



ISSN 2307-2873

Научно-практический  
журнал

№2 (46) 2024

ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ  
**ВЕСТНИК**

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

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

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

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

**Члены редакционного совета:**

Э.Д. Акманаев (зам. гл. ред.), канд. с.-х. наук  
(г. Пермь, Россия);  
Х. Батье-Салес, д-р биологии (г. Валенсия, Испания);  
К.М. Габдрахимов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);  
В.Д. Галкин, д-р техн. наук (г. Пермь, Россия);  
С.Л. Елисеев, (зам гл. ред) д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
О.З. Еремченко, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
А.М. Есоян, д-р техн. наук (г. Ереван, Армения);  
Н.Н. Зезин, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);  
Р.Р. Исмагилов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);  
Н.Л. Колясникова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
Т.Я. Прахова, д-р с.-х. наук (г. Тверь, Россия);  
Н.В. Костюченко, акад. АСХН РК, д-р техн. наук  
(г. Астана, Казахстан);  
Р. Кызылкая, д-р (г. Самсун, Турция);  
Л.В. Ляшева, д-р с.-х. наук (г. Тюмень, Россия);  
Е.Н. Мартынова, д-р с.-х. наук (Ижевск, Россия);  
Т.Ю. Бортник, д-р с.-х. наук (г. Ижевск, Россия);  
С.Г. Мударисов, д-р техн. наук (г. Уфа, Россия);  
Ф.Ф. Мухамадьяров, д-р техн. наук (г. Киров, Россия);  
А.А. Овчинников, д-р с.-х. наук (г. Троицк, Россия);  
Л.Ю. Овчинникова, д-р с.-х. наук (г. Троицк, Россия);  
Ж.А. Перевойко, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
М.В. 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 – Ю.С. Башкирцева  
Перевод – Н.С. Долматова*

Дата выхода в свет – 20.06.2024. Формат 60x84 $\frac{1}{4}$ . Усл. печ. л. 19,88.  
Тираж 100. Заказ № 35. Индекс издания ПИ840.  
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](mailto:pgshavestnik@mail.ru)  
© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2024

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

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

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

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

**Editorial Board:**

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

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

Signed to print – 20.06.2024. Format 60x84 $\frac{1}{4}$ .  
Printed sheets 19,88 Ex. 100, Order No. 35. Postcode ПИ840.  
Unfixed price. Printed at the Publishing and Polygraphic  
Center «Prokrostъ».  
The PPC «Prokrostъ» and Editorial Department address:  
23 Petropavlovskaya, Perm 614990 Russia  
Tel.: +7 (342) 217-95-42. <http://agrovest.psa.ru>  
E-mail: [pgshavestnik@mail.ru](mailto:pgshavestnik@mail.ru)  
© FSBEI HE Perm State Agro-Technological University, 2024

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### АГРОИНЖЕНЕРИЯ

<b>Глушков А.Л., Бурков А.И., Лазыкин В.А., Мокнев В.Ю.</b> Обоснование конструктивных параметров расширительной камеры второй аспирации зерноочистительной машины МПО-30Р «Велес».....	4
<b>Савиных П.А., Казаков В.А., Филипчик В.А.</b> Исследования параметров скреперной установки для перемещения навоза.....	12

### АГРОНОМИЯ

<b>Абдулвалеев Р.Р., Ахияров Б.Г., Валитов А.В., Ахиярова Л.М.</b> Устойчивость гибридов кукурузы к основным болезням и вредителям.....	24
<b>Волкова В.А., Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф.</b> Эффективность дробного азотного питания яровой пшеницы в засушливые годы в Омском Прииртышье.....	32
<b>Галиченко А.П., Бондаренко О.Н., Блинова А.А.</b> Оценка генофонда коллекционных форм Glycine soja по хозяйственно ценным признакам.....	38
<b>Гулянов Ю.А.</b> Направления использования цифровых ресурсов для управления развитием полевых культур.....	45
<b>Курьева А.Г.</b> Конкурсное испытание сортообразцов овса кормового направления в Среднем Предуралье .....	53
<b>Михайлова Н.Н., Елисеева Л.В.</b> Эффективность различных способов применения микробиологических удобрений на горохе в условиях Чувашской Республики.....	59
<b>Прахова Т.Я.</b> Оценка адаптивности сортов и гибридов рапса в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья .....	68
<b>Сабитов М.М.</b> Влияние средств химизации на засоренность посевов, урожайность и качество зерна яровой пшеницы.....	77

---

## CONTENTS

### AGRICULTURAL ENGINEERING

<b>Glushkov A.L., Burkov A.I., Lazykin V.A., Mokiye V.Yu.</b> Justification of the design parameters of the expansion chamber of the second aspiration of the MPO-30R «Veles» grain cleaning machine .....	4
<b>Savinykh P.A., Kazakov V.A., Filipchik V.A.</b> Research on scraper parameters for manure removal .....	12

### AGRONOMY

<b>Abdulvaleev R.R., Akhiyarov B.G., Valitov A.V., Akhiyarova L. M.</b> Resistance of corn hybrids to main diseases and pests.....	24
<b>Volkova V.A., Voronkova N.A., Balabanova N.F.</b> Effectiveness of fractional nitrogen nutrition of spring wheat during dry years in the Omsk Irtysh region.....	32
<b>Galichenko A.P., Bondarenko O.N., Blinova A.A.</b> Assessment of the gene pool of the collection forms of Glycine soja by economically valuable traits.....	38
<b>Gulyanov Y.A.</b> Directions of using digital resources to manage the development of field crops.....	45
<b>Kuryleva A.G.</b> Competitive testing of feed oat varieties in the Middle Urals.....	53
<b>Mikhaylova N.N., Eliseeva L.V.</b> The effectiveness of various methods of applying microbiological fertilizers on peas in conditions of the Chuvash Republic.....	59
<b>Prakhova T.Ya.</b> Assessment of adaptability of rapeseed varieties and hybrids in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region.....	68
<b>Sabitov M.M.</b> The effect of chemicalization agents on the contamination, yield and quality of spring wheat grain.....	77

<b>Сафонова И.В., Аниськов Н.И.</b> Методы диагностики засухоустойчивости тетраплоидных сортов озимой ржи в Северо-Западном регионе России.....	87	<b>Safonova I.V., Aniskov N.I.</b> Methods of diagnostics of drought resistance of tetraploid varieties of winter rye in the conditions of the North-Western region of Russia.....	87
<b>Тулинов А.Г.</b> Определение группы пластичности перспективных гибридов картофеля Республики Коми.....	95	<b>Tulinov A.G.</b> Determination of the plasticity group of promising potato hybrids of the Komi Republic.....	95
<b>Турлакова А.М., Быков С.А., Пожирицкая А.Н., Зайнуллин В.Г.</b> Результаты экологического испытания ранних и среднеранних сортов картофеля селекции Уральского НИИСХ в Республике Коми.....	102	<b>Turlakova A.M., Bykov S.A., Pozhiritskaya A.N., Zainullin V.G.</b> The results of the environmental testing of early and medium-early potato varieties of the Ural research institute of agricultural sciences in the Komi Republic.....	102
<b>ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ</b>		<b>ZOOTECHNY AND VETERINARY</b>	
<b>Кирильцов Е.В.</b> Популяционные исследования основных паразитарных систем диких животных юга Забайкальского края.....	110	<b>Kiriltsov E.V.</b> Population studies of the main parasitic systems of wild animals in the south of the Transbaikalian region.....	110
<b>Косарев М.А., Богова Я.А., Сафина Г.М.</b> Иммуногенные свойства штамма b. abortus 82-Tg при вакцинации и ревакцинации морских свинок.....	119	<b>Kosarev M.A., Bogova Ya. A., Safina G.M.</b> Immunogenic properties of b. Abortus 82-t strain during vaccination and revaccination of guinea pigs.....	119
<b>Латыпова Э.Х., Гафарова Ф.М., Кутлин Н.Г., Гафаров Ф.А.</b> Технологические свойства молока коров при использовании в их рационах премикса «Мегамикс-Оптилак».....	125	<b>Latypova E.Kh., Gafarova F.M., Kutlin N.G., Gafarov F.A.</b> Technological properties of cow's milk when used in their diets the premix «Megamix-Optilak».....	125
<b>Насибуллин Р.Ю., Косарев М.А., Сафина Г.М., Мухарлямова А.З.</b> Обмен аминокислот вакцинных штаммов Brucella abortus при глубинном культивировании.....	132	<b>Nasibullin R.Yu., Kosarev M.A., Safina G.M., Mukharlyamova A. Z.</b> Amino acid exchange of Brucella abortus vaccine strains during submerged cultivation.....	132
<b>Плешков В.А., Смолковская О.В.</b> Эффективность использования ферментного препарата в кормлении лактирующих коров...	139	<b>Pleshkov V.A., Smolovskaya O.V.</b> Effectiveness of use of enzyme preparation in feeding lactating cows.....	139
<b>Сычёва Л.В., Юнусова О.Ю.</b> Эффективность скармливания белкового концентрата суксунским коровам.....	144	<b>Sycheva L.V., Yunusova O.Yu.</b> Effectiveness of feeding protein concentrate to suksun cows.....	144
<b>Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г.</b> Влияние SNP гена лептина на качественные показатели говядины.....	151	<b>Tret'yakova R.F., Kayumov F.G.</b> The effect of the SNP leptin gene on beef quality indicators.....	151

