов. Кроме того, у 81,8% культур наблюдали устойчивость к антимикробным препаратам группы цефалоспоринов, у 72,7% – к группе фторхинолонов и у 68,1% – к аминогликозидам.

Изучение антибиотикорезистентности изолятов *Escherichia coli*, выделенных из фекалий цыплят-бройлеров, содержащихся в условиях промышленных птицефабрик, показало, что все тестируемые микроорганизмы имели высокую устойчивость к антимикробным препаратам, относящимся к группе пенициллинов. Также, 72,7% изолятов были резистентны к фторхинолонам и 43,4% – к цефалоспорином, 17,3% – к аминогликозидам.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования позволяют констатировать, что в профиле микробиоценоза биотопов (молоко, фекалии) сельскохозяйственных животных и птицы доминируют представители семейства *Enterobacteriaceae*, отдельные представители которого могут являться потенциально патогенными (*Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus mirabilis*) микроорганизмами и вызывать различные инфекционные патологии. В несколько меньшем количестве представлены микроорганизмы семейства *Staphylococcaceae* и, в частности, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus gallinarum*, *Staphylococcus saprofiticus*.

Проведённый анализ фенотипических особенностей 115 изолятов микроорганизмов, выделенных из различных биотопов сельскохозяйственных животных и птиц, показал, что большинство из них были резистентны к нескольким группам антимикробных препаратов и, в частности, к пенициллинам, фторхинолонам, цефалоспорином, аминогликозидам, тетрациклином, линкозамидам и макролидам. В проведённых нами исследованиях была подтверждена глобальная тенденция к формированию резистентности к цефалоспорином у бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, входящих в так называемую группу «ESKAPE», а также к увеличению полирезистентности у других видов потенциально-патогенных и патогенных микроорганизмов [17]. Указанный тренд является, по нашему мнению, неблагоприятным прогностическим признаком, подтверждающим общую эпизоотологическую тенденцию к распространению резистентных бактерий к наиболее часто применяемым в ветеринарной

практике антимикробным препаратам [16, 17]. Кроме того, данные, установленные при изучении антибиотикорезистентности основных сочленов микробиоценоза биотопов сельскохозяйственных животных и птицы в Омской области, могут иметь прикладное значение при разработке региональных программ диагностики, профилактики и терапии, направленных

на оптимизацию и сдерживание распространения резистентности к антимикробным препаратам.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (соглашение № 23-26-00118 от 13.01.2023)

Список источников

1. Бочарова Ю. А., Чеботарь И. В., Маянский Н.А. Возможности, проблемы и перспективы масс-спектрометрических технологий в медицинской микробиологии (обзор литературы) // Клиническая лабораторная диагностика. 2016. № 4. С. 249-256. DOI 10.18821/0869-2084-2016-61-4-249-256.
2. Зубцов В.С. Масс-спектрометрия как метод определения чувствительности потенциально патогенных бактерий к антибиотикам // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Юбилейный сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 02-04 марта 2022 года. С.81-83. DOI: 10.23947/interagro.2022.81-83
3. Методические указания МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам»: (утв. гл. гос. санитар. врачом РФ 04.03.2004: введ. 04.03.2004). М.: Минздрав России. 2005.С. 62.
4. Пошвина Д. В., Сычёва М. В. Антибиотикорезистентность клинических изолятов бактерий рода *Enterococcus*, выделенных от животных // БОНЦ УрО РАН. 2014. №3. С.27-32
5. Припутневич Т. В., Мелкумян А.Р. Масс-спектрометрия - новое слово в клинической микробиологии // Клиническая лабораторная диагностика. 2016. № 12. С. 842-848. DOI 10.18821/0869-2084-2016-61-12-842-848.
6. Ручко Е.Н., Лешева Н.А., Плешакова В.И. Антибиотикорезистентность микроорганизмов рода *Staphylococcus*, выделенных от животных Омской области // Вестник Крас-ГАУ. 2022. № 8. С. 116-121. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-116-121.
7. Рындина Е. С. Перспективы применения MALDI-TOF MS в медицине // Медицина: теория и практика. 2018. № 3. С. 66-71.
8. Определение чувствительности к антимикробным препаратам микроорганизмов рода *Klebsiella* методом MALDI-TOF MS /А.А. Самойлова, И.В. Лихачёв, Е.В. Зуева и др. // Бактериология. 2020. №3. С. 8–13. DOI: 10.20953/2500-1027-2020-3-8-13
9. Использование времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF MS) для идентификации бактериальных и грибковых возбудителей III-IV групп патогенности / И. В. Чеботарь, С. В. Поликарпова, Ю. А. Бочарова, Н. А. Маянский. Лабораторная служба. 2018. № 2. С. 78-86. DOI 10.17116/labs20187278-86.
10. Сычева М. В. Антибиотикорезистентность штаммов энтерококков, циркулирующих в Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1. С. 168-171.
11. Angeletti S. Matrix assisted laser desorption time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) in clinical microbiology // J Microbiol Methods. 2017. Vol.138. P.20–29. doi: 10.1016/j.mimet.2016.09.003
12. Biotyping of multidrug resistant *Klebsiella pneumoniae* clinical isolates from France and Algeria using MALDI-TOF MS // M. Berrazeg, S. M. Diene, M. Drissi et al. PloS One 2013; 8 (4).
13. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Breakpoint tables for interpretation of MIC and zone diameters (2020). URL: <http://www.eucast.org/clinical-breakpoints> (дата обращения: 02.05.2023).
14. Antimicrobial susceptibility testing of *Bacteroides fragilis* using the MALDI Biotyper antibiotic susceptibility test rapid assay (MBT-ASTRA)/ U. S. Justesen, Z. Acar, T. V. Sydenham, Å. Johansson, et al. Anaerobe. 2018. Vol. 54. P. 236–239. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2018.02.007>
15. Patel K. MALDI-TOF MS for the diagnosis of infectious diseases // Clinical chemistry. 2015. Vol. 61. P. 100-110.
16. Joon E. J., Leong S. H. MALDI-TOF Mass Spectrometry technology as a tool for the rapid diagnosis of antimicrobial resistance in bacteria // Antibiotics. 2021 Vol.10. P.982. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10080982>
17. Sauer S., Kliem M. Mass spectrometry tools for the classification and identification of bacteria // Nature reviews Microbiology. 2010. Vol. 8. P. 74–82. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2243>

**PHENOTYPIC ASSESSMENT OF RESISTANCE OF CULTURES
OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM FARM ANIMALS USING
THE MALDI-TOF MS METHOD**

©2023. Valentina I. Pleshakova^{1✉}, Nadezhda A. Lescheva², Ivan N. Koshkin³, Elena N. Ruchko⁴

^{1,2,3,4} Omsk State University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia,

¹vi.pleshakova@omgau.org

Abstract. The results of the research of the phenotypic assessment of the resistance of cultures of microorganisms isolated from different biotopes (milk, feces) from agricultural livestock and poultry in industrial livestock farms of the Omsk region are presented. Isolates were identified by the time-of-flight mass spectrometry method with matrix-associated laser desorption/ionization (MALDI-TOF MS) using the VITEK MS mass spectrometer and the Biotyper RTC software (Germany). The use of this method makes it possible to reduce the time of examination of samples and accurately identify clinically significant pathogens with minimal economic costs. The resistance of microorganisms to antibacterial drugs was investigated using the disco-diffusion method (DDM) in accordance with the MUC "Determination of the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs" and the recommendations of EUCAST. Using DDM, the sensitivity of isolated cultures of microorganisms to 17 antimicrobial drugs of different pharmacological groups was determined: penicillins, fluoroquinolones, cephalosporins, aminoglycosides, lincosamides, tetracyclines and macrolides. Using the MALDI-TOF MS method, it was revealed that *Escherichia coli* cultures prevailed in cow milk samples – 30.9%, and bacteria of the genus *Actinobacterjohnsonii* were isolated in the minimum number of samples (2.3%). Microorganisms of the *Escherichia coli* species also dominate in swine faecal samples - 51.1%, the lowest frequency of occurrence was characterized by bacteria of the *Staphylococcus cohnii* species – 5.7%. In the fecal samples of broiler chickens, *Escherichia coli* cultures were most often identified - 42.1%, *Staphylococcus succinus* cultures were most rarely encountered - 5.26%. The studies conducted to determine the profile of antimicrobial resistance showed that most isolated cultures were resistant to penicillins, fluoroquinolones, cephalosporins, aminoglycosides, tetracyclines, lincosamides and macrolides.

Key words: farm animals and poultry, microorganisms, antibacterial drugs, mass spectrometry method, antibiotic resistance

Financing: This work was carried out within the framework of a grant from the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-26-00118, dated January 13, 2023).

References

1. Bocharova Ju. A., Chebotar' I. V., Majanskij N.A. *Vozможности, problemy i perspektivy mass-spektrometričeskij tehnologii v medicinskoj mikrobiologii (obzor literatury)* (The possibilities, problems and perspectives of mass-spectrometry in medical microbiology: publications review), *Kliničeskaja laboratornaja diagnostika*, 2016, No. 4, pp. 249-256. DOI 10.18821/0869-2084-2016-61-4-249-256.
2. Zubcov V.S. *Mass-spektrometrija kak metod opredelenija čuvstvitel'nostj potencial'no patogennyh bakterij k antibiotikam* (Mass spectrometry as a method for determining the sensitivity of potentially pathogenic bacteria to antibiotics), *Sostojanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Jubilejnyj sbornik nauchnyh trudov XV Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Rostov-na-Donu, 02-04 marta 2022 goda*, pp. 81-83. DOI: 10.23947/interagro.2022.81-83
3. *Metodičeskije ukazanija MUK 4.2.1890-04, Opredelenie čuvstvitel'nostj mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam* (Guidelines for Susceptibility Testing of Microorganisms to Antibacterial Agents), (utv. gl. gos. sanitar. vrachom RF 04.03.2004: vved. 04.03.2004), *Minzdrav Rossii*, 2005, pp. 62.
4. Poshvina D. V., Sychjova M. V. *Antibiotikorezistentnost' kliničeskijh izoljatov bakterij roda Enterococcus, vydelennyh ot životnyh* (Antimicrobial resistance of clinical isolates of bacteria genus *Enterococcus*, isolated from animals), *BONC UrO RAN*, 2014, No.3, pp.27-32
5. Pripitnevich T. V., Melkumjan A.R. *Mass-spektrometrija - novo slovo v kliničeskoj mikrobiologii* (The mass-spectrometry as a new word in clinical microbiology), *Kliničeskaja laboratornaja diagnostika*, 2016, No. 12, pp. 842-848. DOI 10.18821/0869-2084-2016-61-12-842-848.

6. Ruchko E.N., Leshcheva N.A., Pleshakova V.I. Antibiotikorezistentnost' mikroorganizmovroda Staphylococcus, vydelennyhotzhivotnyhOmskojoblasti (Genus staphylococcus microorganisms antibiotic resistance isolated from the Omsk region animals), VestnikKras-GAU, 2022, No. 8, pp. 116-121. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-116-121.
7. Ryndina, E. S. Perspektivyprimeneniya MALDI-TOF MS v medicine (Prospects of using MALDI-TOF MS in medicine), Medicina, teoriyaiipraktika, 2018, No. 3, pp. 66-71.
8. Opredeleniechuvstvitelnosti k antimikrobnympreparatammikroorganizmovroda Klebsiella metodom MALDI-TOF MS (Determination of sensitivity of microorganisms of the Klebsiella genus to antimicrobial drugs by the MALDI-TOF MS method), A.A. Samojlova, I.V. Lihachjov, E.V. Zueva idr, Bakteriologija, 2020. No. 3, pp. 8–13. DOI: 10.20953/2500- 1027-2020-3-8-13
9. Ispol'zovanievremjaproletnoj mass-spektrometrii s matrichno-aktivirovannojlazernojdessorbciej/ionizaciej (MALDI-TOF MS) dljaidentifikacii bakterial'nyhigribkovyhvozbuditelej III-IV grupppatogenosti (Use of matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) for identification of bacteria and fungi of the pathogenicity group III and IV), I. V. Chebotar', S. V. Polikarpova, Ju. A. Bocharova, N. A. Majanskij, Laboratornajaslužhba, 2018, No. 2, pp. 78-86. DOI 10.17116/labs20187278-86.
10. Sycheva M. V. Antibiotikorezistentnost' shtammovjenterokokkov, cirkulirujushhih v Orenburgskojoblasti (Antibiotic-resistant Enterococci strains spread in Orenburg region), IzvestijaOrenburgskogogosudarstvennogoagrnogouniversiteta, 2016, No. 1, pp. 168-171.
11. Angeletti S. Matrix assisted laser desorption time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) in clinical microbiology // J Microbiol Methods. 2017. Vol.138. p.20–29. doi: 10.1016/j.mimet.2016.09.003
12. Biotyping of multidrugresistant Klebsiella pneumoniae clinical isolates from France and Algeria using MALDI-TOF MS // M. Berrazeg, S. M. Diene, M. Drissi et al. PloS One 2013: 8 (4).
13. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Breakpoint tables for interpretation of MIC S and zone diameters (2020). URL: [http:// www.eucast.org / clinical - breakpoints](http://www.eucast.org/clinical-breakpoints) (data obrashhenija: 02.05.2023).
14. Antimicrobial susceptibility testing of Bacteroides fragilis using the MALDI Biotyper antibiotic susceptibility test rapid assay (MBT-ASTRA)/ U. S. Justesen, Z. Acar, T. V. Sydenham, Å. Johansson, et al. Anaerobe. 2018. Vol. 54.p. 236–239. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2018.02.007>
15. Patel K. MALDI-TOF MS for the diagnosis of infectious diseases // Clinical chemistry. 2015. Vol. 61. P. 100-110.
16. Joon E. J., Leong S. H. MALDI-TOF Mass Spectrometry technology as a tool for the rapid diagnosis of antimicrobial resistance in bacteria // Antibiotics. 2021 Vol.10. P.982. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10080982>
17. Sauer S., Kliem M. Mass spectrometry tools for the classification and identification of bacteria // Nature reviews Microbiology. 2010. Vol. 8. p. 74–82. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2243>

Сведения об авторах

В.И.Плешакова^{1✉} – д-р вет. наук, профессор;

Н.А.Лещёва – канд. вет. наук, доцент;

И.Н.Кошкин – канд. вет. наук, ассистент;

Е.Н.Ручко – аспирант.

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, Россия, г. Омск, ул. Октябрьская 92.

¹vi.pleshakova@omgau.org

²na.lescheva@omgau.org

³in.koshkin@omgau.org

⁴en.ruchko36.06.01@omgau.org

Information about the authors

V.I. Pleshakova^{1✉} – Dr. Vet. Sci., Professor;

N.A. Lescheva– Cand. Vet. Sci., Associate Professor;

I.N. Koshkin – Cand. Vet. Sci., Assistant;

E.N. Ruchko– Postgraduate Student.

^{1,2,3,4}Omsk State University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

¹vi.pleshakova@omgau.org

²na.lescheva@omgau.org

³in.koshkin@omgau.org

⁴en.ruchko36.06.01@omgau.org

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 24.03.2023; одобрена после рецензирования 19.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 24.03.2023; approved after reviewing 19.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К СУБКЛИНИЧЕСКОМУ МАСТИТУ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В СВЯЗИ С АЛЛЕЛЬНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНОВ *CD62L* И *ACSL1*

©2023. Марина Владимировна Позовникова^{1✉}, Ольга Константиновна Васильева², Елена Анатольевна Романова³, Ольга Васильевна Тулинова⁴

^{1,2,3,4} Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, Пушкин, Россия

¹pozovnikova@gmail.com

Аннотация. Субклинический мастит – одно из распространённых заболеваний коров, приводящее к нарушению секреторной функции молочной железы и снижению качества молока-сырья в связи с увеличением в нем количества соматических клеток. Резистентность к маститу имеет сложную природу и зависит напрямую от генотипа животного. Целью нашей работы было установить связь молочной продуктивности и количества соматических клеток в молоке коров голштинской породы с различными генотипами гена *CD62L* (rs41803917 и rs109966956) и *ACSL1* (rs208522533). Для анализа были отобраны коровы голштинской породы (n=222) одного из хозяйств Ленинградской области. Для каждого животного учитывали следующие показатели за 305 дней первой законченной лактации: удой (кг), МДЖ (%), МДБ (%), абсолютное количество соматических клеток (КСК) (10^3 ед/мл) и балльную оценку соматических клеток (БОКСК, балл). Генотипы коров определили методом ПЦР-ПДРФ. Для всех анализируемых SNP было определено три варианта генотипов. Установлена высокая встречаемость аллеля G (0,763) по rs41803917 гена *CD62L* и аллеля G (0,905) по rs208522533 гена *ACSL1*. Для rs109966956 гена *CD62L* частота аллелей С и Т была практически равнозначна и составила 0,509 и 0,491 соответственно. По результатам наших исследований выявлена связь генотипа АА по rs41803917 гена *CD62L* с высокими значениями КСК ($p \leq 0,05$), БОКСК ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,001$), ПЦ по КСК ($p \leq 0,001$) и ПЦ по БОКСК ($p \leq 0,001$) и низкими показателями по удою ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,001$) и ПЦ по удою ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,001$). Генотип СС по rs109966956 гена *CD62L* был ассоциирован с повышением значений ПЦ по БОКСК ($p \leq 0,05$). Возможность практического применения полученных в нашей работе данных нуждается в подтверждении в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: соматические клетки молока, удой, полиморфизм, генотип

Введение. В современных условиях ведения молочного скотоводства заболеваемость коров субклиническим маститом не перестает быть серьезной экономической проблемой. Комплекс различных зоотехнических и ветеринарных мероприятий, несомненно, является эффективным способом по профилактике заболевания в стадах. Однако, сегодня все больше обращают на себя внимание исследования, посвященные изучению естественной

резистентности коров к маститу. Устойчивость к маститу имеет сложную природу, включающую различные биологические пути, которые регулируются многочисленными генами-кандидатами [1]. Индивидуальная устойчивость или восприимчивость организма к патогенам имеет множество вариантов и напрямую зависит от генотипа хозяина. Генетическая изменчивость ряда факторов врожденного иммуни-

тета играет значимую роль в патогенезе инфекционного заболевания, определяя его течение и исход [2]. Активное изучение генома крупного рогатого скота способствовало пониманию генетических механизмов, лежащих в основе мастита, идентификации значимых QTL и генов-кандидатов [3]. Иммунная система организма представлена различными субпопуляциями клеток, каждая из которых отвечает за отдельный этап иммунного ответа. Среди клеток врожденного иммунитета, обеспечивающих фагоцитарный барьер, можно выделить нейтрофилы, которые участвуют в первичном иммунном ответе, и моноциты и макрофаги, которые играют одну из ключевых ролей на всех этапах воспалительного процесса [4]

Ген *CD62L* кодирует трансмембранный гликопротеин I типа - L-селектин, который относится к семейству молекул клеточной адгезии. Одна из функций L-селектина заключается в регуляции каскада адгезии лейкоцитов, включая нейтрофилы, к очагу инфекции [5]. Высокий уровень экспрессии гена *CD62L* на ранних стадиях воспаления определяет силу иммунного ответа, что, в свою очередь, определяет течение и исход болезни [6]. По данным Dusza и др. (2018), ген *CD62L* является перспективным маркером маститоустойчивости коров.

Среди биологических путей, регулирующих функции моноцитов/макрофагов, центральное место занимает метаболизм жирных кислот. Длинноцепочечная ацил-КоА-синтетаза 1, кодируемая геном *ACSL1*, играет значительную роль в метаболизме липидов [8]. В комплексе с генами *FABP3*, *AGPAT6* и *LPINI* участвует в регуляции жирных кислот в тканях молочных желез коров [9]. По данным [10] *ACSL1* связана с изменением числа моноцитов/макрофагов при воспалении. Ингибирование активности *ACSL1* в клетках триаксином С значительно подавляло экспрессию воспалительных маркеров CD16, CD11b, CD11c и HLA-DR. По данным Liang, и др. (2020), шесть SNP гена *ACSL1* были ассоциированы с уровнем молочного жира, белка и КСК в молоке голштинских коров [11]. Выявление ДНК-

маркеров генов, определяющих устойчивость коров к маститу, является актуальной задачей, так как позволит повысить эффективность селекции в плане получения высокорезистентных животных [12].

Целью нашей работы было установить связь молочной продуктивности и количества соматических клеток в молоке коров голштинской породы с различными генотипами гена *CD62L* (rs41803917 и rs109966956) и *ACSL1* (rs208522533).

Методика. Для исследования были выбраны коровы голштинской породы (n=222) одного из хозяйств Ленинградской области. Образцы ДНК получали из проб венозной крови животных фенольным методом. ПЦР осуществляли в термоциклере С1000 (Bio-Rad Laboratories, Inc., США) по следующему протоколу: начальная денатурация при 95 °С в течение 5 мин, 35 циклов амплификацией (денатурация при 95 °С 45 с, отжиг праймеров при 60°С 40 с, элонгация при 72 °С 40 с) и финальная элонгация при 72 °С 5 мин. Для rs41803917 гена *CD62L* использовали праймеры F:TATCCATTCCTTAACAGCCGGA и R:TTCTTGTAACCCTGGTCATGC [7] (размер амплификата составил 400 п.н). Для анализа ПДРФ применяли рестриктазу *Apa I*. Для аллеля С определялись фрагменты рестрикции длиной 307 п.н. и 93 п.н., аллелю Т соответствовал фрагмент размером 400 п.н. (отсутствие сайта рестрикции для *Apa I*).

Генотипы по rs109966956 гена *CD62L* определяли с использованием праймеров F:TGCAGCTACACAATTCACACTG и R:CAGGTTCCCATGGGGTTAG [7]. Размер амплификата составил 499 п.н. С помощью рестриктазы *Pct I* проводили анализ генотипов. Наличие фрагментов длиной 400 п.н. и 99 п.н. соответствовало аллелю А, при отсутствии сайта рестрикции определялся фрагмент длиной 499 п.н., который соответствовал аллелю G. Для rs208522533 гена *ACSL1* использовали праймеры F:ACCTGATGGGACCTGTGTG и R:TTCCCAGGGCAGTGATGG, что позволяло синтезировать амплификат размером 302 п.н. Генотипы животных определяли с использованием

эндонуклеазы рестрикции *Hae* III. Аллель А характеризовался отсутствием сайта рестрикции для *Hae* III, аллель G идентифицировали по наличию фрагментов размером 169 п.н. и 133 п.н.

Данные по молочной продуктивности и количеству соматических клеток (КСК) в молоке коров были получены из электронной базы данных «Селэкс» хозяйства. Для расчетов учитывали следующие показатели за 305 дней первой законченной лактации: удой (кг), МДЖ (%), МДБ (%), количество соматических клеток (10^3 ед/мл). Расчет индивидуальных значений племенной ценности (ПЦ) по анализируемым показателям выполнен в компьютерной программе «СГС-ВНИИГРЖ» [13]. Дополнительно был проведен перевод абсолютных значений КСК в балльную оценку (БОКСК) [14, 15].

Математические расчеты проводили в программе Statistica 10 (data analysis software

system) version 13 Dell Inc (2016, software.dell.com). Различия величин оценивались как значимые при $p < 0,05$. Для определения достоверности между анализируемыми группами использовали критерий Фишера.

Результаты. Данные по частотам генотипов и аллелей изучаемых генов приведены в таблице 1. Анализ частоты генотипов по rs41803917 гена *CD62L* выявил высокую частоту аллеля G (76,3%), и 60,0 % животных имели генотип GG. По rs109966956 гена *CD62L* 54,0 % коров являлись носителями гетерозиготного генотипа TC, а частота аллелей C и T была практически равнозначна. По rs208522533 гена *ACSL1* установлена высокая встречаемость генотипа GG (81,9%), доля гетерозиготных носителей составила 17,1 % и 2 коровы обладали редким генотипом AA (1,0%).

Таблица 1

Частота аллелей и генотипов гена *ACSL1* и *CD62L* у коров голштинской породы

Ген	SNP	Генотип	n	Частота генотипа	Аллель	Частота аллеля
<i>CD62L</i>	rs41803917	GG	133	0,600	G	0,763
		AG	73	0,328	A	0,237
		AA	16	0,072		
	rs109966956	CC	53	0,239	C	0,509
		TC	120	0,540	T	0,491
<i>ACSL1</i>	rs208522533	GG	182	0,819	G	0,905
		AG	38	0,171	A	0,095
		AA	2	0,01		

Контроль состояния здоровья вымени и оценка предрасположенности коров к субклиническому маститу осуществлялся на основании данных лабораторных исследований молока на содержание КСК. Повышение средних значений КСК в молоке за лактацию может свидетельствовать о некоторой восприимчивости коров к интермаммарной инфекции. Воспалительные процессы в вымени могут сопровождаться нарушением секреции молока и изменением его состава, поэтому необходимо учитывать комплексное влияние гена на признаки молочной продуктивности с учетом КСК.

Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что коровы с генотипом AA по

rs41803917 гена *CD62L* в сравнении со животными других генотипов показали повышение значений КСК (AA к GG +151,26 10^3 ед/мл и AA к AG +141,81 10^3 ед/мл, при $p \leq 0,05$), БОКСК (AA к GG +0,94 балл, при $p \leq 0,05$; AA к AG +0,83 балл при $p \leq 0,001$), ПЦ по КСК (AA к GG +175,57 10^3 ед/мл и AA к AG +168,39 10^3 ед/мл при $p \leq 0,001$) и ПЦ по БОКСК (AA к GG +1,05 балл и AA к AG +0,95 балл при $p \leq 0,001$) и снижение по абсолютным значениям по удою (AA к GG -1039 кг при $p \leq 0,05$; AA к AG -1388 кг при $p \leq 0,001$) и ПЦ по удою (AA к GG -1021 кг при $p \leq 0,05$; AA к AG -1243 кг при $p \leq 0,001$). Высокие значения КСК на фоне снижения показателей по удою подтверждаются отрицательной

корреляцией между данными признаками ($r = -0,231$ при $p \leq 0,05$).

Анализ связи полиморфных вариантов SNP rs109966956 гена *CD62L* показал, что коровы с генотипом *CC* имели высокие значения ПЦ по БОКСК в сравнении с особями с генотипом *TC* ($p \leq 0,05$), однако, по остальным по-

казателям не было выявлено достоверных различий между анализируемыми группами животных (таблица 3).

В нашем исследовании не было установлено ассоциации различных генотипов rs208522533 гена *ACSL1* со средними значениями за 305 дней первой лактации по признакам молочной продуктивности и уровнем КСК и БОКСК (таблица 4).