Научная статья

УДК 631.362.36

doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_4

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСШИРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ ВТОРОЙ АСПИРАЦИИ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ МПО-30Р «ВЕЛЕС»

©2024. Андрей Леонидович Глушков<sup>1</sup>, Александр Иванович Бурков<sup>2</sup>, Виктор Алексеевич Лазыкин<sup>3</sup>, Валентин Юрьевич Мокиев<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

<sup>1</sup>glandrey@yandex.ru

**Аннотация.** Зерноочистительная машина МПО-30Р «Велес» предназначена для предварительной и первичной очистки зерна различных культур от примесей на плоских решётах и воздушным потоком до и после решёт. В ряде случаев используется при очистке семенного материала. При этом фуражное зерно, выделенное в пневмосепарирующем канале второй аспирации, смешивается с выделенными лёгкими примесями, что требует дополнительной обработки. Для решения этой проблемы предложено пневмосепарирующий канал второй аспирации снабдить расширительной камерой. Цель работы – обоснование конструктивных параметров расширительной камеры второй аспирации машины МПО-30Р «Велес». Исследование проводили на лабораторной установке второй аспирации машины МПО-30Р шириной 0,32 м в режиме вторичной очистки зерна. Использовались методики планирования многофакторного и однофакторного экспериментов. Изучено влияние основных параметров расширительной камеры на эффект осаждения фуражного зерна и её гидравлическое сопротивление. Определены основные конструктивные параметры расширительной камеры второй аспирации машины МПО-30Р «Велес» с учетом габаритных размеров существующей воздушной системы: глубина выходного окна 0,2 м, отражательная перегородка радиусом кривизны 0,1 м без прямолинейного участка при общей длине и глубине камеры, соответственно, 0,5 м и 0,6 м и глубине отводящего канала 0,12 м. При данных параметрах расширительной камеры эффект осаждения фуражного зерна составил 97,1 %, а её гидравлическое сопротивление – 197,7 Па.

**Ключевые слова:** зерноочистительная машина, расширительная камера, фуражное зерно, эффект осаждения фуражного зерна, гидравлическое сопротивление

**Введение.** Универсальные зерноочистительные машины, как правило, имеют три режима работы: предварительная, первичная и вторичная очистка зерна. Они обычно включают в себя решётную очистку, дорешётную и послерешётную аспирацию. К таким машинам относятся, например, U15 (Petkus, Германия), Delta 144.2 (Cimbria, Дания), МУЗ-4 (Польмя, Республика Беларусь), U-60 («Воронежсельмаш», Россия) и другие [1-10].

Зерноочистительная машина МПО-30Р «Велес» позиционируется производителем (Кировское ПКБ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Киров) как

универсальная. Она предназначена для предварительной и первичной очистки зерна различных культур от примесей на плоских решётах и воздушным потоком до и после решёт [11-13]. В ряде случаев используется и при очистке семенного материала. При этом фракция фуражного зерна (щуплое, дроблёное, мелкое зерно), выделенная в пневмосепарирующем канале (ПСК) второй (послерешётной) аспирации, смешивается с выделенными лёгкими примесями, что требует дополнительной обработки.

Задача, которую необходимо решить, заключается в расширении технологических возможностей пневмосистемы машины

МПО-30Р – возможности эффективной работы как в режимах предварительной, первичной, так и вторичной очистки при допустимых потерях полноценного зерна в отходы.

Для решения поставленной задачи предложено пневмосепарирующий канал второй аспирации в верхней части со стороны отвода снабдить расширительной камерой с отражательной перегородкой и устройством вывода фуражного зерна. За счет этого фуражное зерно, выделенное в ПСК второй аспирации, будет осаждаться в расширительной камере и не смешается с выделенными лёгкими примесями.

*Целью исследования* является обоснование конструктивных параметров расширительной камеры второй аспирации машины МПО-30Р «Велес».

**Методика.** Исследование усовершенствованной второй аспирации машины МПО-30Р проводили на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 1. Установка шириной 0,32 м имеет натуральные размеры в продольно-вертикальной плоскости. Опыты проводили в режиме вторичной очистки зерна с удельной подачей  $1,85 \pm 0,10$  кг/(с·м), что соответствовало производительности реальной машины 8,0 т/ч. Принцип работы лабораторной установки на данном режиме следующий. Обрабатываемый материал через устройство ввода 7 подаётся в пневмосепарирующий канал 6, где под действием воздушного потока, создаваемого радиальным вентилятором (на рисунке не показан), из него выделяется фракция фуражного зерна. Окончательно очищенный материал через устройство 8 выводится из второй аспирации, а фракция фуражного зерна поступает в расширительную камеру 4, где происходит её разделение на фуражное зерно и лёгкие примеси. Фуражное зерно осаждается в расширительной камере 4, и устройством 5 выводится наружу. Лёгкие примеси транспортируются по воздухоотводящему каналу 1 во всасывающую камеру (на рисунке не показана).

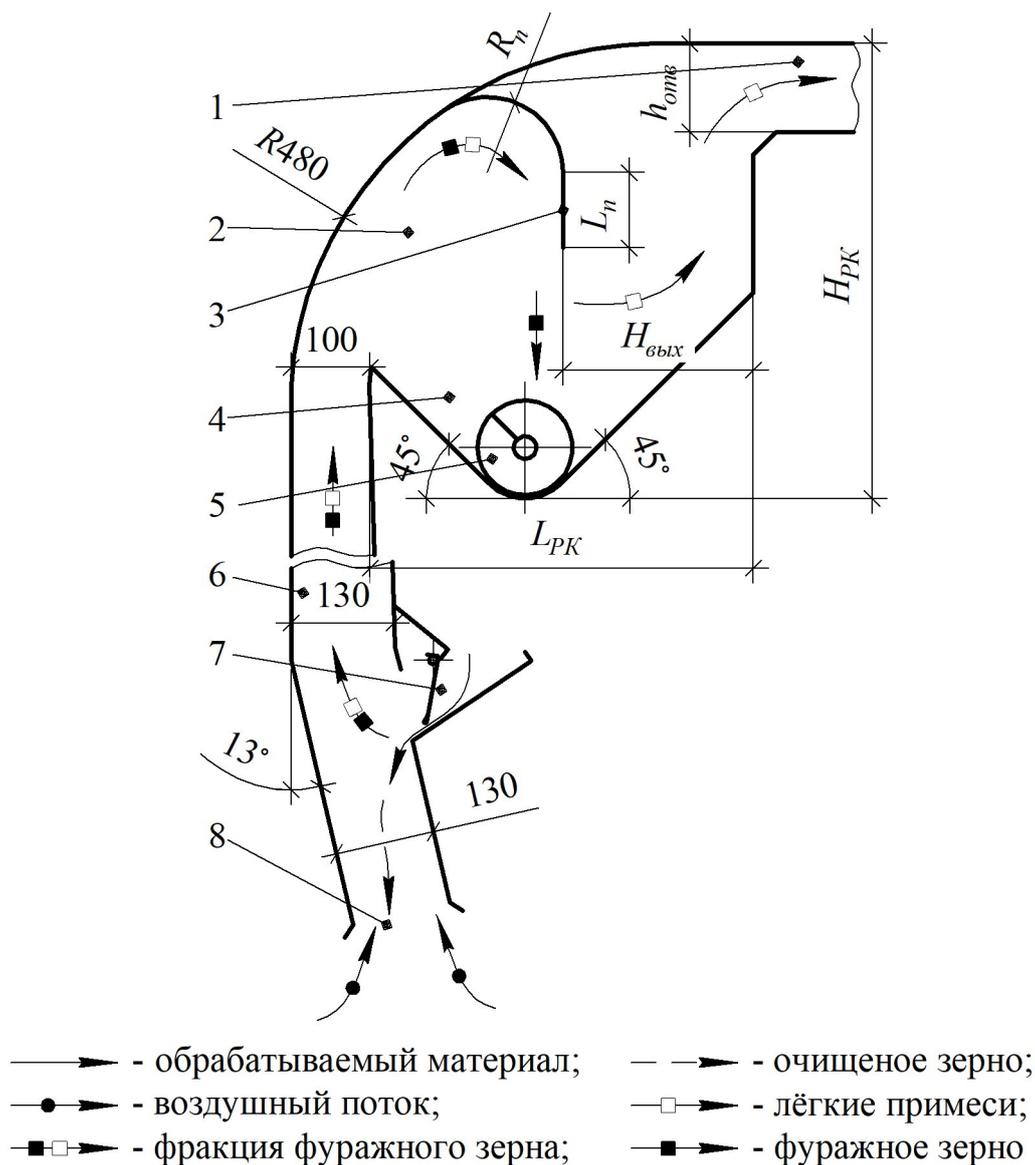
Опыты проводили на зерновой смеси влажностью 14 %, в состав которой входили