Таблица 2

Хозяйственнополезные признаки по первой законченной лактации коров голштинской породы с различными генотипами по rs41803917 гена *CD62L*

Показатель	Генотип		
	GG (n=133)	AG (n=73)	AA (n=16)
Удой, кг	10041±145 ^b	10390±195 ^d	9002±418 ^{a,c}
МДЖ, %	3,60±0,02	3,60±0,03	3,65±0,07
МДБ, %	3,15±0,01	3,15±0,01	3,19±0,03
КСК, 10 ³ ед/мл	220,26±22,95 ^b	230,71±30,98 ^b	371,52±66,17 ^a
БОКСК, балл	2,39±0,10 ^d	2,50±0,13 ^b	3,33±0,29 ^{a,c}
ПЦ по удою, кг	263±133 ^b	485±179 ^d	-758±384 ^{a,c}
ПЦ по МДЖ, %	-0,03±0,02	-0,06±0,03	0,03±0,07
ПЦ по МДБ, %	-0,007±0,01	-0,001±0,01	0,03±0,03
ПЦ по КСК, 10 ³ ед/мл	-52,77±23,18 ^d	-45,59±31,30 ^d	122,80±66,85 ^c
ПЦ по БОКСК, балл	-0,22±0,10 ^d	-0,12±0,13 ^d	0,83±0,29 ^c

a-b $p \leq 0,05$; c-d $p \leq 0,001$

Таблица 3

Хозяйственнополезные признаки по первой законченной лактации коров голштинской породы с различными генотипами по rs109966956 гена *CD62L*

Показатель	Генотип		
	CC (n=53)	TC (n=120)	TT (n=49)
Удой, кг	9904±234	10181±155	10025±243
МДЖ, %	3,65±0,04	3,59±0,02	3,58±0,04
МДБ, %	3,16±0,01	3,15±0,01	3,16±0,01
КСК, 10 ³ ед/мл	263,18±36,65	232,45±24,36	208,95±38,12
БОКСК, балл	2,76±0,16	2,41±0,10	2,42±0,17
ПЦ по удою, кг	81±214	350±142	244±223
ПЦ по МДЖ, %	0,002±0,04	-0,05±0,02	-0,04±0,04
ПЦ по МДБ, %	0,008±0,01	-0,008±0,01	0,001±0,017
ПЦ по КСК, 10 ³ ед/мл	-2,62±37,14	-43,22±24,68	-62,38±38,62
ПЦ по БОКСК, балл	0,17±0,18 ^a	-0,22±0,10 ^b	-0,17±0,17

a-b $p \leq 0,05$

Таблица 4

Хозяйственнополезные признаки по первой законченной лактации коров голштинской породы с различными генотипами по rs208522533 гена *ACSL1*

Показатель	Генотип		
	GG (n=182)	GA (n=38)	AA (n=2)
Удой, кг	10186±125	9625±274	9104±1196
МДЖ, %	3,58±0,02	3,67±0,05	3,98±0,22
МДБ, %	3,15±0,008	3,15±0,01	3,28±0,08
КСК, 10 ³ ед/мл	239,27±19,8	208,96±43,3	297,04±188,9
БОКСК, балл	2,53±0,08	2,33±0,19	2,42±0,84
ПЦ по удою, кг	352±115	-106±252	-852±1098
ПЦ по МДЖ, %	-0,06±0,02	0,04±0,04	0,34±0,21
ПЦ по МДБ, %	-0,003±0,008	-0,002±0,019	0,13±0,08
ПЦ по КСК, 10 ³ ед/мл	-36,46±20,09	-47,98±43,97	38,55±191,68
ПЦ по БОКСК, балл	-0,09±0,08	-0,21±0,19	-0,02±0,85

Выводы. В настоящем исследовании был проанализирован генетический полиморфизм генов *CD62L* и *ACSL1*, изучено их влияние на количество соматических клеток и показатели молочной продуктивности у голштинских коров. Установлены значимые ассоциации rs41803917 гена *CD62L* для признаков удоя и КСК и rs109966956 гена *CD62L* для уровня БОКСК за 305 дней первой законченной лактации, что позволяет рассматривать

данные SNP в качестве ДНК-маркеров резистентности голштинских коров к субклиническому маститу.

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 121052600344-8.

Список источников

1. Martin P., Barkema H. W., Brito L.F., Narayana S.G., Miglior F. Symposium review: novel strategies to genetically improve mastitis resistance in dairy cattle // *Journal of dairy science*. 2018. No 101(3). P. 2724-2736. DOI: 10.3168/jds.2017-13554.
2. Железникова Г.Ф. Инфекция и иммунитет: стратегии обеих сторон // *Медицинская иммунология*. 2006. № 5-6. С. 597-614. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infektsiya-i-immunitet-strategii-obeih-storon> (дата обращения: 23.01.2023).
3. Miles A.M., Huson H.J. Graduate student literature review: understanding the genetic mechanisms underlying mastitis // *Journal of dairy science*. 2021. No 104(1). P. 1183-1191. DOI: 10.3168/jds.2020-18297.
4. Сизов Д.А. современные данные о видах иммунного ответа // *Лечащий врач*. 2020. №11. С. 35-39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-dannye-o-vidah-immunnogo-otveta> (дата обращения: 24.01.2023).
5. Ivetic A. A head-to-tail view of L-selectin and its impact on neutrophil behaviour // *Cell and tissue research*. 2018. No 371(3). P. 437-453. DOI: 10.1007/s00441-017-2774-x.
6. Swain D.K., Kushwah M.S., Kaur M., Mohanty A. K., Dang A.K. Surface expression of CD11b, CD62L, CD44 receptors on blood and milk neutrophils during subclinical and clinical mastitis in Sahiwal cows // *Indian Journal of Animal Sciences*. 2016. No 86. P. 250-255.
7. Dusza M., Pokorska J., Makulska J., Kulaj D., Cupial M. L-selectin gene polymorphism and its association with clinical mastitis, somatic cell score, and milk production in Polish Holstein-Friesian cattle // *Czech Journal of Animal Science*. 2018. No 63(7). P. 256-262. DOI: 10.17221/96/2017-CJAS.
8. Suzuki H., Watanabe M., Fujino T., Yamamoto T. Multiple Promoters in Rat Acyl-CoA Synthetase Gene Mediate Differential Expression of Multiple Transcripts with 5'-End Heterogeneity // *Journal of Biological Chemistry*. 1995. No. 270(16). P. 9676-9682.
9. Bionaz M., Looor J.J. ACSL1, AGPAT6, FABP3, LPIN1, and SLC27A6 are the most abundant isoforms in bovine mammary tissue and their expression is affected by stage of lactation // *The Journal of nutrition*. 2008. No 138(6). P. 1019-1024. DOI: 10.1093/jn/138.6.1019.
10. Al-Rashed F., Ahmad Z., Iskandar M. A., Tuomilehto J., Al-Mulla F., Ahmad R. TNF- α induces a pro-inflammatory phenotypic shift in monocytes through ACSL1: Relevance to metabolic inflammation // *Cellular Physiology and Biochemistry*. 2019. No 52(3). P. 397-407. DOI: 10.33594/000000028.
11. Liang Y., Gao Q., Zhang Q., Arbab A. A. I., Li M., Yang Z., Mao Y. Polymorphisms of the ACSL1 Gene Influence Milk Production Traits and Somatic Cell Score in Chinese Holstein Cows // *Animals*. 2020. No 10(12). P. 2282. DOI: 10.3390/ani10122282.
12. Сыромятников М.Ю., Михайлов Е.В. Пасько Н.В., Шабунин Б.В., Ермакова Т.И., Стребкова В.В., Саврасова Н.П. Гены, повышающие устойчивость к маститу // *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2020. № 4. С. 177-191. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.4.177.
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663613 Российская Федерация. Селекционно-генетическая статистика – ВНИИГРЖ : № 2015617820 : заявл. 26.08.2015 : опубл. 25.12.2015 / С. М. Сергеев, О. В. Тулинова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных". – EDN IRJRBR.
14. Shook G.E., Schutz M.M. Selection on somatic cell score to improve resistance to mastitis in the United States // *Journal of Dairy Science*. 1994. No 77(2). P. 648-658.
15. Болгов А.Е., Комлык И.П., Гришина Н.В. Определение и использование индексов племенной ценности быков по соматическим клеткам молока у дочерей при отборе на резистентность к маститу // *Генетика и разведение животных*. 2020. № 1. С. 3-8.

**RESISTANCE TO SUBCLINICAL MASTITIS OF HOLSTEIN COWS
ASSOCIATED WITH ALLELIC VARIANTS OF THE *ACSL1* AND *CD62L* GENES**

©2023. Marina V. Pozovnikova^{1✉}, Olga K. Vasilyeva², Elena A. Romanova³, Olga V. Tulinova⁴

^{1,2,3,4}Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding, Pushkin, Russia,

¹pozovnikova@gmail.com

Abstract. Subclinical mastitis is one of the common diseases of cows, leading to a violation of the secretory function of the mammary gland and a decrease in the quality of raw milk due to an increase in the number of somatic cells in it. Resistance to mastitis has a complex nature and depends directly on the genotype of the animal. The purpose of our work was to analyze the relationship of milk productivity and the number of somatic cells in the milk of Holstein cows with different genotypes of the *CD62L* (rs41803917 and rs109966956) and *ACSL1* (rs208522533) genes. Holstein cows (n=222) from one of the farms in the Leningrad region were selected for analysis. For each animal, the following indicators were taken into account for 305 days of the first completed lactation: milk yield (kg), MJ (%), MDB (%), absolute somatic cell count (SCC) (10³ units/ml) and score of somatic cells (SCS, score). Cow genotypes were determined by PCR-RFLP. Three variants of genotypes were identified for all analyzed SNPs. A high occurrence of the G allele (0.763) at rs41803917 of the *CD62L* gene and the G allele (0.905) at rs208522533 of the *ACSL1* gene was established. For rs109966956 of the *CD62L* gene, the frequencies of C and T alleles were almost equal and were estimated at 0.509 and 0.491, respectively. According to the results of our studies, an association of the AA genotype for rs41803917 of the *CD62L* gene with high values of SCC ($p \leq 0.05$), SCS ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.001$), PV by SCC ($p \leq 0.001$) and PV by SCS ($p \leq 0.001$) and low rates for milk yield ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.001$) and PV for milk yield ($p \leq 0.05$; $p \leq 0.001$). The CC genotype for rs109966956 of the *CD62L* gene was associated with an increase in CC values for SCC ($p \leq 0.05$). The possibility of practical application of the data obtained in our work requires confirmation in further studies.

Key words: milk somatic cells, milk yield, polymorphism, genotype

References

1. Martin P., Barkema H. W., Brito L.F., Narayana S.G., Miglior F. Symposium review: novel strategies to genetically improve mastitis resistance in dairy cattle, *Journal of dairy science*, 2018, No 101(3), pp. 2724-2736. DOI: 10.3168/jds.2017-13554.
2. Zhelezchnikova G.F. Infekcijaiimmunitet: strategiiobeihstoron (Infection and immunity: strategies from both sides), *Medicinskajaimmunologija*. 2006, No 5-6, pp. 597-614. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infektsiya-i-immunitet-strategii-obeih-storon> (data obrashhenija: 23.01.2023).
3. Miles A.M., Huson H.J. Graduate student literature review: understanding the genetic mechanisms underlying mastitis, *Journal of dairy science*, 2021, No 104(1), pp. 1183-1191. DOI: 10.3168/jds.2020-18297.
4. Sizov D.A. Sovremennyyedannyye o vidahimmunnogootveta (Real time database of immune response types), *Lechashijvrach*, 2020, No 11, pp. 35-39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-dannyye-o-vidah-immunnogo-otveta> (data obrashhenija: 24.01.2023).
5. Ivetic A. A head-to-tail view of L-selectin and its impact on neutrophil behaviour, *Cell and tissue research*, 2018, No 371(3), pp. 437-453. DOI: 10.1007/s00441-017-2774-x.
6. Swain D.K., Kushwah M.S., Kaur M., Mohanty A. K., Dang A.K. Surface expression of CD11b, CD62L, CD44 receptors on blood and milk neutrophils during subclinical and clinical mastitis in Sahiwal cows, *Indian Journal of Animal Sciences*, 2016, No 86, pp. 250-255.
7. Dusza M., Pokorska J., Makulska J., Kulaj D., Cupial M. L-selectin gene polymorphism and its association with clinical mastitis, somatic cell score, and milk production in Polish Holstein-Friesian cattle, *Czech Journal of Animal Science*, 2018, No 63(7), pp. 256-262. DOI: 10.17221/96/2017-CJAS.
8. Suzuki H., Watanabe M., Fujino T., Yamamoto T. Multiple Promoters in Rat Acyl-CoA Synthetase Gene Mediate Differential Expression of Multiple Transcripts with 5'-End Heterogeneity, *Journal of Biological Chemistry*, 1995, No. 270(16), pp. 9676-9682.
9. Bionaz M., Looor J.J. ACSL1, AGPAT6, FABP3, LPIN1, and SLC27A6 are the most abundant isoforms in bovine mammary tissue and their expression is affected by stage of lactation, *The Journal of nutrition*, 2008, No 138(6), pp. 1019-1024. DOI: 10.1093/jn/138.6.1019.

10. Al-Rashed F., Ahmad Z., Iskandar M. A., Tuomilehto J., Al-Mulla F., Ahmad R. TNF- α induces a pro-inflammatory phenotypic shift in monocytes through ACSL1: Relevance to metabolic inflammation, Cellular Physiology and Biochemistry, 2019, No 52(3), pp. 397-407. DOI: 10.33594/000000028.

11. Liang Y., Gao Q., Zhang Q., Arbab A. A. I., Li M., Yang Z., Mao Y. Polymorphisms of the ACSL1 Gene Influence Milk Production Traits and Somatic Cell Score in Chinese Holstein Cows, Animals, 2020, No 10(12), pp. 2282. DOI: 10.3390/ani10122282.

12. Syromjatnikov M.Ju., Mihajlov E.V. Pas'ko N.V., Shabunin B.V., Ermakova T.I., Strebkova V.V., Savrasova N.P. Geny, povyshajushhieustojchivost' k mastitu (Genes increasing resistance to mastitis), Veterinarnyjfarmakologicheskijvestnik, 2020, No 4, pp. 177-191. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.4.177.

13. Certificate of state registration of the computer program No. 2015663613 Russian Federation. Breeding and genetic statistics – RRIFAGB : No. 2015617820 : application 26.08.2015 : publ. 25.12.2015 / S. M. Sergeev, O. V. Tulinova ; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals". – EDN IRJRBR.

14. Shook G.E., Schutz M.M. Selection on somatic cell score to improve resistance to mastitis in the United States, Journal of Dairy Science, 1994, No 77(2), pp. 648-658.

15. Bolgov A.E., Komlyk I.P., Grishina N.V. Opredelenieispol'zovanieindeksovplemnojicennostibykov po somaticheskimkletkamoloka u docherejpriotborenarezistentnost' k mastitu (Determination and use of bulls breeding value indices for somatic milk cells in daughters during selection for mastitis resistance), Genetikairazvedeniezhivotnyh, 2020, No 1. pp. 3-8.

Сведения об авторах

М.В.Позовникова¹✉ – канд. биол. наук, старший научный сотрудник;

О.К. Васильева² – канд. с.-х. наук, научный сотрудник;

Е.А.Романова³ – младший научный сотрудник;

О.В.Тулинова⁴ –канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.

^{1,2,3,4} Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а.

¹ pozovnikova@gmail.com

² vaciola@mail.ru

³ splicing86@gmail.com

⁴ tulinova_59@mail.ru

Information about the authors

M.V. Pozovnikova¹✉ – Cand. Biol. Sci., Senior Rresearcher;

O.K. Vasilyeva² – Cand. Agr. Sci., Researcher;

E.A. Romanova³ – Junior Researcher;

O.V. Tulinova⁴ –Cand. Agr. Sci., Leading Researcher.

^{1,2,3,4} Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55a, Moskovskoe shosse, Pushkin, St. Petersburg, 196601

¹ pozovnikova@gmail.com

² vaciola@mail.ru

³ splicing86@gmail.com

⁴ tulinova_59@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 01.02.2023; одобрена после рецензирования 10.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 10.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Научная статья

УДК 582.998.2+577.17:591.11:636.22/28.082.13

doi: 10.47737/2307-2873_2023_42_143

ВЛИЯНИЕ ПОЛЫНИ ГОРЬКОЙ И СОЛЕЙ КОБАЛЬТА *ARTEMISIAE ABSINTHIL HERBA* и CoCl_2 НА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ БЫЧКОВ КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ

©2023. Виталий Александрович Рязанов^{1✉}, Иван Сергеевич Мирошников²

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

²vita7456@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время для улучшения кормовой ценности рационов и более полного использования питательных веществ, поступающих в организм животных с кормом, необходимо разрабатывать новые эффективные кормовые добавки, которые способствовали бы увеличению продуктивности крупного рогатого скота без снижения качества готовой продукции. Вследствие этого были проведены исследования влияния *Artemisiae absinthil herba* «полыни горькой травы» (1 опытная), *Artemisiae absinthil herba* «полыни горькой травы» и CoCl_2 (2 опытная), CoCl_2 (3 опытная) и (группа контроля) получавшая общий рацион, на организм бычков казахской белоголовой породы, изучая при этом морфологические и биохимические показатели крови и её сыворотки. В ходе исследования было выявлено достоверное повышение концентрации глюкозы в крови во всех опытных группах относительно контрольной группы на 4,2 %, 4,9 %, 23,6 % ($P \leq 0,05$) для 1-й, 2-й и 3-й опытных групп соответственно. Суммарный показатель белковых фракций, содержащихся в крови, также повышался при использовании фитобиотика относительно контрольной группы: в 1-й опытной группе на 64,5 % ($P \leq 0,05$), на 69,9 % ($P \leq 0,05$) во 2-ой опытной группе и на 42,0 % в 3-ой опытной группе ($P \leq 0,05$). Характер течения метаболизма в организме отображает концентрацию белка альбумина, которая была достоверно выше в 1-й и 2-й опытных группах, в сравнении с контрольной группой на 2,8 % ($P \leq 0,01$) и 5,7 % ($P \leq 0,01$). В 1-й и 2-й опытных группах было снижение плотности лейкоцитов на 79 % ($P \leq 0,01$) и 83,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно, в морфологических показателях крови, в сравнении с контролем, использование только хлорида кобальта в 3-й опытной группе повысило концентрацию лейкоцитов на 19,1 % ($P \leq 0,05$) относительно контрольной группы.

Ключевые слова: морфология крови, биохимия крови, крупный рогатый скот, хлорид кобальта, бычки казахской белоголовой породы, полынь

Введение. Развитие животноводства сегодня тесно связано с использованием высокопродуктивных пород скота [4], требующих улучшенных технологических методов производства и, в частности, кормления. Корма представляют самую большую часть затрат при выращивании крупного рогатого скота, при этом применяются все новые кормовые до-

бавки, повышающие продуктивность животных, улучшая физиологическое состояние, насыщая организм энергией. Между тем применение кормовых добавок должно сопровождаться стимулированием улучшения процессов пищеварения. В основном при интенсификации животноводства для профилактики и стимулирования роста используются антибиотики [15]. Однако применение антибиотиков

сопряжено с развитием резистентных бактерий, приводящим к передачи патогенной микрофлоры от животного к человеку при контакте, а также к снижению качества животноводческой продукции. Альтернативой антибиотикам могут послужить лекарственные растения [5], содержащие в себе большое разнообразие химических веществ, способные регулировать ферментативные процессы в рубце [13], снижая эмиссию метана и как следствие, уменьшая потери энергии животными. Также лекарственные растения способны к стимулированию микроорганизмов рубца, улучшая переваривание и использование сложных природных полимеров в рубце. На пищеварительную систему животных оказывает положительное влияние сочетание фитобиотиков с пробиотиками. Имеются ограниченные сведения об применении фитобиотиков в сочетании с микроэлементами металлов [6]. Микроэлементы влияют на концентрацию летучих жирных кислот, рН рубца, метанообразования и ферментацию в рубце жвачных. Так, добавление кобальта в рационы животных улучшает переваримость волокна корма в рубце, повышает иммунитет животных; увеличение кобальта в рубцовом содержимом приводит к нарастанию концентрации витамина В₁₂ [7]. Критерием оценки применения новых кормовых добавок может послужить анализ показателей крови животных. Как известно, существуют биомаркеры, характеризующие продуктивное действие корма, такие как энергетический баланс, минеральный статус, белковый статус питания, иммунный статус [11]. Таким образом, вопрос изучения влияния фитобиотиков и микроэлементов металлов представляет научный интерес и требует дальнейших исследований.

Цель исследования - изучить влияние *Artemisiae absinthil herba* и CoCl_2 (хлорид кобальта) на гематологические показатели крови бычков казахской белоголовой породы.

Методика. 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)”

Исследования проводились в условиях вивария (Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН). Объекты исследования: бычки мясного направления (казахская белоголовая порода), n=4, возраст 13-14 месяцев, средней живой массой 335-338 кг.

Artemisiae absinthil herba (*A. absinthil*) – вегетативные части растений, измельченные до размера 2-4 мм. Растения собирали в период цветения (Оренбургская область) и сушили в темном сухом помещении.

Трава полыни полыннолистной содержит широкий спектр химических и органических веществ. *Artemisiae absinthii herba* также содержит каротин, гликозид абсинтин, флавоноиды и аскорбиновую кислоту.

CoCl_2 – наиболее близко к природной форме, которая связана с аминокислотами и пептидами, является кофактором в ферментах, играет важную роль в защитной функции организма животного, росте и размножении.

Опыт проводили в четырехкратной повторности с использованием латинского квадрата 4×4, рацион всех животных состоял из сена бобовых культур 32,6 %, сена разнотравного 47,4 %, зерносмеси 19,0 %, минеральной добавки 1,0 %, животные имели свободный доступ к воде.

Отличие заключалось в том, что животным 1-й опытной группы дополнительно вводили *A.absinthil* в дозе 2,0 г/кг сухого вещества (СВ), 2-й опытной группе – *A.absinthil* в дозе 2,0 г/кг СВ с дополнительным CoCl_2 (1,5 мг/кг), 3-я опытная группа получала только CoCl_2 (1,5 мг/кг/СВ). Подготовительный период составил 20 дней, учетный период – 20 дней.

Кровь у животных забирала в конце каждого учетного периода из яремной вены в вакуумные пробирки с коагулянтом-активатором свертывания и разделительным гелем объ-

емом 6 мл, (Zhejiang Gondong Medical Technology Co., Ltd, Китай); приборы, на которых проводили анализы: автоматический биохимический анализатор CS-T240 (Производитель: DIRUI Industrial Co., Ltd, Китай) и автоматический ветеринарный гематологический анализатор DF50 Vet (Производитель: Dymind, Китай).

Исследования выполнены в Центре коллективного пользования биологических систем и агротехнологий Российской академии наук <http://цкп-бст.рф> на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», с использованием автоматического гематологического анализатора «URIT-2900 Vet Plus» (URIT Medical, Китай) определяли гематологические показатели крови.

Данные исследования были статистически проанализированы с использованием версии программного обеспечения SPSS21.0.

Результаты. Анализ биохимических параметров крови крупного рогатого скота является важной составляющей при оценке эффективности применения кормовых добавок, влияющих на метаболические процессы. В нашем исследовании при использовании фитобиотических комплексов на основе растения *Artemisiae absinthil herba* отдельно и в сочетании с хелатным соединением хлорида кобальта выявлено повышение концентрации глюкозы в крови во всех опытных группах, относительно контрольной группы, на 4,2 %, 4,9 %, 23,6 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Суммарный показатель белковых фракций, содержащихся в крови, также повышался при использовании фитобиотика относительно контрольной группы: в 1-й группе – на 64,5 % ($P \leq 0,05$), на 69,9 % ($P \leq 0,05$) – во 2-й группе и на 42,0 % – в 3-й группе ($P \leq 0,05$). Характер течения метаболизма в организме отображает концентрацию

белка альбумина, которая была достоверно выше в 1-й и 2-й опытных группах на 2,8 % ($P \leq 0,01$) и 5,7 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с контрольной группой. Биохимические показатели ферментов, участвующих в катализирующем переносе аминокислот между аминокислотами, были различными. Так в 1-й группе аланинаминотрансфераза имела значения ниже, чем в контроле, на 19,5 % ($P \leq 0,05$), напротив во 2-й и 3-й группах показатель был выше, чем в контрольной группе на 2,2 % и 24,6 % соответственно. Аспартатаминотрансферазы имели большие значения во 2-й и 3-й группах, разница с контролем составила 12,1 % ($P \leq 0,05$) и 36,6 % ($P \leq 0,05$) соответственно. В 1-й группе этот фермент имел концентрацию меньше, чем в контрольной группе, на 3,5 % ($P \leq 0,05$). Значения во всех опытных группах концентрации холестерина были выше, чем в контроле; на 17,7 % ($P \leq 0,05$) – в 1-й опытной, на 16,2 % ($P \leq 0,05$) – во 2-й группе и на 44,8 % ($P \leq 0,05$) – в 3-й группе.

Поступление или образование липидов в организме обеспечивает энергией клетки. Уровень триглицеридов в крови животных 1-й опытной группы был выше, чем контрольной группы, разница составила 35,3 % ($P \leq 0,05$), а в 3-й группе разница с контрольной группой составила 37,9 % ($P \leq 0,05$), таблица 1.

Повышение концентрации липидов в крови напрямую зависит от повышения концентрации глюкозы: чем больше образуется глюкозы, тем больше образуется триглицеридов через путь глицерол-3-фосфат или через путь синтеза жирных кислот; также здесь можно объяснить снижение концентрации фосфора в опытных группах за счёт участия его в данном механизме реакций [14].

Биохимические показатели крови крупного рогатого скота

Показатели	Группы			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Глюкоза, ммоль/л	3,81±0,03	3,97±0,05*	4,0±0,04*	4,71±0,09*
Общий белок, г/л	67,65±0,08	111,3±0,17*	115,0±0,12*	96,07±0,11*
Альбумин, г/л	35,0±0,06	36,0±0,04**	37,0±0,05**	34,0±0,08
АЛТ, Ед/л	36,1±0,01	30,2±0,06*	36,9±0,07*	45,0±0,05*
АСТ, Ед/л	72,7±0,07	70,2±0,06	81,5±0,08*	99,3±0,11*
Билирубин общий, мкмоль/л	2,79±0,05	2,58±0,11*	0,47±0,07	2,15±0,07*
Билирубин прямой, мкмоль/л	3,12±0,04	1,68±0,09	1,14±0,09*	1,5±0,06
Холестерин, ммоль/л	2,03±0,03	2,39±0,04*	2,36±0,06*	2,94±0,08*
Триглицериды, ммоль/л	0,11±0,04	0,17±0,03*	0,06±0,002	0,29±0,1*
Мочевина, ммоль/л	2,0±0,06	2,5±0,05*	1,8±0,03*	1,3±0,04*
Креатинин, мкмоль/л	109,7±0,18	149,4±0,27*	114,2±0,15**	147,4±0,31*
Мочевая кислота, мкмоль/л	2,9±0,05	2,4±0,06*	1,0±0,02*	3,43±0,08*
Железо, мкмоль/л	20,8±0,04	19,4±0,05	24,2±0,07*	32,8±0,09*
Магний, ммоль/л	0,87±0,03	0,78±0,02	0,74±0,04	1,15±0,05**
Кальций, ммоль/л	2,3±0,02	2,32±0,03*	2,54±0,04*	3,2±0,07*
Фосфор, ммоль/л	4,2±0,04	0,6±0,06*	0,6±0,05*	1,4±0,12*

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой; АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспартатаминотрансфераза; I опытная - *Artemisiae absinthil herba*; II опытная - *Artemisiae absinthil herba + CoCl₂*; III экспериментальная опытная – *CoCl₂*

Мочевина в крови отображает процессы конечного распада белков в организме, в 1-й группе концентрация мочевины повысилась на 25 % ($P \leq 0,05$) по отношению к контрольной группе, во 2-й и 3-й группах концентрация мочевины была ниже по отношению к контролю на 11,1 % и 35 % соответственно ($P \leq 0,05$).