следующие компоненты: полноценное зерно – яровая пшеница сорта Баженка с толщиной семян более 2,2 мм (90 %); фуражное зерно – овёс сорта Кировский 2 с толщиной семян менее 1,8 мм (10 %). Масса навески смеси для одной повторности опыта составляла 15 кг. Разделение полученных фракций зерна на компоненты проводили на плоском решете с прямоугольными отверстиями шириной 2,0 мм. Скорость витания овса (фуражное зерно) составляла 4...10 м/с, а пшеницы (полноценное зерно) – 8...13 м/с. При скорости воздуха в ПСК 8 м/с из зерновой смеси теоретически можно выделить до 70% фуражного зерна без потерь полноценного зерна.

Опыты проводили в трёхкратной повторности при постоянных конструктивных параметрах расширительной камеры: её длине и глубине  $L_{PK}=0,5$  м и  $H_{PK}=0,6$  м соответственно, радиусе кривизны отражательной перегородки  $R_n=0,1$  м и глубине отводящего канала  $h_{отв}=0,12$  м. Данные параметры были выбраны на основании результатов проведенных исследований и с учетом габаритных размеров существующей воздушной системы машины МПО-30Р. Скорость воздушного потока в ПСК при исследовании устанавливали на уровне  $10,0 \pm 0,1$  м/с. Потери полноценного зерна во второй аспирации ограничивали на уровне не более 1,5 %.

Качество рабочего процесса оценивали эффектом  $E_{PK}$  осадения фуражного зерна в расширительной камере (отношение массы фуражного зерна, уловленного в расширительной камере, к его массе, выделенной в пневмосепарирующем канале) (%). Кроме этого контролировали гидравлическое сопротивление  $P_{PK}$  расширительной камеры (Па).

Эксперименты проводили с использованием методики планирования многофакторного и однофакторного экспериментов [14]. Адекватность уравнений регрессии оценивали по F-критерию Фишера при уровне значимости 0,05.



1 – воздухоотводящий канал; 2 – отвод пневмосепарирующего канала; 3 – отражательная перегородка; 4 – расширительная камера; 5, 8 – устройства вывода фракций; 6 – пневмосепарирующий канал; 7 – устройство ввода

Рис 1. Схема лабораторной установки второй аспирации машины МПО-30Р «Велес»  
 Fig. 1. Scheme of the laboratory apparatus of the second aspiration of the MPO-30R «Veles» machine

**Результаты.** На первом этапе было проведено исследование влияния глубины  $H_{вых}$  выходного окна расширительной камеры на показатели рабочего процесса. Опыты проводили при длине прямолинейного участка отражательной перегородки  $L_n=0$ . Результаты представлены на рисунке 2.

Максимальные значения эффекта осаждения фуражного зерна

$E_{ПК}=96,4...97,7$  % достигаются при глубине выходного окна расширительной камеры  $H_{вых}=0,10...0,20$  м. При этом гидравлическое сопротивление расширительной камеры имеет минимальные значения ( $P_{ПК} \leq 200$  Па) при глубине ее выходного окна  $H_{вых}=0,20...0,30$  м. Потери полноценного зерна во второй аспирации составили  $0,73...0,80$  %.

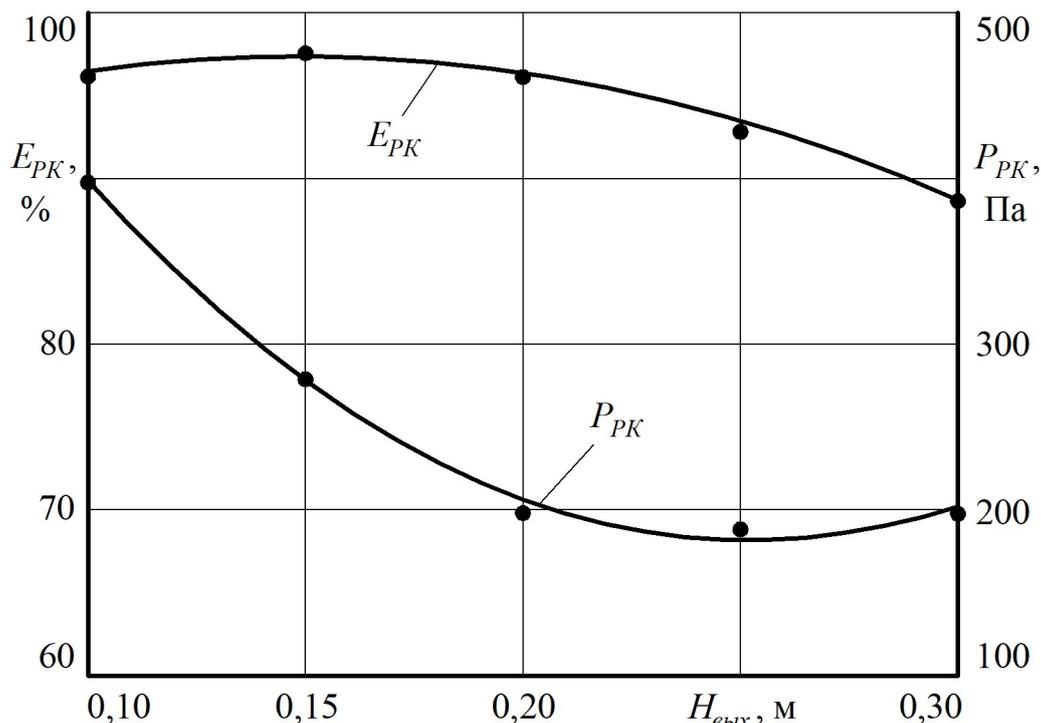


Рис 2. Зависимости показателей рабочего процесса второй аспирации от глубины выходного окна расширительной камеры ( $H_{вых}$ )

Fig. 2. Dependence of the indicators of the second aspiration working process on the depth of the output window of the expansion chamber ( $H_{вых}$ )

Для оптимизации конструктивных параметров расширительной камеры второй аспирации машины МПО-30Р реализован план эксперимента  $3^2$  [15-19]. Факторы, уровни и шаги их варьирования приняты по

результатам проведенных однофакторных опытов и приведены в таблице.

Таблица

Факторы, уровни и шаги их варьирования

Кодированное обозначение факторов	Название факторов, их обозначение и единица измерения	Уровни факторов			Шаги варьирования
		-1	0	+1	
$x_1$	Глубина выходного окна расширительной камеры ( $H_{вых}$ ), м	0,15	0,20	0,25	0,05
$x_2$	Длина прямолинейного участка отражательной перегородки ( $L_n$ ), м	0	0,05	0,10	0,05

В результате получены адекватные (при уровне значимости 0,05) уравнения регрессии эффекта осаждения фуражного

зерна в расширительной камере  $E_{PK}$  (%) и гидравлического сопротивления  $P_{PK}$  (Па):

$$E_{PK} = 96,97 - 1,95x_1 - 0,64x_2 - 0,95x_1^2 - 0,51x_1 \cdot x_2 - 0,53x_2^2 \quad (1)$$

Equation.3

$$P_{PK} = 324,44 - 95,0x_1 + 80,0x_2 + 38,33x_1^2 - 40,0x_1 \cdot x_2 - 46,67x_2^2 \quad (2)$$

Equation.3

Анализ уравнений (1) и (2) проводили с помощью графического изображения линий равных значений критериев оптимизации на плоскости (рисунок 3).

Максимальное значение эффекта осаждения фуражного зерна  $E_{PK}=98,0\%$  достигается при  $x_1=-1$  ( $H_{вых}=0,15$  м) и  $x_2=-$

$0,125$  ( $L_n=0,044$  м), а минимальное значение гидравлического сопротивления расширительной камеры  $P_{PK}=178,0$  Па – при  $x_1=0,72$  ( $H_{вых}=0,235$  м) и  $x_2=-1$  ( $L_n=0$ ). В ходе исследования потери полноценного зерна во второй аспирации составили  $0,72...0,78\%$ .

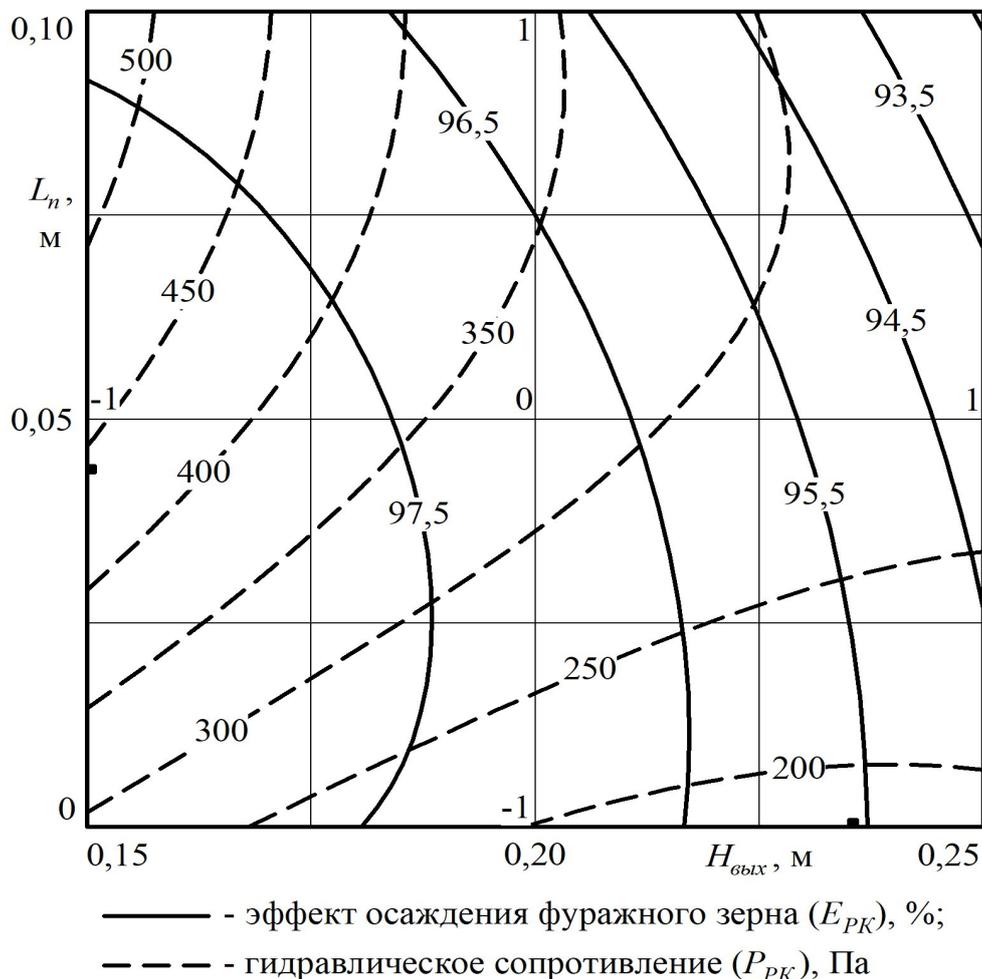


Рис 3. Линии равных значений эффекта осаждения фуражного зерна ( $E_{PK}$ ) и гидравлического сопротивления расширительной камеры ( $P_{PK}$ )

Fig. 3. Lines of equal values of the effect of sedimentation of feed grain ( $E_{PK}$ ) and the hydraulic resistance of the expansion chamber ( $P_{PK}$ )

Из анализа уравнений регрессии (1) и (2), а также рисунка 3 следует, что максимальный эффект  $E_{PK}$  осаждения фуражного зерна и минимальное гидравлическое сопротивление  $P_{PK}$  расширительной камеры достигаются при разном сочетании изучаемых факторов. Поэтому необходимо найти компромиссное решение. Так как эффект осаждения фуражного зерна в расширительной камере имеет достаточно высокие значения ( $E_{PK}=92,5...98,0\%$ ) во всей области эксперимента, то оптимальные

конструктивные параметры расширительной камеры второй аспирации машины МПО-30Р выбираем по допустимым значениям гидравлического сопротивления ( $P_{PK} \leq 200$  Па).

В качестве оптимального выбрано следующее сочетание изучаемых факторов:  $x_1=0$  ( $H_{вых}=0,20$  м);  $x_2=-1$  ( $L_n=0$ ). При этом эффект  $E_{PK}$  осаждения фуражного зерна составляет  $97,1\%$ , а гидравлическое сопротивление  $P_{PK}$  расширительной камеры –  $197,7$  Па.

**Вывод.** Исследованиями второй аспирации машины МПО-30Р «Велес» определены параметры её расширительной камеры: глубина выходного окна  $H_{вых}=0,2$  м, а отражательная перегородка с радиусом кривизны  $R_n=0,1$  м должна быть изготовлена без прямолинейного участка ( $L_n=0$ ) при общей длине и глубине камеры,

соответственно,  $L_{PK}=0,5$  м и  $H_{PK}=0,6$  м и глубине отводящего канала  $h_{отв}=0,12$  м. При этих параметрах эффект  $E_{PK}$  осадения фуражного зерна составляет 97,1 % при допустимых потерях полноценных семян в отходы, а гидравлическое сопротивление  $P_{PK}$  расширительной камеры – 197,7 Па.

#### Список источников

1. Cleaner Detail – PETKUS Technologie GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.petkus.com/products/sorting/cleaners/detail/show-product/1650> (дата обращения: 12.02.2024).
2. Orobinsky V.I., Gievsy A.M., Gulevsky V.A. Prospects for Improving the Technology of Post-harvest Grain and Seed Processing and Technical Means to Implement it // BIO Web of Conferences. 2021. Volume 37, 00140. DOI:10.1051/bioconf/20213700140
3. Vnukov S.K., Shcherbakova A.V., Chernyshov A.V. Air sieve machines // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования. Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов (на иностранных языках). Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, 2021. Рр. 7-11.
4. Бурков А.И. Тенденции развития воздушно-решётных зерноочистительных машин на современном этапе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 2 (63). С. 4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
5. Воздушно-решётные сепараторы МУЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://polymya.com/ru/catalog/separatory-zernoochistitelnye-mashiny/vozdushno-reshetnye-separatory-muz/> (дата обращения: 12.02.2024).
6. Галкин В.Д., Галкин А.Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2021. 234 с. ISBN 978-5-94279-505-4.
7. Галкин В.Д., Найданов А.О. Конструктивно-технологические схемы воздушно-решётных машин для различных технологий очистки // Молодёжная наука 2016: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов. Часть 2. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2016. С. 252-256.
8. Очистка зерна и семян [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vroronezhselfmash.ru/produkcija/ochistka-zerna/> (дата обращения: 12.02.2024).
9. Припоров И.Е. Механико-технологическое обоснование процесса разделения компонентов вороха семян подсолнечника на воздушно-решётных зерноочистительных машинах: монография. Краснодар: КубГАУ, 2016. 212 с. ISBN 978-5-00097-052-2.
10. Решётный очиститель DELTA [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (дата обращения: 12.02.2024).
11. Конышев Н.Л. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств послеуборочной обработки зерна и семян трав. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2018. 348 с. ISBN: 978-5-7352-0152-6.
12. Сысыев В.А., Сычугов Н.П., Савиных П.А., Сычугов Ю.В. Машина МПО-30Р «Велес» и её место на комплексе по очистке и сушке зерна // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции. Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. Т.2. С. 177-181.
13. Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Исупов В.И. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав (монография). Киров: ООО «ВЕСИ», 2015. 404 с.
14. Завалишин Ф.С., Мацнёв М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. М.: Колос, 1982. 231 с.
15. Antony J. Design of Experiments for Engineers and Scientists. Elsevier, 2014. 221 p. DOI: 10.1016/C2012-0-03558-2.
16. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences. New York: Chapman and Hall/CRC, 2006. 456 p. DOI: 10.1201/9781315276021.
17. Lawson J. Design and Analysis of Experiments with R. CRC press, 2014. 618 p. ISBN: 978-1-4987-2848-5.
18. Анисимов Н.П. Об использовании методики планирования эксперимента в соответствии с трёхуровневыми планами Бокса-Бенкена // Вестник магистратуры. 2017. № 2-2 (65). С. 32-36.
19. Селезнёва Е.В., Юрина Т.А. Система автоматизированного планирования эксперимента и получения уравнения регрессии // Вестник СибАДИ. 2014. № 3 (37). С. 84-87.