Креатинин, продукт распада креатина, участвует также в энергетическом процессе в организме, во всех группах этот показатель был выше, чем в контрольной группе, разница с контролем составила 36,2 % ($P \leq 0,05$), 4,1 % ($P \leq 0,01$) и 34,4 % ($P \leq 0,05$) для 1-й, 2-й и 3-й групп. Концентрация мочевой кислоты в 1-й и 2-й группах была ниже, чем в контрольной группе на 17,3 % ($P \leq 0,05$) и 34,5 % ($P \leq 0,05$).

Наличие в крови микро- и макроэлементов – индикатор, отображающий функционирование организма. В ходе нашего исследования установлено повышение эссенциального микроэлемента железа, в крови животных 2-й и 3-й опытных групп разница с контролем составила 16,4 % ($P \leq 0,05$) и 57,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно. Повысилась концентрация магния в 3-й опытной группе животных на 32,2 % относительно контрольной группы ($P \leq 0,05$), таблица 1. Во всех группах, увеличилась концентрация кальция в крови на 3,1 %, 12,9 % и 42,2

% для 1-й, 2-й и 3-й групп соответственно относительно контрольной группы. Концентрация фосфора снизилась в опытных группах, в 3-й опытной группе на 66,6 % ($P \leq 0,05$), в 1-й и 2-й опытных группах в среднем на 85,7 %, таблица 1.

В нашей работе изучение влияния *Artemisiae absinthil herba* и хлорида кобальта выявило в 1-й и 2-й опытных группах снижение плотности лейкоцитов на 79 % ($P \leq 0,01$) и 83,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно, в сравнении с контролем, использование только хлорида кобальта в 3-й группе повысило количество лейкоцитов на 19,1 % ($P \leq 0,05$) относительно контроля. Плотность лимфоцитов в 1-й группе снизилась на 25,6 % ($P \leq 0,05$) во 2-й группе – на 41,9 % по отношению к контрольной группе. Количество нейтрофилов во 2 и 1 опытной группе уменьшилось в среднем на 97,1 % ($P \leq 0,05$), в 3-й группе – на 63,9 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с контрольной группой. В 1-й, 2-й и 3-й ($P \leq 0,05$) группах обнаружены базофилы, в контроле их выявлено не было. Количество эритроцитов в крови подопытных животных в 1-й и 2-й опытных групп показало снижение на 1,4 % ($P \leq 0,05$) и 10 % ($P \leq 0,05$) соответственно по отношению к контрольной группе, в 3-й группе концентрация показала повышение на

9,2 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с контрольной группой. Концентрация гемоглобина в 1-й и 2-й опытных группах отличалась от контрольной группы на 1,8 % ($P \leq 0,05$) и 11,1 % ($P \leq 0,05$), в 3-й группе этот показатель был выше, чем в контрольной группе на 12,2 % ($P \leq 0,05$). Объём

красных кровяных клеток – гематокрит, сильно не различался в 1-й и 2-й опытных группах, только в 3-й группе повысился на 14,9 % ($P \leq 0,05$) по отношению к контрольной группе (таблица 2).

Таблица 2

Морфологические показатели крови крупного рогатого скота

Показатели	Группы			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	7,07±0,03	1,48±0,06**	1,15±0,04*	8,74±0,09*
Нейтрофилы, $10^9/\text{л}$	4,49±0,05	0,13±0,04*	0,13±0,02*	1,62±0,07*
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	1,48±0,07	1,1±0,02*	0,86±0,06*	5,92±1,3**
Моноциты, $10^9/\text{л}$	0,07±0,001	0,08±0,002**	0,05±0,003*	0,48±0,07*
Эозинофилы, $10^9/\text{л}$	1,03±0,02	0,16±0,07*	0,09±0,008*	0,7±0,05
Базофилы, $10^9/\text{л}$	0	0,01±0,005*	0,02±0,006*	0,02±0,004*
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,97±0,03	5,89±0,07*	5,37±0,05*	6,57±0,02*
Гемоглобин, г/л	108,0±1,01	106,0±1,02*	96,0±1,3*	123,0±2,1*
Гематокрит, %	25,6±0,02	25,7±0,04	23,5±1,1	30,1±1,3*
Средний объём эритроцита, фл	42,9±0,09	43,7±0,05*	43,7±0,05*	45,9±0,02*
Среднее содержание гемоглобина, пг	18,1±0,04	18,1±0,02**	18,0±0,15*	18,8±0,03*
Средняя концентрация гемоглобина, г/л	421,0±1,2	414,0±0,8*	411,0±0,7*	410,0±0,5*
Индекс распределения эритроцитов, %	21,1±0,15	19,8±0,13	18,9±0,14	18,4±0,17
Индекс распределения эритроцитов	36,9±0,8	35,3±0,9	33,8±1,1	30,0±0,7
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	133,0±1,3	107,0±1,5*	86,0±1,8*	270,0±2,2*
NLR	3,03±0,06	0,11±0,02*	0,15±0,04*	0,27±0,07*

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой; I опытная - Artemisiae absinthil herba; II опытная - Artemisiae absinthil herba + CoCl₂; III experimental опытная – CoCl₂; NLR=NEUT/LYMP – маркер субклинического воспаления, увеличение соотношения характеризует наличие возможных заболеваний пищеварительной системы (Wang J., 2014).

В значительной мере снизилась концентрация нейтрофилов в группах: на 85,5 % ($P \leq 0,05$) для 1-й группы, во 2-й группе снизилось содержание на 83,4 % ($P \leq 0,05$), на 70,8 % ($P \leq 0,05$) – в 3-й группе. При подсчёте распределения лейкоцитов преобладающей популяцией в контрольной группе были нейтрофилы, в опытных группах преобладали лимфоциты ($P \leq 0,01$) ($P \leq 0,05$). В 1-й, 2-й, 3-й опытных

группах увеличилось количество клеток базофилов на 88,9 % ($P \leq 0,05$), 94,7 % ($P \leq 0,01$) и на 66,7 % ($P \leq 0,05$) соответственно по отношению к контрольной группе. Доля моноцитов крови, напротив, увеличилась и была больше, чем в контрольной группе на 82,4 % ($P \leq 0,05$) для 1-й группы – на 77,8 % ($P \leq 0,05$) во 2-й группе и в 3-й группах – на 81,8 % ($P \leq 0,05$) (таблица 3).

Таблица 3

Распределение лейкоцитов в крови крупного рогатого скота, %

Показатели	Группы			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Нейтрофилы, %	63,5±1,3	9,2±1,2*	10,5±1,1*	18,5±1,7
Лимфоциты, %	20,8±1,0	73,9±2,4**	74,7±2,3*	67,7±1,9*
Моноциты, %	1,0±0,8	5,7±1,7*	4,5±1,6*	5,5±1,8*
Эозинофилы, %	14,7±1,6	10,3±1,9	8,4±1,8	8,0±1,5
Базофилы, %	0,1±0,04	0,9±0,06*	1,9±0,07**	0,3±0,02*

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой; I опытная - Artemisiae absinthil herba; II опытная - Artemisiae absinthil herba + CoCl₂; III experimental опытная – CoCl₂;

В ходе оценки антиоксидантной активности организма животных были установлены

различные значения для малонового диальдегида, способного подавлять активность цито-

хром-оксидаз и гидролаз, являющийся конечным продуктом распада липидов, в 1-й опытной группе концентрация малонового диальдегида повысилась на 49,5 % ($P \leq 0,05$), во 2-й группе разница с контрольной группой составила 10,7 % ($P \leq 0,05$) более значительно концентрация малонового диальдегида возросла в 3-й опытной группе на 81,8 % ($P \leq 0,01$). Антиоксидантный фермент, защищающий организм от высокотоксичных радикалов кислорода, супероксиддисмутаза отметилась ростом концентрации в 1-й и 3-й опытных группах на 53,3 % ($P \leq 0,05$) и 62,1 % ($P \leq 0,05$) относительно контрольной группы. Каталаза также относится к антиоксидантным ферментам организма, отвечающая за защиту от разрушения

эритроцитов. В нашем исследовании установлено снижение каталазой активности во всех опытных группах, для 1-й опытной группы – на 80,5 % ($P \leq 0,05$), для 2-й опытной группы – на 26,6 % ($P \leq 0,05$) и для 3-й группы – на 41,2 % ($P \leq 0,05$) (таблица 4).

Некоторые виды полыни содержат в своем составе полифенолы, обладающие антиоксидантной активностью, что приводит к изменению биомаркеров [8]. Вид *Artemisiaea* может поднимать уровень супероксиддисмутаза, каталазы и глутатиона, одновременно повышая уровень ацетилхолина и уменьшая окислительный стресс [3].

Таблица 4

Ферментные системы антиоксидантной защиты организма

Показатели	Группы			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Малоновыйдиальдегид, мкМ/л	2,438±0,9	4,833±0,7*	2,731±0,5*	13,431±1,6**
Супероксиддисмутаза (СОД), %	1,55±0,3	3,32±0,5*	0,33±0,7	4,09±1,1*
Каталаза, мкМ	197,95±1,7	38,49±1,4*	145,19±1,5*	116,55±2,2*

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой; I опытная - *Artemisiae absinthil herba*; II опытная - *Artemisiae absinthil herba* + $CoCl_2$; III experimental опытная – $CoCl_2$;

Об использовании растений и добавок на их основе в качестве альтернативы антибиотиков сообщается в работе [2]. Метаболические параметры крови животных отображают эффективность использования корма и течения обменных процессов, как было показано глюкоза способна отображать энергетический баланс у коров, сообщается также, что фитонутриенты способны регулировать выработку гормонов, отвечающих за уровень глюкозы [10]. В нашей работе уровень глюкозы в опытных группах находился на более высоких значениях в сравнении с контрольной группой. Концентрация общего белка в крови была выше в опытных группах, повышение содержания общего белка в крови свидетельствует о большем его всасывание в кишечнике, применение фитобиотиков способствует повышению концентрации сывороточного альбумина и общего сывороточного белка в нашем исследовании концентрация альбумина была выше в 1-й и 2-й опытных группах с применением *Artemisiae*

absinthil herba. Активность аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы в 1-й опытной группе немного снизилась, как указывают авторы [9]. Фитонутриенты, содержащие флавоноиды, могут обладать данным эффектом. В тоже время, добавление кобальта сопровождалось повышением активности этих ферментов во 2-й и 3-й группах, авторами [12] установлено, что активизация аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы зависит от концентрации введения кобальта. Снижение тромбоцитов в крови в опытных группах возможно обусловлено антитромбическими свойствами некоторых видов *Artemisia* запускает антиоксидантные реакции.

Выводы. Морфологические и биохимические показатели крови изменяются при использовании в качестве добавки в рацион *Artemisiae absinthil herba* и $CoCl_2$ у молодняка крупного рогатого скота. В ходе исследования было выявлено достоверное повышение концентрации глюкозы в крови во всех опытных

группах относительно контрольной группы. Суммарный показатель белковых фракций, содержащихся в крови, также повышался при использовании фитобиотика относительно контрольной группы. Характер течения метаболизма в организме отображает концентрацию белка альбумина [1]. В морфологических показателях крови было выявлено снижение плотности лейкоцитов. Концентрация эритроцитов в

крови снижалась. Таким образом в ходе исследования, при добавлении кобальта сопровождалось повышением активности ферментов, применение фитобиотиков способствовало повышению концентрации сывороточного альбумина и общего сывороточного белка.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2021–2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (No 0761-2019-0005).

Список источников

1. Хаитов Р. М. Иммунология: структура и функции иммунной системы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 328 с.
2. Abd El-Hack, Mohamed E.a, El-Saadony, Mohamed T.b., Elbestawy, Ahmed R.c., Gado, Ahmed R.c., Nader, MahaM.b., Saad, Ahmed M.d., El-Tahan, Amira M.e., Taha, Ayman E.f., Salem, HebaM.g., El-Tarabily, Khaled A.h., El-Tarabily K.A. Hot red pepper powder as a safe alternative to antibiotics in organic poultry feed: an updated review. Poultry Science. 2022. doi: 10.1016/j.psj.2021.101684
3. Atiqul Bari, Syed Muhammad Mukarram Shah, Fakhria A Al-Joufi, Syed Wadood Ali Shah, Mohammad Shoaib, Ismail Shah, Muhammad Zahoor, Muhammad Naeem Ahmed, Mehreen Ghias, Syed Muhammad Hassan Shah, Atif Ali Khan Khalil. Effects of Artemisia macrocephala Jacquem on Memory Deficits and Brain Oxidative Stress in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. Molecules. 2022 Apr 8;27(8):2399. doi: 10.3390/molecules27082399.
4. Berry D. P. Beef-on-dairy-The generation of crossbred beef × dairy cattle. J Dairy Sci. 2021 Apr;104(4):3789-3819. doi: 10.3168/jds.2020-19519
5. Chakale M.V., Mwanza M., Aremu A.O. A Critical Insight into the Trends and Patterns in South Africa. Ethnoveterinary Knowledge and Biological Evaluation of Plants Used for Mitigating Cattle Diseases. Front Vet Sci. 2021 Aug 19; 8:710884. doi: 10.3389/fvets.2021.710884.
6. Delimont N.M., Haub M.D., Lindshield, B.L. The Impact of Tannin Consumption on Iron Bioavailability and Status: A Narrative Review. 2017. Curr. Dev. Nutr., 1(2):1–12. doi: 10.3945/cdn.116.000042
7. González-Montaña J.R., Escalera-Valente F., Alonso A.J., Lomillos J.M., Robles R., Alonso M.E. Relationship between Vitamin B12 and Cobalt Metabolism in Domestic Ruminant: An Update. Animals (Basel). 2020.10(10):1855. doi: 10.3390/ani10101855
8. Javad Sharifi-Rad, Jesús Herrera-Bravo, Prabhakar Semwal, Sakshi Painuli, Himani Badoni, Shahira M Ezzat, Mai M Farid, Rana M Merghany, Nora M Aborhab, Mohamed A Salem, Surjit Sen, Krishnendu Acharya, Natallia Lapava, Miquel Martorell, Bekzat Tynybekov, Daniela Calina, William C Cho. Artemisia spp.: An Update on Its Chemical Composition, Pharmacological and Toxicological Profiles. Oxid Med Cell Longev. 2022 Sep 5; 2022:5628601. doi: 10.1155/2022/5628601. eCollection 2022.
9. Naraki K., Rezaee R., Karimi G.A. Review on the protective effects of naringenin against natural and chemical toxic agents. Phytother Res. 2021. Aug;35(8):4075-4091. doi: 10.1002/ptr.7071. Epub 2021 Mar 16.
10. Oh J., Wall E. H., Bravo D. M., Hristov A. N. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants. A review 1. Journal of Dairy Science. 2017. 100(7), 5974–5983. doi:10.3168/jds.2016-12341 10.3168/jds.2016-12341
11. Puppel K., Kuczyńska B. Metabolic profiles of cow's blood; a review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2016. 96(13), 4321–4328. doi:10.1002/jsfa.7779
12. Rasool A., Zulfajri M., Gulzar A., Hanafiah M.M., Unnisa S.A., Mahboob M. In vitro cobalt nanoparticles on aspartate aminotransferase and alanine activities of wistar rats. Biotechnol Rep (Amst). 2020. Apr 20;26: e00453. doi: 10.1016/j.btre.2020.e00453.
13. Ryazanov V., Duskaev G., Denisenko K. Dose-dependent effect of plants of the lamiaceae family on the concentration of methane, fatty acids and nitrogen in the ecosystem in vitro. В сборнике: BIO Web of Conferences. Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy (SDGE 2021). 2022. С. 01016.
14. Shu Wang, Naima Moustaid-Moussa, Lixia Chen, Huanbiao Mo, Anuradha Shastri, Rui Su, Priyanka Bapat, InSook Kwun, Chwan-Li Shen. Novel insights of dietary polyphenols and obesity. J Nutr Biochem. 2014 Jan;25(1):1-18. doi: 10.1016/j.jnutbio.2013.09.001.
15. Wan Y.P., Liu Z.H., Liu Y. Veterinary antibiotics in swine and cattle wastewaters of China and the United States: Features and differences. Water Environ Res. 2021. Sep;93(9):1516-1529. doi: 10.1002/wer.1534. Epub 2021 Feb 28. PMID: 33586826