## JUSTIFICATION OF THE DESIGN PARAMETERS OF THE EXPANSION CHAMBER OF THE SECOND ASPIRATION OF THE MPO-30R «VELES» GRAIN CLEANING MACHINE

©2024. Andrey L. Glushkov<sup>1</sup>, Alexander I. Burkov<sup>2</sup>, Viktor A. Lazykin<sup>3</sup>, Valentin Yu. Mokiye<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

<sup>1</sup>glandrey@yandex.ru

**Abstract.** The MPO-30R «Veles» grain cleaning machine is designed for preliminary and primary cleaning of grain of various crops from impurities on flat sieves and by air flow before and after sieves. In some cases it is used for cleaning seed material. In this case, the feed grain isolated in the aspirating channel of the second aspiration is mixed with the separated light impurities, which requires additional processing. To solve this problem, it is proposed to equip the aspirating channel of the second aspiration with an expansion chamber. The aim of the research is to justify the design parameters of the expansion chamber of the second aspiration of the MPO-30R «Veles» machine. The experiments were carried out on a laboratory apparatus for the second aspiration of a 0.32 m wide MPO-30R machine in the secondary grain cleaning mode. Methods for planning multifactor and single-factor experiments were used. The influence of the main parameters of the expansion chamber on the sedimentation effect of feed grain and its hydraulic resistance was studied. The main design parameters of the expansion chamber of the second aspiration of the MPO-30R «Veles» machine were determined, taking into account the overall dimensions of the existing air system: the depth of the exit window is 0.2 m, a reflective partition with a radius of curvature of 0.1 m without a rectilinear section with a total length and depth of the chamber of 0.5 m and 0.6 m, respectively, and a depth of the outlet channel of 0.12 m. With these parameters of the expansion chamber, the effect of feed grain sedimentation was 97.1%, and its hydraulic resistance was 197.7 Pa.

**Key words:** grain cleaning machine, expansion chamber, feed grain, effect of sedimentation of feed grain, hydraulic resistance

#### References

1. Cleaner Detail – PETKUS Technologie GmbH [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://www.petkus.com/products/sorting/cleaners/detail/show-product/1650> (data obrashcheniya: 12.02.2024).
2. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Gulevsky V.A. Prospects for Improving the Technology of Post-harvest Grain and Seed Processing and Technical Means to Implement it, BIO Web of Conferences, 2021., Volume37, 00140. DOI:10.1051/bioconf/20213700140
3. Vnukov S.K., Shcherbakova A.V., Chernyshov A.V. Air sieve machines, Aktual'nye problemy agrarnoi nauki, proizvodstva i obrazovaniya, Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov (na inostrannykh yazykakh), Voronezh, Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni Imperatora Petra I, 2021, pp. 7-11.
4. Burkov A.I. Tendentsii razvitiya vozdušno-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashin na sovremennom etape (Trends in development of air screen grain cleaners at present), Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018, No. 2 (63), pp. 4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
5. Vozdušno-reshetnye separatory MUZ (Air-sieve separators MUZ) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://polymya.com/ru/catalog/separatory-zernoochistitelnye-mashiny/vozdušno-reshetnye-separatory-muz/> (data obrashcheniya: 12.02.2024).
6. Galkin V.D., Galkin A.D. Tekhnologii, mashiny i agregaty posleuborochnoi obrabotki zerna i podgotovki semyan (Technologies, machines and aggregates of post-harvest grain processing and seed preparation), Perm', IPTs Prokrost, 2021, 234 p. ISBN 978-5-94279-505-4.
7. Galkin V.D., Naidanov A.O. Konstruktivno-tekhnologicheskie skhemy vozdušno-reshetnykh mashin dlya razlichnykh tekhnologii ochistki (Structural and technological schemes of air-sieve machines for various cleaning technologies), Molodezhnaya nauka 2016: tekhnologii, innovatsii, Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, Perm', IPTs Prokrost, 2016, pp. 252-256.
8. Ochistka zerna i semyan (Grain and seed cleaning) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://voronezhselmash.ru/produkcija/ochistka-zerna/> (data obrashcheniya: 12.02.2024).
9. Priporov I.E. Mekhaniko-tekhnologicheskoe obosnovanie protsessa razdeleniya komponentov vorokha semyan podsolnechnika na vozdušno-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashinakh: monografiya (Mechanical and technological justification for the process of separating the components of a heap of sunflower seeds on air-sieve grain cleaning machines: monograph), Krasnodar, KubGAU, 2016, 212 p. ISBN 978-5-00097-052-2.

10. Reshetnyi ochistitel' DELTA (DELTA Screen Cleaner) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (data obrashcheniya: 12.02.2024).
11. Konyshhev N.L. Razrabotka i sovershenstvovanie tekhnologicheskikh linii i tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoi obrabotki zerna i semyan trav (Development and improvement of technological lines and technical means for post-harvest processing of grain and grass seeds), Kirov, FGBNU FANTs Severo-Vostoka, 2018, 348 p. ISBN: 978-5-7352-0152-6.
12. Sysuev V.A., Sychugov N.P., Savinykh P.A., Sychugov Yu.V. Mashina MPO-30R «Veles» i ee mesto na komplekse po ochistke i sushke zerna (Machine MPO-30R «Veles» and its role in the complex of cleaning and drying of grain), Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Minsk, NPTs NAN Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva, 2014, Volume 2, pp. 177-181.
13. Sychugov N.P., Sychugov Yu.V., Isupov V.I. Mashiny, agregaty i komplekсы posleuborochnoi obrabotki zerna i semyan trav (monografiya) (Machines, aggregates and complexes for post-harvest processing of grain and grass seeds (monograph)), Kirov, OOO «VESI», 2015, 404 p.
14. Zavalishin F.S., Matsnev M.G. Metody issledovaniy po mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva (Methods of research on the mechanization of agricultural production), Moskva, Kolos, 1982, 231 p.
15. Antony J. Design of Experiments for Engineers and Scientists, Elsevier, 201, 221 p. DOI: 10.1016/C2012-0-03558-2.
16. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences, New York, Chapman and Hall/CRC, 2006, 456 p. DOI: 10.1201/9781315276021.
17. Lawson J. Design and Analysis of Experiments with R, CRC press, 2014, 618 p. ISBN: 978-1-4987-2848-5.
18. Anisimov N.P. Ob ispol'zovanii metodiki planirovaniya eksperimenta v sootvetstvie s trekhurovnevymi planami Boksa-Benkena (On the use of method of experiment planning in compliance with three-level Box-Behnken designs), Vestnik magistratury, 2017, No. 2-2 (65), pp. 32-36.
19. Selezneva E.V., Yurina T.A. Sistema avtomatizirovannogo planirovaniya eksperimenta i polucheniya uravneniya regressii (System for automated experiment planning and obtaining the regression equation), Vestnik SibADI, 2014, No. 3 (37), pp. 84-87.

#### *Сведения об авторах*

**А.Л. Глушков**<sup>1</sup> – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>;  
**А.И. Бурков**<sup>2</sup> – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>;  
**В.А. Лазыкин**<sup>3</sup> – канд. техн. наук, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>;  
**В.Ю. Мокиев**<sup>4</sup> – канд. техн. наук, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>.  
<sup>1,2,3,4</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Россия, 610007  
<sup>1</sup>[glandrey@yandex.ru](mailto:glandrey@yandex.ru)

#### *Information about the authors*

**A.L. Glushkov**<sup>1</sup> – Cand. Tech. Sci., Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>;  
**A.I. Burkov**<sup>2</sup> – Dr. Tech. Sci., Professor, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>;  
**V.A. Lazykin**<sup>3</sup> – Cand. Tech. Sci., Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>;  
**V.Yu. Mokiyev**<sup>4</sup> – Cand. Tech. Sci., Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>;  
<sup>1,2,3,4</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a, Lenina street, Kirov, Russia, 610007  
<sup>1</sup>[glandrey@yandex.ru](mailto:glandrey@yandex.ru)

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 20.02.2024; одобрена после рецензирования 28.03.2024; принята к публикации 20.05.2024*  
*The article was submitted 20.02.2024; approved after reviewing 28.03.2024; accepted for publication 20.05.2024*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НАВОЗА

©2024. Пётр Алексеевич Савиных<sup>1</sup>, Владимир Аркадьевич Казаков<sup>2</sup>, Виталий Анатольевич Филипчик<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", Киров, Россия

<sup>1</sup>[peter.savinyh@mail.ru](mailto:peter.savinyh@mail.ru)