INFLUENCE OF WORMWOOD AND COBALT SALTS *ARTEMISIAE ABSINTHIL HERBA* AND $CoCl_2$ ON CHANGES ON THE COMPOSITE BLOOD VALUES OF KAZAKH WHITEHEADED BULLS

©2023. Vitaly A. Ryazanov ^{1✉}, Ivan S. Miroshnikov ²

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

¹vita7456@yandex.ru

Abstract. Currently, in order to improve the feed value of diets and more complete use of nutrients obtained from feed, it is necessary to develop new effective feed additives that would increase the productivity of cattle, without reducing the quality of finished products. As a result, studies were conducted on the effect of Artemisiae absinthil herba "wormwood of bitter grass" (1st experimental), Artemisiae absinthil herba "wormwood of bitter grass" and $CoCl_2$ (2nd experimental), $CoCl_2$ (3rd experimental) and the control group receiving a general diet on the body of Kazakh whiteheaded bulls, while studying morphological and biochemical values of blood and its serum. The study revealed a significant increase in blood glucose concentration in all experimental groups relative to the control group by 4.2%, 4.9%, 23.6% ($P < 0.05$) for 1, 2 and 3 experimental groups, respectively. The total index of protein fractions contained in the blood also increased with the use of phytobiotics relative to the control group, in the 1st experimental group by 64.5% ($P \leq 0.05$), by 69.9% ($P \leq 0.05$) in the 2nd experimental group and by 42.0% in the 3rd experimental group ($P \leq 0.05$). The nature of the course of metabolism in the body reflects the concentration of albumin protein, which was significantly higher in the 1st and 2nd experimental groups, compared with the control group by 2.8% ($P \leq 0.01$) and 5.7% ($P \leq 0.01$). In the 1st and 2nd experimental groups, there was a decrease in leukocyte density by 79% ($P \leq 0.01$) and 83.7% ($P \leq 0.05$), respectively, in morphological blood values, in comparison with the control, the use of only cobaltic chloride in the 3rd experimental group increased the concentration of leukocytes by 19.1% ($P \leq 0.05$) relative to the control group.

Key words: blood morphology, blood biochemistry, cattle, cobaltic chloride, Kazakh white-headed bulls, wormwood

Reference

1. Khaitov R. M. Immunologiya: strukturaifunktsiimmunosistemy (Immunology: structure and functions of the immune system). M.: GEOTAR-Media, 2019. 328 p.
2. Abd El-Hack, Mohamed E.a, El-Saadony, Mohamed T.b., Elbestawy, Ahmed R.c., Gado, Ahmed R.c., Nader, Ma-haM.b., Saad, Ahmed M.d., El-Tahan, Amira M.e., Taha, Ayman E.f., Salem, HebaM.g., El-Tarabily, Khaled A.h., El-Tarabily K.A. Hot red pepper powder as a safe alternative to antibiotics in organic poultry feed: an updated review. Poultry Science. 2022.doi: 10.1016/j.psj.2021.101684
3. Atiqul Bari, Syed Muhammad Mukarram Shah, Fakhria A Al-Joufi, Syed Wadood Ali Shah, Mohammad Shoaib, Ismail Shah, Muhammad Zahoor, Muhammad Naeem Ahmed, MehreenGhias, Syed Muhammad Hassan Shah, Atif Ali Khan Khalil. Effects of Artemisia macrocephalaJacquem on Memory Deficits and Brain Oxidative Stress in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. Molecules. 2022 Apr 8;27(8):2399. doi: 10.3390/molecules27082399.
4. Berry D. P. Beef-on-dairy-The generation of crossbred beef × dairy cattle. J Dairy Sci. 2021 Apr;104(4):3789-3819. doi: 10.3168/jds.2020-19519
5. Chakale M.V., Mwanza M., Aremu A.O. A Critical Insight into the Trends and Patterns in South Africa. Ethnoveterinary Knowledge and Biological Evaluation of Plants Used for Mitigating Cattle Diseases. Front Vet Sci. 2021 Aug 19; 8:710884. doi: 10.3389/fvets.2021.710884.
6. Delimont N.M., Haub M.D., Lindshield, B.L. The Impact of Tannin Consumption on Iron Bioavailability and Status: A Narrative Review. 2017. Curr. Dev. Nutr., 1(2):1–12. doi: 10.3945/cdn.116.000042
7. González-Montaña J.R., Escalera-Valente F., Alonso A.J., Lomillos J.M., Robles R., Alonso M.E. Relationship between Vitamin B12 and Cobalt Metabolism in Domestic Ruminant: An Update. Animals (Basel). 2020.10(10):1855. doi: 10.3390/ani10101855
8. Javad Sharifi-Rad, Jesús Herrera-Bravo, Prabhakar Semwal, Sakshi Painuli, Himani Badoni, Shahira M Ezzat, Mai M Farid, Rana M Merghany, Nora M Aborehab, Mohamed A Salem, Surjit Sen, Krishnendu Acharya, NatalliaLapava, Miquel

Martorell, BekzatTynbekov, Daniela Calina, William C Cho. Artemisia spp.: An Update on Its Chemical Composition, Pharmacological and Toxicological Profiles. Oxid Med Cell Longev. 2022 Sep 5; 2022:5628601. doi: 10.1155/2022/5628601. eCollection 2022.

9. Naraki K., Rezaee R., Karimi G.A. Review on the protective effects of naringenin against natural and chemical toxic agents. Phytother Res. 2021. Aug;35(8):4075-4091. doi: 10.1002/ptr.7071. Epub 2021 Mar 16.

10. Oh J., Wall E. H., Bravo D. M., Hristov A. N. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants. A review 1. Journal of Dairy Science. 2017. 100(7), 5974–5983. doi:10.3168/jds.2016-12341 10.3168/jds.2016-12341

11. Puppel K., Kuczyńska B. Metabolic profiles of cow's blood; a review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2016. 96(13), 4321–4328. doi:10.1002/jsfa.7779

12. Rasool A., Zulfajri M., Gulzar A., Hanafiah M.M., Unnisa S.A., Mahboob M. In vitro cobalt nanoparticles on aspartate aminotransferase and alanine activities of wistar rats. Biotechnol Rep (Amst). 2020. Apr 20;26: e00453. doi: 10.1016/j.btre.2020.e00453.

13. Ryazanov V., Duskaev G., Denisenko K. Dose-dependent effect of plants of the lamiaceae family on the concentration of methane, fatty acids and nitrogen in the ecosystem in vitro. Сборник: BIO Web of Conferences. Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy (SDGE 2021). 2022. С. 01016.

14. Shu Wang, Naima Moustaid-Moussa, Lixia Chen, Huanbiao Mo, Anuradha Shastri, Rui Su, Priyanka Bapat, InSook Kwun, Chwan-Li Shen. Novel insights of dietary polyphenols and obesity. J NutrBiochem. 2014 Jan;25(1):1-18. doi: 10.1016/j.jnutbio.2013.09.001.

15. Wan Y.P., Liu Z.H., Liu Y. Veterinary antibiotics in swine and cattle wastewaters of China and the United States: Features and differences. Water Environ Res. 2021. Sep;93(9):1516-1529. doi: 10.1002/wer.1534. Epub 2021 Feb 28. PMID: 33586826

Сведения об авторах

В.А. Рязанов¹ – канд. с.-х. наук, научный сотрудник;

И.С. Мирошников² – канд. с.-х. наук, научный сотрудник.

^{1,2} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, Россия, Оренбург, ул. 9 Января 29.

¹vita7456@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

²sparco911@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0190-0612>

Information about the authors

V.A. Ryazanov¹ – Cand. Agr. Sci, Researcher;

I.S. Miroshnikov² – Cand. Agr. Sci, Researcher.

^{1,2} Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia, 460000

¹vita7456@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

²sparco911@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0190-0612>

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 16.03.2023; одобрена после рецензирования 19.04.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 16.03.2023; approved after reviewing 19.04.2023; accepted for publication 05.06.2023.

РОСТ, РАЗВИТИЕ И ВЗАИМОСВЯЗЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У МОЛОДНЯКА ЛОШАДЕЙ РАЗНОГО ГЕНОТИПА

©2023. Тимур Николаевич Хамируев¹, Солбон Мункуевич Дашиинимаев^{2✉},

Бадма Зилимович Базарон³

^{1,2,3} Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий РАН, Чита, Россия

²solbonmd@mail.ru

Аннотация. Селекция высокопродуктивных сельскохозяйственных животных, характеризующихся хорошим здоровьем и отличающимися высокими показателями продуктивности, невозможно без оценки животных по экстерьеру и типу телосложения. Сопряженность между показателями продуктивности и экстерьером животных выявили еще первые животноводы, занимавшиеся выведением новых пород скота. Однако, наряду с этим, в анализируемых источниках научной литературы недостаточно материалов, посвященных изучению взаимосвязи массы тела и экстерьерно-конституциональных особенностей, характеризующих мясную продуктивность лошадей при табунном содержании. Целью наших исследований явилось изучение динамики изменения роста и развития молодняка лошадей забайкальской породы и полукровного молодняка, полученного от русских тяжеловозов, в период от рождения до 30-месячного возраста и определение взаимосвязи массы тела (*ЖМ*) с основными промерами статей тела (*ПСТ*). Установлено достоверное преимущество помесных жеребчиков над чистопородными аналогами по *ЖМ* в возрасте 6, 18 и 30 мес. ($P < 0,001$). По основным *ПСТ*, характеризующим экстерьерные особенности, такие, как высота в холке (*ВХ*), косая длина туловища (*КДТ*), обхват груди (*ОГ*) и обхват пясти (*ОП*), достоверных отличий между подопытными группами жеребчиков не выявлено. Между *ЖМ* и *ПСТ* подопытных животных был рассчитан коэффициент корреляции. Полученные результаты свидетельствуют, что во все возрастные периоды отмечена положительная сопряженность *ЖМ* с *КДТ* ($r=0,225-0,712$) и *ОГ* ($r=0,207-0,719$), при этом с возрастом взаимосвязь с *КДТ* усиливается, а с *ОГ* несколько ослабевает. В результате, использование в практике табунного коневодства методов оценки молодняка по экстерьерно-конституциональным особенностям позволит выявить и отбирать животных желательного мясного типа и повысить эффективность отрасли.

Ключевые слова: жеребчики, забайкальская порода, русская тяжеловозная порода, помеси, живая масса, экстерьер, промер, индекс телосложения, корреляция

Введение. В увеличении производства продуктов питания, расширения ассортимента и повышения качества продукции животноводства немаловажная роль отводится продуктивному табунному коневодству [1].

В последние годы поголовье лошадей в России в целом увеличилось, при этом распре-

деление по сферам их использования неравномерно. Табунные лошади (продуктивное направление) по численности занимают второе место [2].

Аборигенные или локальные породы лошадей обладают уникальными приспособительными качествами. Они способны исполь-

зывать труднодоступные другим видам сельскохозяйственных животных низкопродуктивные пастбища, тебеневать в зимний период в поисках корма, утолять жажду за счет снега и выживать в суровых условиях при минимальном уходе [3, 4].

Увеличение живой массы растущего организма называют ростом, а процесс качественных изменений внешних и внутренних признаков – развитием, которые происходят за счет реализации генетического потенциала в благоприятных условиях в различные периоды развития [5].

В настоящее время селекционную работу по совершенствованию лошадей невозможно вести без учета экстерьерно-конституциональных особенностей, выявление которых ведется с использованием промеров статей тела и рассчитанных на их основе индексов телосложения [6-8].