**Аннотация.** Для молочной фермы на 200 голов с привязным содержанием животных разработана скреперная установка для удаления навоза, с рабочими органами, смонтированными на транспортёре при помощи шарниров консольными скреперами с двумя степенями свободы горизонтального и вертикального действия; новизна схемы установки подтверждена патентом RU №2494612 на изобретение. Целью исследований является теоретическое определение энергоёмкости рабочего процесса новой скреперной установки в зависимости от конструктивных параметров скрепера и физических свойств удаляемого навоза. Для этого рабочий процесс – реверсивное движение скрепера в канале – разделили на циклы, в зависимости от количества  $n$  скребков установки каждый цикл разбили на 5 этапов; затем для каждого из этапов движения разработали расчётные схемы, согласно которым определяли их энергоёмкость с последующим суммированием. Для определения энергоёмкости этапов использованы математические зависимости, показывающие влияние параметров рабочего органа и всей установки – ширины  $b$  и высоты  $h$  скребка консольного скрепера, скорости его движения  $v$ , расстояния  $L$  между скреперами, высоты слоя навоза  $h_0$ , количества перемещаемой массы  $m$ , коэффициента трения навоза  $f$ , и др., – на энергетические показатели каждого из 5-и циклов –  $A_{цикл 1} \dots A_{цикл 5}$ , а также на затраты энергии  $\sum A_{прив.}$  всего процесса уборки навоза. Теоретически установлено, что затраты энергии  $\sum A_{прив.} = 800 \dots 1400$  КДж на рабочий процесс установки при  $b = 0,4 \dots 0,6$  м и  $h_0 = 0,04 \dots 0,06$  м минимальны при количестве рабочих органов  $n=6 \dots 10$  шт.; при  $h_0 = 0,08 \dots 0,1$  м величина  $\sum A_{прив.} = 1000 \dots 2400$  КДж минимальна также при  $n = 6 \dots 10$  шт. Результаты исследований найдут применение при проектировании энергоэффективных систем удаления навоза.

**Ключевые слова:** тело волочения, ферма, транспортёр, энергозатраты, технологическая схема

**Введение.** По данным различных исследований, в настоящее время в регионе Евро-Северо-Востока Российской Федерации эксплуатируются тысячи единиц механических средств навозоудаления, из которых 80 % являются устаревшими и неэффективными. Поэтому разработка и создание современных, высокотехнологичных, энергоэффективных и функциональных систем удаления навоза является важной актуальной задачей для повышения эффективности ведения животноводческой отрасли. Для ферм с привязным содержанием КРС в исследуемом регионе необходимо решить как минимум четыре проблемы навозоудаления путём

создания эффективных технологий и технических средств, способных убирать навоз с наименьшими энергозатратами, наибольшей производительностью [1, 2, 3]:

-снижение загрязнения окружающей среды;

-снижение хронического отравления КРС и людей;

-снижение затрат на уборку одной тонны навоза;

-сохранение удобрительных свойств навоза.

Для обеспечения эффективности разработки нового технического средства важным фактором является методика научного исследования проблемы и ее

критериальная оценка. Для этого необходимо иметь представление о методах научных исследований, теоретических расчетах, и результатах исследований, предшествующих данной научной работе. Вопрос удаления навоза всегда стоял остро, и занимался им достаточно широкий круг специалистов и ученых как Дальнего зарубежья [4, 5, 6], Республики Беларусь [7, 8], так и РФ [9, 10, 11], при этом большинством из них используется традиционная методика исследований, разработанная для расчёта цепочно-скребковых транспортеров, штанговых скребковых транспортеров и скреперных установок.

Для теоретических исследований энергоанализа систем навозоудаления в основу существующей методики входят:

- определение физико-механических свойств навоза;
- определение величины подачи;
- расчет тягового усилия;
- подбор двигателя и передаточного числа редуктора.

Данной методикой теоретических исследований придерживаются ученые: Н.Г. Соминич, С. В. Мельников, В.Э. Вейнла, Н.Г. Ковалев, П.И. Гриднев, и др. [9, 12].

Анализ существующих систем и устройств навозоудаления, их технических и технологических характеристик, а также опыт эксплуатации показывает, что практически каждое из них имеет свои недостатки. Сделан вывод, что исследования, в том числе теоретические, параметров технологий и устройств на ранних этапах разработки позволят повысить их эффективность, снизить количество недостатков и получить на выходе объект с заранее планируемыми свойствами.

*Целью исследований* является разработка схемы навозоуборочного транспортёра (скреперной установки) для помещения молочной фермы на 200 голов КРС и его рабочего органа – консольного скрепера (скребка), а также теоретическое определение энергоёмкости рабочего процесса новой скреперной установки в зависимости от конструктивных параметров скрепера и физических свойств удаляемого навоза.

В данной статье представлена схема и принцип работы вновь разработанной авторами перспективной скреперной установки для перемещения навоза, монтируемой на фермах КРС на 200 голов с

привязным содержанием животных (новизна технических решений подтверждена патентом RU №2494612 на изобретение), а также теоретический расчёт её энергопотребления. Данный расчёт отличается от приведённых в предыдущих исследованиях разделением технологического процесса навозоудаления на более простые составляющие (циклы, этапы); определяется энергоёмкость каждого из них с последующим суммированием – таким образом получаем полные затраты энергии на технологический процесс навозоудаления.

Представленная методика расчёта энергопотребления является перспективной и может применяться и для других конструктивно-технологических схем, например, навозоудаления, разбивкой рабочего процесса на элементарные составляющие с последующими исследованиями каждой из них и обобщением полученных результатов.

**Методика.** Исследования проведены в период 2012...2023 гг. в г. Кирове на научно-производственной базе ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, результаты исследований применены при разработке новых технологических линий и технических средств для удаления навоза с ферм привязного содержания КРС [13].

На животноводческих фермах Волго-Вятского региона и Российской Федерации в целом при привязном способе содержания КРС используются различные марки и виды технических средств навозоудаления: скребковые транспортеры кругового движения отечественных марок ТСН-3.0Б и ТСН-160А, ТСН-160 Б и зарубежных «MIRO» (Франция), шнековые ТШГ, ТШН, КШТ, КОШ, ШТН, штанговые отечественных марок ТС-1, ТШ-30А, ТШ-300, и зарубежные HRB «De Laval» (Швеция), и «MIRO» (Франция) [14].

Рабочим органом скребковых транспортеров кругового действия семейства ТСН и «MIRO» является цепь со скребком: конструкции скребков, поворотных звездочек, цепи и крепления скребков у марок ТСН разные (рис. 1).

Скрепер штанговый HRB (рис. 2, а) состоит из штанги в виде профильной трубы с закрепленными на ней скребками. Скребки имеют одну степень свободы и совершают движение вокруг оси крепления.

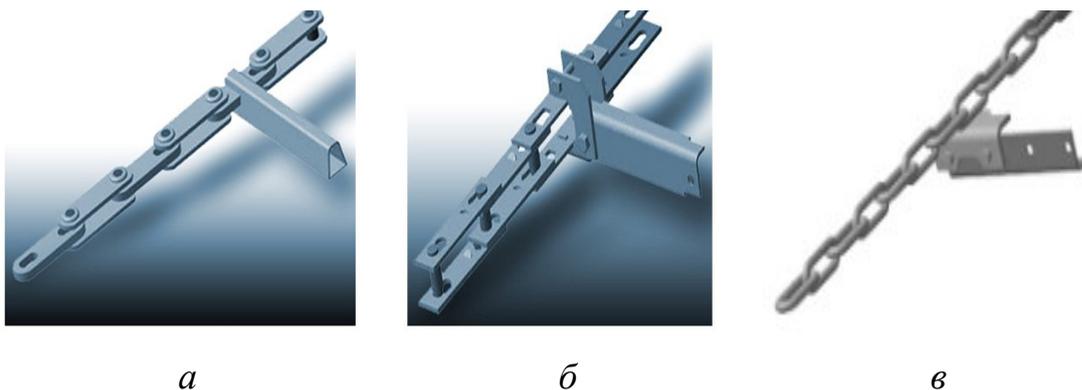


Рис 1. Рабочие органы транспортеров ТСН-2-0,Б (а), ТСН-3-0,Б(б), ТСН-160Б (в)  
 Fig. 1. Working bodies of conveyors TSN-2-0, B (a), TSN-3-0,B(б), TSN-160B(в)

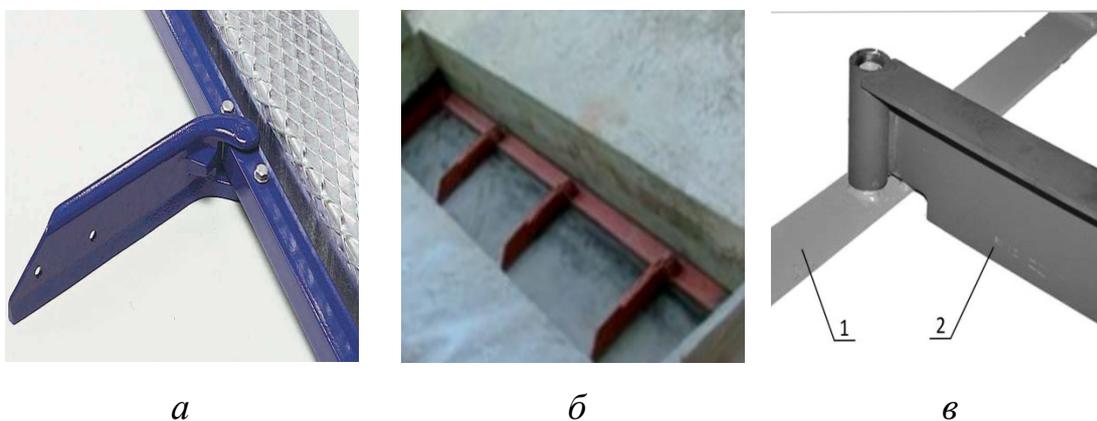


Рис 2. Рабочие органы установок HRB (а), «МИРО» (б), ТШ-300 (в)(схема)  
 Fig. 2. Working bodies of installations HRB (a), "MIRO" (б), TSh-300 (в) (diagram)

Штанговый транспортер «МИРО» (рис. 2, б) состоит из U-образного профиля с закрепленными на нем скребками с шагом 0,4 ... 0,5м. Скребки имеют одну степень свободы и совершают движение вокруг оси крепления. Штанговый транспортер ТШ – 300 (рис. 2, в) состоит из штанги 1 в виде полосы толщиной 8 мм с наваренными на нее пальцами, на которые надеваются скребки 2. Скребки прямоугольной формы совершают движение вокруг оси пальца.

Рабочим органом шнековых транспортеров марок ТШН, ТШГ, КШН, КШТ является винтовой конвейер.

Анализ уровня техники по системам навозоудаления и их рабочим органам [9, 10, 11, 15], применяемым при привязном содержании КРС, показал, что наиболее перспективным признано применение

штанговых транспортеров уборки навоза; при этом имеют место недостатки конструкции их рабочих органов (скребков): малая площадь контакта поверхности рабочего органа с материалом, недостаточная степень свободы скребков, и др.

В ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока проведён теоретический расчёт энергопотребления рабочего (технологического) процесса новой установки по следующей (новой) методике:

- определение сущности рабочего процесса – реверсивное движение рабочих органов, смещающих навоз в сторону удаления из животноводческого помещения;
- разделение технологического процесса на циклы и определение их количества, исходя из необходимости полного удаления навоза из помещения фермы;

- разбивка цикла на этапы;
- разработка расчётных схем для каждого этапа;
- расчёт энергоёмкостей каждого этапа движения рабочего органа;
- определение энергоёмкости одного цикла (суммирование энергоёмкостей этапов);
- определение полных затрат энергии на технологический процесс навозоудаления (энергоёмкость одного цикла умножали на количество циклов).

Теоретические исследования основаны на положениях классической механики, математики, физики; обработка полученных

результатов проводилась с использованием системного анализа и статистики, пакета прикладных программ «Microsoft Excel», «MathCAD», «Statgraphics Plus», «Компас-3D» на персональном компьютере.

**Результаты.** Конструктивно-технологическая схема эффективной скреперной установки (транспортёра) удаления навоза для фермы КРС на 200 гол., разработанная в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (согласно патенту RU №2494612 на изобретение), представлена на рисунке 3.

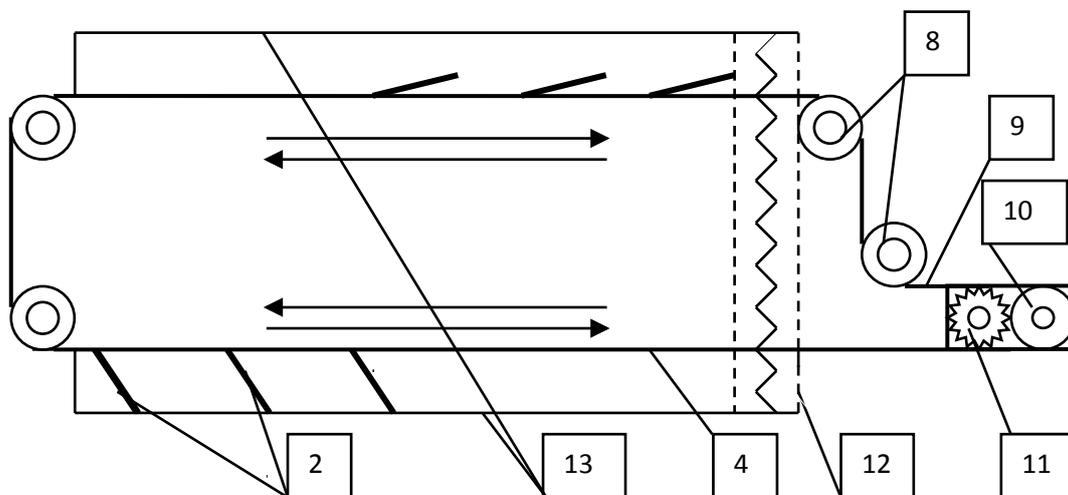


Рис 3. Схема скреперной установки для удаления навоза: 2- скребок (консольный скрепер), 4- приводная цепь, 8 - ролики, 9, 10, 11- приводная станция, 12- поперечный канал с транспортером ТШГ, 13- продольный канал

Fig. 3. Scheme of a scraper installation for manure removal: 2 - scraper (cantilever scraper), 4 - drive chain, 8 - rollers, 9, 10, 11 - drive station, 12 - transverse channel with TShG conveyor, 13 - longitudinal channel

Основным рабочим органом установки является консольный скрепер (рис. 3), состоящий из основания (ползун 1), прямоугольного скребка 2 с ребром жёсткости и уплотняющей резиновой накладкой по периметру. Скребок 2 и ползун 1 соединены

между собой посредством шарнира с двумя степенями свободы. Ползун 1 скребка 2 закреплен на цепи 4, которая перемещает его по направляющей каналов 13. Цепь 4 приводится в движение приводом 9, 10, 11.

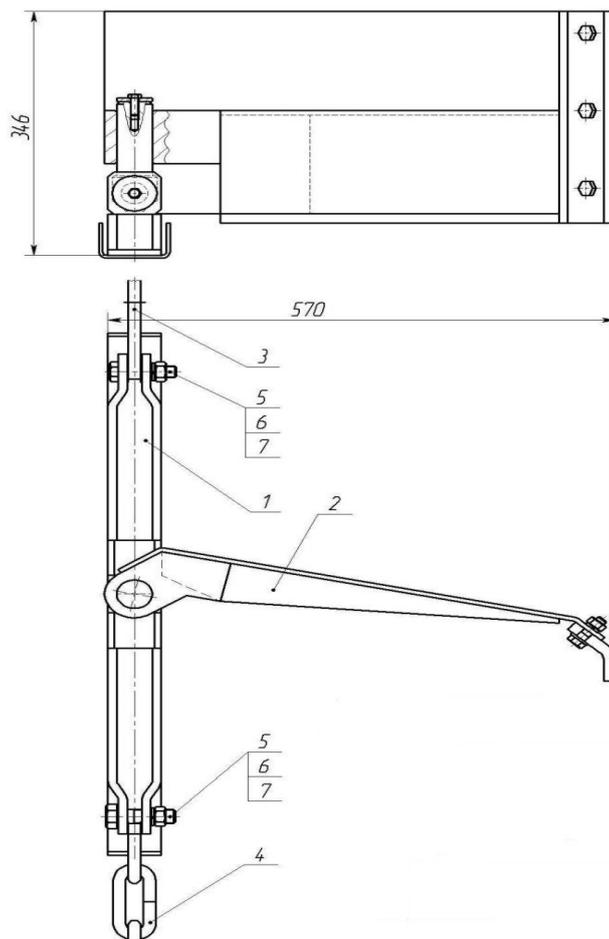


Рис 4. Схема консольного скрепера навозоуборочного транспортера: 1 – ползун; 2 – скребок; 3 – штанга; 4 – цепь; 5, 6, 7 – болтовые соединения  
 Fig. 4. Diagram of a cantilever manure scraper conveyor: 1 – slider; 2 – scraper; 3 – rod; 4 – chain; 5, 6, 7 – bolted connections

Транспортёр для уборки навоза работает следующим образом. Цепь транспортёра 4 с закрепленными на консольными скреперами 2, с помощью приводной станции 9, 10, 11 движется возвратно-поступательно в каналах 13, в которых собирается навозная масса. При движении скрепера 2 вправо (рис. 4, нижняя ветка транспортёра) его скребок под действием сил от перемещения навоза поворачивается вокруг оси шарнира, раскрывается, захватывает определённое количество навоза и смещает его в направлении канала 12. При этом же движении транспортёра 4 его скрепера на верхней ветке совершают холостой ход влево – их скребки закрываются вокруг оси шарнира – таким образом навозная масса не перемещается в противоположную от лотка 12 сторону. При реверсировании движения

цепи транспортёра у находящихся в верхнем лотке скрепков происходит рабочий ход, в нижнем – холостой ход. Таким образом навоз смещается в нужном направлении и попадает в поперечный канал 12, откуда транспортёром ТШГ выгружается за пределы животноводческого помещения (рис. 3).