Знание корреляционной взаимосвязи между отдельными селекционными признаками позволяет проводить отбор и подбор по одному или нескольким показателям, спроектировать в процессе отбора и подбора изменение одних признаков по другим, что важно для получения положительных результатов в селекционной работе. Имеется достаточно трудов, касающихся изучению сопряженности хозяйственно-полезных признаков в животноводстве [9-12]. Однако, наряду с этим, недостаточно материалов, посвященных изучению взаимосвязи массы тела и экстерьерно-конституциональных особенностей, характеризующих

мясную продуктивность лошадей при табунном содержании.

Цель исследований – изучить рост, развитие и взаимосвязь количественных признаков, характеризующих мясную продуктивность молодняка лошадей разного генотипа.

Методика. Материалом исследований служили чистопородные жеребчики забайкальской породы (I – контрольная группа, n=12) и полукровные помеси с русской тяжеловозной породой (II – опытная группа, n=12) в возрасте 3-х суток, 6-и, 18-и и 30-и месяцев. Исследования проведены в условиях АКФ им. Ленина Могойтуйского района Забайкальского края. Масса тела (*ЖМ*) была определена взвешиванием на электронных весах «Элефант-2000-5», точность измерения составляет до 0,5 кг. Для оценки особенностей экстерьера у подопытных особей были сняты основные четыре промера статей тела (*ПСТ*), см: высота в холке (*ВХ*), косая длина туловища (*КДТ*), обхват груди (*ОГ*), обхват пясти (*ОП*). На основании результатов обмера молодняка были вычислены индексы телосложения (*ИТ*), %: индекс растянутости или формата (*ИРТ*), индекс массивности или обхвата груди (*ИМС*), индекс сбитости или компактности (*ИСБ*) и индекс костистости (*ИКТ*). Обработка полученных данных проводилась методами вариационной статистики [13].

Результаты. В таблице 1 представлена средняя *ЖМ* и *ПСТ* подопытного молодняка лошадей.

Таблица 1

ЖМ (кг) и ПСТ (см) подопытного молодняка

Возраст, мес.	Группа	Показатель				
		<i>ЖМ</i>	<i>ВХ</i>	<i>КДТ</i>	<i>ОГ</i>	<i>ОП</i>
3 суток	I	38,9±0,62	94,6±2,47	67,4±1,50	82,5±1,62	11,2±0,26
	II	41,1±2,54	95,2±1,42	68,1±1,31	82,6±1,56	11,7±0,32
6	I	181,0±3,80	118,9±1,31	116,4±1,88	127,6±2,57	14,8±0,49
	II	221,7±4,59 ³	119,3±1,61	114,6±1,38	130,1±1,56	16,4±0,77
18	I	286,9±6,15	130,2±3,98	131,2±3,48	147,3±5,51	17,3±0,33
	II	338,4±9,46 ³	136,0±1,48	135,8±1,53	150,7±1,37	18,1±0,43
30	I	330,5±4,70	140,0±2,58	142,7±2,31	159,9±4,39	18,2±0,26
	II	358,7±5,24 ³	142,0±1,21	144,1±1,56	161,8±2,08	19,5±0,30 ²

Примечание: ² – P<0,01; ³ – P<0,001

Анализ представленных данных свидетельствует, что по *ЖМ* и *ПСТ* помесные жеребчики имеют преимущество над молодняком забайкальской породы во все возрастные периоды. Так, при рождении, в возрасте 6-и, 18-и и 30-и месяцев *ЖМ* особей опытной группы была достоверно выше аналогов забайкальской породы на 5,7%, 22,5, 18,0 и 8,5% соответственно ($P < 0,001$).

С возрастом до 18-месячного возраста разница в *ЖМ* между подопытным молодняком увеличилась с 2,2 кг при рождении до 51,5 кг (проявление «эффекта гетерозиса»). В возрасте 30 месяцев этот показатель снизился до 28,2 кг, что, на наш взгляд, связано с лучшими приспособительными качествами чистопородных особей забайкальской породы к суровым природно-кормовым условиям выращивания.

По основным *ПСТ* достоверных отличий между животными подопытных групп не уста-

новлено, за исключением *ОП* в возрасте 30 месяцев разница в пользу помесного молодняка составила 7,1% ($P < 0,01$).

Аналогичные результаты были получены в исследованиях [13], в которых помесный молодняк (1/2 забайкальская+1/2 русская тяжеловозная) имел преимущество по интенсивности роста и развития над чистопородными аналогами забайкальской породы. Авторы [14] считают, что для увеличения производства конины необходимо выранжированных кобыл башкирской породы и их помесей скрещивать с производителями русской тяжеловозной породы.

Динамика абсолютных и относительных приростов *ЖМ*, а также показатели увеличения *ПСТ* подопытного молодняка лошадей свидетельствует о неравномерности их роста и развития в различные возрастные периоды в зависимости от происхождения (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

Абсолютные приросты *ЖМ* и показатели увеличения *ПСТ*

Период, мес.	Группа	Показатель				
		<i>ЖМ</i>	<i>ВХ</i>	<i>КДГ</i>	<i>ОГ</i>	<i>ОП</i>
3 суток-6 мес.	I	142,1	24,3	49,0	45,1	3,6
	II	180,6	24,1	46,5	47,5	4,7
6-18	I	105,9	11,3	14,8	19,7	2,5
	II	116,7	16,7	21,2	20,6	1,7
18-30	I	43,6	9,8	11,5	12,6	0,9
	II	20,3	6,0	8,3	11,1	1,4
3 суток-30 мес.	I	291,6	45,4	75,3	77,4	7,0
	II	317,6	46,8	76,0	79,2	7,8

Так, в период от рождения до возраста 18 мес. более интенсивное развитие отмечено у помесных особей. Абсолютный прирост средней *ЖМ* за анализируемый период составил 297,3 кг, *ВХ* – 40,8 см, *КДГ* – 67,7 см, *ОГ* – 68,1 см и *ОП* – 6,4 см, против 248,0 кг, 35,6 см, 63,8 см, 64,8 см и 6,1 см у чистопородных аналогов соответственно. В период от 18 до 30-месячного возраста, наоборот, интенсивнее развивался чистопородный молодняк забайкальской породы.

Лучшие показатели роста и развития у подопытного молодняка отмечены в период от рождения до 6-месячного возраста. Это можно объяснить тем, что основным кормом для жеребят в этот период является высокопитательное молоко матери.

За весь период выращивания у молодняка контрольной группы средняя *ЖМ* возросла в 8,5 раза, *ВХ* – 1,47 раза, *КДГ* – 2,12 раза, *ОГ* – 1,94 раза и *ОП* – 1,63 раза, тогда как у помесных особей – в 8,7; 1,49; 2,11; 1,96 и 1,67 раза соответственно.

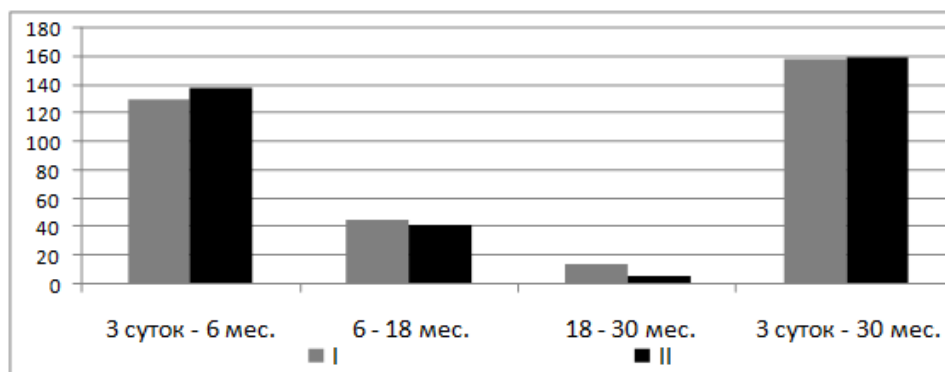


Рис 1. Относительные приросты ЖМ

Fig. 1. Relative gains LW

Анализ представленных данных свидетельствует, что по относительному приросту лучшими показателями в период от рождения до 6-месячного возраста отличался полукровный молодняк опытной группы (137,3 против 129,3%). В остальные периоды развития чистопородный молодняк контрольной группы имел лучшие показатели, при этом наиболее заметная разница отмечена в период от 18 до 30-ме-

сячного возраста (14,1 против 5,7%), о чем свидетельствует абсолютный прирост живой массы в указанный период. За весь период выращивания относительный прирост был выше у полукровного молодняка и составил 158,9%, тогда как у аналогов контрольной группы – 157,7%. В таблице 3 представлены индексы телосложения (ИТ) подопытного молодняка лошадей.

Таблица 3

ИТ подопытного молодняка, %

Возраст, мес.	Группа	Индекс			
		ИРТ	ИМС	ИСБ	ИКТ
3 суток	I	71,3±1,37	87,2±1,44	122,4±1,66	11,8±0,38
	II	71,5±0,79	86,7±0,71	121,3±1,56	12,2±0,38
6	I	97,9±1,61	107,3±2,09	109,6±2,23	12,4±0,46
	II	96,0±0,86	109,0±0,83	113,5±0,89	13,7±0,54
18	I	100,8±3,07	113,2±3,45	112,3±2,56	13,3±0,34
	II	99,9±0,50	110,8±1,07	110,9±1,40	13,3±0,29
30	I	101,9±1,79	114,2±2,72	112,1±2,61	13,0±0,31
	II	101,9±1,84	113,9±1,16	112,3±0,95	13,7±0,22

Полученные данные свидетельствуют, что за анализируемый период в процессе роста и развития ИТ у подопытных жеребчиков закономерно увеличиваются, за исключением индекса сбитости (компактности). Снижение ИСБ связано с тем, что при рождении жеребенок имеет короткое, компактное непропорциональное тело, более высокое и менее длинное, с возрастом происходит более интенсивное развитие тела в длину (в 2,11-2,12 раза), чем в высоту (в 1,47-1,49 раза).

В селекционной работе важно знать степень взаимосвязи исследуемых признаков. Закон корреляции имеет существенное значение для эффективности селекционно-племенной работы. Его использование открывает возможности при отборе по одному признаку влиять на изменение другого. На графиках представлена взаимосвязь ЖМ с ПСТ подопытного молодняка лошадей (рис. 2).

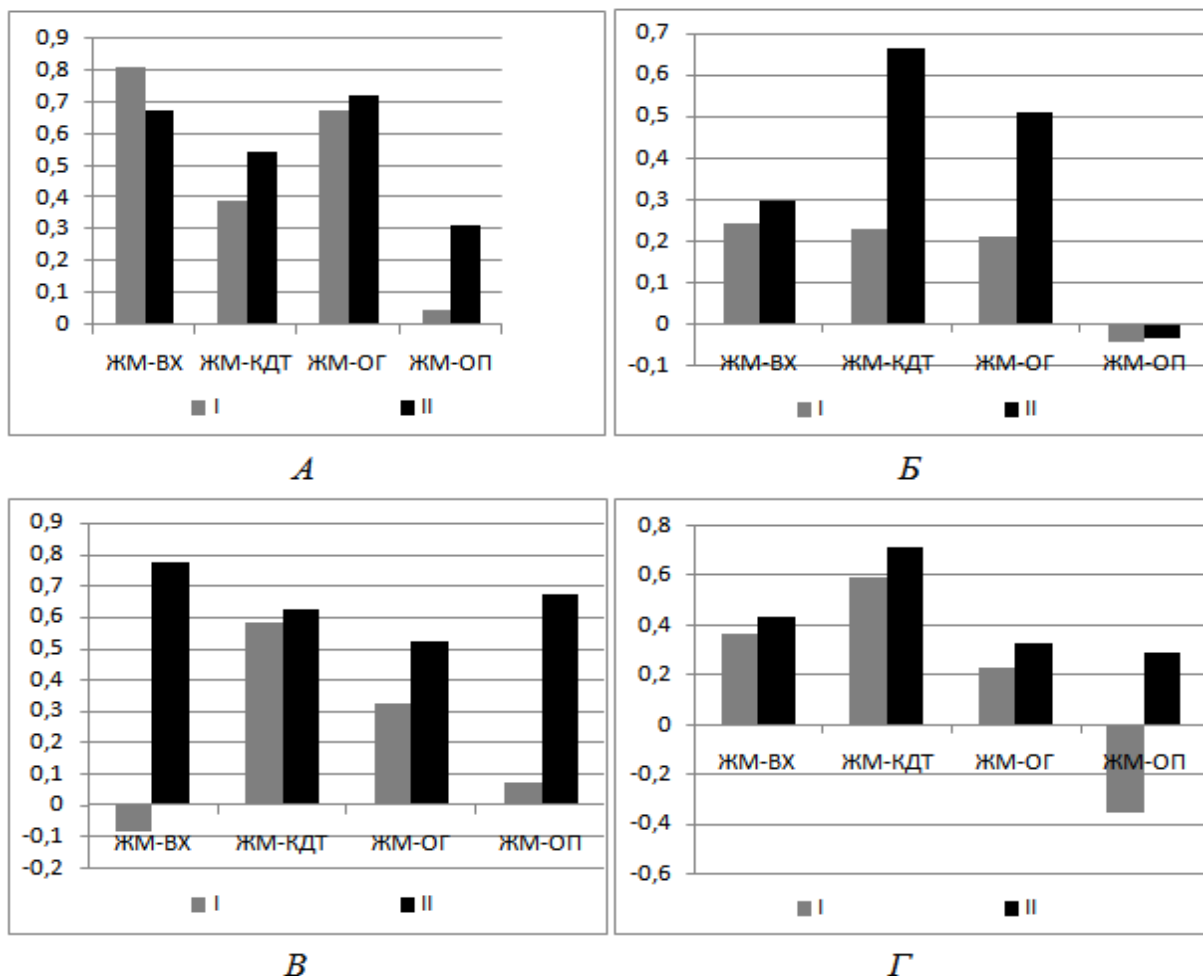


Рис 2. Графики взаимосвязи ЖМ с ПСТ подопытного молодняка (А – 3 суток, Б – 6 мес., В – 18 мес., Г – 30 мес.)

Fig. 2. Graphs of the relationship between LW and MAB of the experimental young animals (A – 3 days, Б – 6 months, В – 18 months, Г – 30 months)

В результате установлено, что у подопытных жеребчиков в возрасте 3 суток отмечена высокая взаимосвязь ЖМ с ВХ ($r=0,673-0,808$) и ОГ ($r=0,673-0,719$), средняя – с КДТ ($r=0,388-0,543$) и ниже средней и низкая – с ОП ($r=0,045-0,311$). В возрасте 6 мес. выявлена положительная корреляция ЖМ с ВХ, КДТ и ОГ, при этом отметим, что у молодняка опытной группы она более тесная ($r=0,297$; $r=0,664$ и $r=0,509$ соответственно). У помесного молодняка в возрасте 18 мес. ЖМ имеет положительную взаимосвязь на достаточно высоком уровне со всеми промерами ($r=0,523-0,774$), тогда как у чистопородного – только с КДТ ($r=0,584$). В возрасте 30

мес. как у помесных, так и чистопородных особей установлена достаточно тесная корреляция ЖМ с КДТ ($r=0,712$ и $r=0,591$ соответственно).

В результате у подопытного молодняка лошадей во все возрастные периоды выявлена положительная величина связи ЖМ с КДТ ($r=0,225-0,712$) и ОГ ($r=0,207-0,719$), при этом с возрастом взаимосвязь с КДТ усиливается, а с ОГ несколько снижается. Схожие результаты получены в работе [15], у табунных лошадей таджикской породы выявлена высокая корреляция ЖМ с ОГ и КДТ, средняя – с ВХ и ОП.

Выводы. Таким образом, установлено, что полукровный помесный молодняк лошадей отличается более интенсивным ростом и разви-

тием до 18-месячного возраста, тогда как чистопородные жеребчики забайкальской породы – в период от 18 до 30 мес.

Выявленные взаимосвязи *ЖМ* с *ПСТ* у подопытного молодняка лошадей, в зависимо-

сти от происхождения и возраста, позволят усилить давление на конкретный признак при отборе, при этом в большей степени следует учитывать такие промеры как *КДТ* и *ОГ*.

Список источников

1. Калашников В.В., Ковешников В.С. Состояние мясного табунного коневодства и основные селекционно-технологические мероприятия по его рациональному ведению // Коневодство и конный спорт. 2010. № 5. С. 3-6.
2. Коневодство в сельском хозяйстве и за его пределами // Аграрная наука. 2019. №2. С. 44-45.
3. Филиппова Н.П., Степанов Н.П., Додохов В.В., Гаджиев А.М., Марзанов Н.С. Морфологические и генетические особенности пород лошадей Якутии // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. №4. С. 60-64. DOI:10.31857/S2500262720040146
4. Khrabrova L.A., Blohina N.V., Bazaron B.Z., Khamiruev T.N. Variability of mitochondrial DNA D-loop sequences in Zabaikalskaya horse breed // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. №25(5). С.486-491. DOI 10.18699/VJ21.055
5. Назарова Е.Н., Калашников И.А. Рост и развитие жеребят бурятской и забайкальской пород // Вестник Иркутской ГСХА. 2014. №63. С. 73-79.
6. Контэ А.Ф., Карликова Г.Г. Генетическая изменчивость показателей продуктивности и оценки экстерьера голштинских коров в зависимости от типа телосложения // Аграрный вестник Урала. 2021. № 09 (212). С. 53-62. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-53-62.
7. Хаертдинов Р.А., Сушенцова М.А., Камалдинов И.Н., Закирова Г.М., Антипова Д.В. Возрождение татарской породы лошадей // Зоотехния. 2023. №1. С. 22-25. DOI:10.25708/ZT.2022.33.52.006
8. Иолчиев Б.С., Волкова Н.А., Силантьева А.О. Особенности роста и развития межвидовых гибридов домашних овец и архара // Достижения науки и техники АПК. 2022. №9. С. 75-79. DOI:10.53859/02352451.2022.36.9.75
9. Руденко О.В. Оценка влияния родственного спаривания на молочную продуктивность голштинских коров // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. №23(3). С. 386-394. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.386-394>
10. Conroy S.B., Drennan M.J., Kenny D.A., McGee M. The relationship of various muscular and skeletal scores and ultrasound measurements in the live animal, and carcass classification scores with carcass composition and value of bulls // Livestock Science. 2010. V. 127. Pp. 11-21.
11. Field T.G. Beef production and management decisions Pearson Education Inc. Upper Saddle River. 2007. 640 p.
12. Yokoo M.J., Werneck J.N., Pereira M.C. et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. // Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2009. V. 44. Pp. 197-202. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200012>
13. Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии: монография. Ставрополь: АГРУС, 2013. 91 с.
14. Подойницына Т.А., Козуб Ю.А. Приемы повышения продуктивности лошадей аборигенной породы // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 2(46). С. 206-210. DOI 10.18286/1816-4501-2019-2-206-210
15. Кильметова И.Р., Родин И.А., Горбачева Ю.А., Хайруллина Н.И., Шагалиев Ф.М., Фенченко Н.Г. Особенности роста и развития жеребят башкирской породы разных генотипов // Эффективное животноводство. 2019. №6(154). С. 88-90.
16. Шамсиев А.Г., Мирзоева Г.Н., Беков И.С., Хайруллоева Х.И., Хукматов Д.З. Изменчивость основных хозяйственно-полезных признаков таджикской породы лошадей // Кишоварз. 2018. №3. С. 52-55.

GROWTH, DEVELOPMENT AND INTERRELATION OF QUANTITATIVE TRAITS IN YOUNG HORSES OF DIFFERENT GENOTYPE

©2023. Timur N. Khamiruev¹, Solbon M. Dashinimaev^{2✉}, Badma Z. Bazarov³

^{1,2,3}Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia

²solbonmd@mail.ru

Abstract. The creation of highly productive farm animals, characterized by good health and high productivity rates, is impossible without assessing the animals according to their exterior and body type. The relationship between productivity indicators and the exterior of animals was revealed even by the first livestock breeders who were engaged in breeding new breeds of livestock. However, along with this, in the analyzed sources of scientific literature there are not enough materials devoted to the study of the relationship between body weight and conformation-constitutional features that characterize the meat productivity of horses in the herd. The purpose of our research was to study the dynamics of changes in the growth and development of young horses of the Transbaikal breed and half-blooded young animals obtained from Russian heavy trucks in the period from birth to 30 months of age and to determine the relationship of body weight (*LW*) with the main measurements of body articles (*BST*). A significant advantage of crossbred stallions over purebred counterparts in *LW* at the age of 6, 18 and 30 months was established. ($P < 0.001$). According to the main *BST*, which characterize the conformation features, such as height at the withers (*HW*), oblique body length (*OBL*), chest girth (*CG*) and metacarpal girth (*MG*), no significant differences were found between the experimental groups of foals. The correlation coefficient was calculated between the *LW* and the *BST* of the experimental animals. The results obtained indicate that in all age periods there was a positive conjugation of *LW* with *OBL* ($r = 0.225-0.712$) and *CG* ($r = 0.207-0.719$), while with age the relationship with *OBL* increases, and with *CG* it weakens somewhat. As a result, the use in the practice of herd horse breeding of methods for assessing young animals by conformation and constitutional features will make it possible to identify and select animals of the desired meat type and increase the efficiency of the industry.

Key words: foals, Trans-Baikal breed, Russian draft breed, crossbreeds, live weight, conformation, measurement, body index, correlation

References

1. Kalashnikov V.V., Koveshnikov V.S. Sostoyaniemyasnogotabunnogokonevodstvaivosnovnyeselekcionno,tekhnologicheskiemeropriyatiya po ego racional'nomuvedeniyu (The state of meat herd horse breeding and the main selection and technological measures for its rational management), Konevodstvoikonnyj sport. 2010. No 5. Pp. 3-6. (in Russian).
2. Konevodstvo v sel'skomhozyajstve i za ego predelami (Horse breeding in agriculture and beyond), Agrarnayanauka. 2019, No2, Pp. 44-45. (in Russian).
3. Filippova N.P., Stepanov N.P., Dodohov V.V., Gadzhiev A.M., Marzanov N.S. MorfologicheskieigeneticheskieosobnostiporodloshadejYakutii (Morphological and genetic features of horse breeds in Yakutia), Rossijskayasel'skohozyajstvennayanauka. 2020. No4. Pp. 60-64. DOI:10.31857/S2500262720040146 (in Russian).
4. Khrabrova L.A., Blohina N.V., Bazarov B.Z., Khamiruev T.N. Variability of mitochondrial DNA D-loop sequences in Zabaikalskaya horse breed, Vavilovskijzhurnalgenetikiiselekcii. 2021. No25(5). Pp. 486-491. DOI 10.18699/VJ21.055
5. Nazarova E.N., Kalashnikov I.A. Rostirazvitiyezherebyatburyatskojizabajkal'skojporod (Growth and development of foals of the Buryat and Transbaikal breeds), VestnikIrkutskoj GSKHA. 2014. No63. Pp. 73-79. (in Russian).
6. Konte A.F., Karlikova G.G. Geneticheskayaizmenchivost' pokazatelejproduktivnostiiocenkiester'eragolshtinskihkorov v zavisimostiottipateloslozheniya (Genetic variability of productivity indicators and assessment of the exterior of Holstein cows depending on body type), AgrarnyjvestnikUrala. 2021. No 09 (212). Pp. 53-62. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-53-62. (in Russian).
7. Haertdinov R.A., Sushencova M.A., Kamaldinov I.N., Zakirova G.M., Antipova D.V. Vozrozhdenietatarskojporodyloshadej (Revival of the Tatar breed of horses), Zootekhniya. 2023. No1. Pp. 22-25. DOI:10.25708/ZT.2022.33.52.006 (in Russian).
8. Iolchiev B.S., Volkova N.A., Silant'eva A.O. Osobnostirostairazvitiyamezhvidovyhgidovdomashnihoveci-arhara (Peculiarities of growth and development of interspecific hybrids of domestic sheep and argali), Dostizheniyanaukiitekhnik APK. 2022. No9. Pp. 75-79. DOI:10.53859/02352451.2022.36.9.75 (in Russian).

9. Rudenko O.V. Ocenkavliyaniarodstvennogosparivaniyanamolochnuuyuproduktivnost' golstinskihkorov (Evaluation of the influence of related mating on the milk productivity of Holstein cows) , AgrarnayanaukaEvro-Severo-Vostoka. 2022. No23(3). Pp. 386-394. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.386-394> (in Russian).
10. Conroy S.B., Drennan M.J., Kenny D.A., McGee M. The relationship of various muscular and skeletal scores and ultrasound measurements in the live animal, and carcass classification scores with carcass composition and value of bulls , Livestock Science. 2010. V. 127. Pp. 11-21.
11. Field T.G. Beef production and management decisions Pearson Education Inc. Upper Saddle River. 2007. 640 pp.
12. Yokoo M.J., Werneck J.N., Pereira M.C. et al. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaças medidas por ultrassom em bovinos de corte. , Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2009. V. 44. Pp. 197-202. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200012>
13. YAKOVENKO A.M., ANTONENKO T.I., SELIONOVA M.I. Biometricheskie metody analiza kachestvennyh i kolichestvennyh priznakov v zootekhnii: monografiya. (Biometric methods of analysis of qualitative and quantitative traits in animal science: monograph). Stavropol': AGRUS, 2013. 91 p.
14. Podojnicyna T.A., Kozub YU.A. Priemypovysheniya produktivnosti loshadejaborigennojporody (Techniques for increasing the productivity of horses of native breeds) , Vestnik Ul'yanovskoj GSKHA. 2019. No 2(46). Pp. 206-210. DOI 10.18286/1816-4501-2019-2-206-210 (in Russian).
15. Kil'metova I.R., Rodin I.A., Gorbacheva YU.A., Hajrullina N.I., SHagaliev F.M., Fenchenko N.G. Osobennosti rostita i razvitiya zherebyat bashkirskojporody raznyh genotipov (Peculiarities of growth and development of foals of the Bashkir breed of different genotypes) , Effektivnoezhivotnovodstvo. 2019. No6(154). Pp. 88-90. (in Russian).
16. SHamsiev A.G., Mirzoeva G.N., Bekov I.S., Hajrulloeva H.I., Hukmatov D.Z. Izmenchivost' osnovnykh hozyaistvenno-poleznykh priznakov tadzhikskojporody loshadej (Variability of the main economically useful features of the Tajik horse breed) , Kishovarz. 2018. No3. S. 52-55.

Сведения об авторах

Т.Н. Хамируев¹ – ведущий научный сотрудник, канд. с.-х. наук, доцент;

С.М. Дашинимаев^{2✉} – старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук;

Б.З. Базарон³ - старший научный сотрудник, канд. с.-х. наук.

^{1,2,3}Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий РАН, (НИИВ Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН), 672010 Россия, Забайкальский край, г. Чита, ул. Кирова 49, а/я 470.

¹tnik0979@mail.ru, ORCID 0000-0002-0147-2929

²solbonmd@mail.ru, ORCID 0000-0002-1294-5963

Information about the authors

T.N. Khamiruev¹ – Leading Researcher, Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

S.M. Dashinimaev² – Senior Researcher, Cand. Agr. Sci.;

B.Z. Bazaron³ – Senior Researcher, Cand. Agr. Sci.

^{1,2,3}Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, , PO box 470, 49 Kirova St., Chita, Russia, Transbaikal region, 672010

¹tnik0979@mail.ru, ORCID 0000-0002-0147-2929

²solbonmd@mail.ru, ORCID 0000-0002-1294-5963

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила в редакцию 14.03.2023; одобрена после рецензирования 03.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 14.03.2023; approved after reviewing 03.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

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.psc.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 1870 рублей. Индекс издания, по которому Вы можете найти журнал в каталоге, – ПК840.