Проведены *теоретические исследования* рабочего процесса скреперной установки, – определены затраты энергии на процесс удаления навоза (на привод транспортера), руководствуясь [16], суммированием работ на перемещение порций навоза скребками по лотку. Для этого реверсивное движение консольного скрепера в канале разделили на 5 этапов, затем получили математические выражения, дающие возможность определения величины энергозатрат на осуществление каждого из них.

1-й этап – начало движения скрепера, формирование тела волочения до начала его перемещения (рис. 5).

Перед началом работы лоток шириной  $b$  заполнен навозом общей массой  $M_n$  (с плотностью  $\rho$  и коэффициентом трения  $f$  о материал лотка) на высоту  $h_0$ , скребки транспортёра количеством  $n$  и массой  $m_{ск}$  каждого из них на расстоянии  $L$  друг от друга

неподвижны. С началом движения и до своего перемещения со скоростью  $v$  на расстояние  $a$  скребок образует из навозной массы тело волочения – прямоугольную призму. Работу внешних сил на данном этапе движения находили, используя теорему об изменении кинетической энергии всей системы навозоудаления:

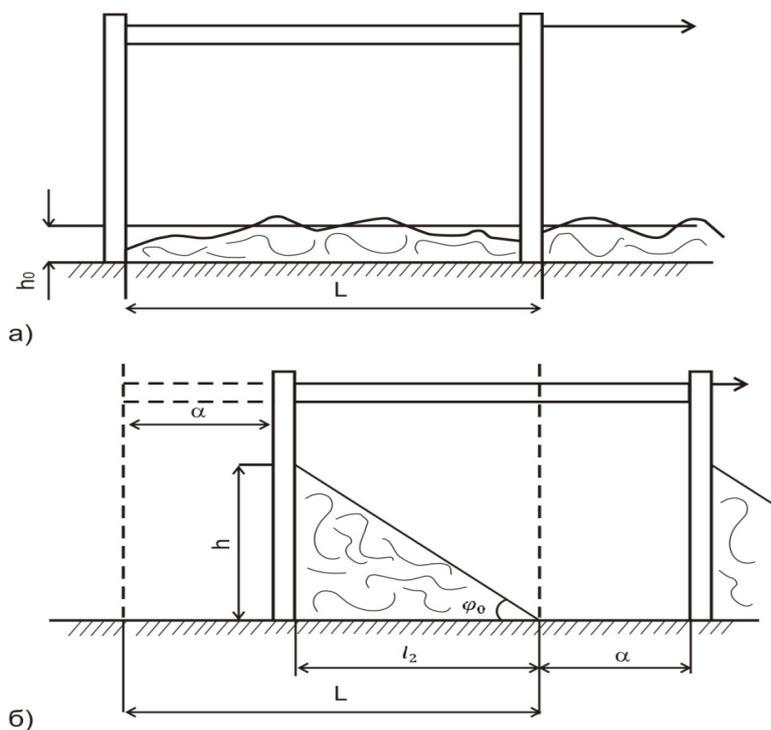


Рис 5. Перемещение скрепка с порцией навоза на 1-м этапе движения: а – состояние покоя, б – сформированное тело волочения  
 Fig. 5. Moving the scraper with a portion of manure at the 1st stage of movement: a – state of rest, b – formed drawing body

Перед началом работы лоток шириной  $b$  заполнен навозом общей массой  $M_n$  (с плотностью  $\rho$  и коэффициентом трения  $f$  о материал лотка) на высоту  $h_0$ , скребки транспортёра количеством  $n$  и массой  $m_{ск}$  каждого из них на расстоянии  $L$  друг от друга неподвижны. С началом движения и до своего

перемещения со скоростью  $v$  на расстояние  $a$  скребок образует из навозной массы тело волочения – прямоугольную призму. Работу внешних сил на данном этапе движения находили, используя теорему об изменении кинетической энергии всей системы навозоудаления:

$$T - T_0 = A^e - A^i, \tag{1}$$

где  $T = \frac{(m+m_{ск}) \cdot v^2}{2}$  – кинетическая энергия механической системы в конце движения, а  $T_0 = 0$  – её начальное значение;  $A^e, A^i$  – работа внешних и внутренних сил соответственно:

$$A^e = A_{mg} + A_{тр} + A_{прив}; A^i = A_{деф} = -\frac{1}{2} mg \cdot f_0 \cdot a;$$

где  $A_{mg} = -mgH_c$  – работа сил тяжести,  $H_c$  – расстояние от центра тяжести порции навоза от дна лотка;  $A_{тр} = A_{тр1} + A_{тр2}$  – работа сил трения о поверхность при перемещении скрепка на расстояние  $a$ :

$$A_{\text{тр1}} = -\left(\frac{1}{2}m + m_{\text{ск}}\right)g \cdot f \cdot a, \quad A_{\text{тр2}} = \frac{1}{6}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot a,$$

где  $f_{\text{вн}}$  – внутренний коэффициент трения.

После необходимых математических преобразований и подстановок получаем выражение, с помощью которого определяется работа 1-го этапа на перемещение формируемой порции навоза:

$$A_{\text{прив}} = \frac{(m + m_{\text{ск}})v^2}{2} + mgH_c + \left(\frac{1}{2}m + m_{\text{ск}}\right)g \cdot f \cdot a + \frac{1}{6}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot a + \frac{1}{2}mg \cdot f_0 \cdot a. \quad (2)$$

2-й этап движения консольного скрепера с порцией навоза условно представлен на рисунке 6 и является установившимся.

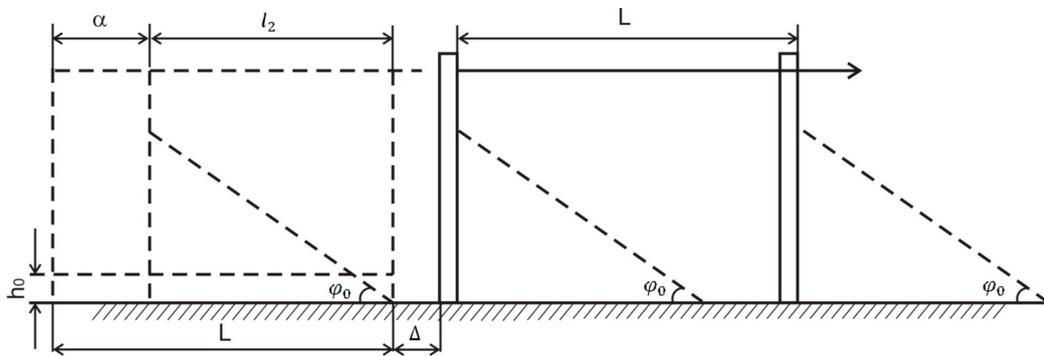


Рис 6. Перемещение тела волочения (порции навоза) на втором этапе движения скреперной установки

Fig. 6. Movement of the drawing body (portion of manure) at the second stage of movement of the scraper installation

Этап характеризуется постоянным и равномерным движением механических устройств и перемещаемой массы навоза, затраты энергии на деформацию сформированной порции навоза отсутствуют. Отсюда следует, что затраты энергии 2-го

этапа движения на привод системы навозоудаления равны работе сил внешнего трения, так как кинетическая энергия постоянна, а деформации сформированного на первом этапе движения тела волочения нет:

$$A_{\text{прив2}} = (m + m_{\text{ск}})g \cdot f \cdot (l_2 + \Delta) + \frac{1}{3}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot (l_2 + \Delta), \quad (3)$$

где  $\Delta$  – минимальное расстояние между порцией навоза и впереди идущим скребком,  $l_2$  – длина контакта порции навоза с дном лотка.

3-й этап движения – рабочий орган (скребок) навозоуборочного транспортёра совершает входную, двигаясь на величину  $(L + \Delta)$  (рис. 7) в противоположную от

перемещения навоза сторону в закрытом состоянии. Величина работы на осуществление данного этапа движения находится по следующему выражению:

$$A_{\text{прив3}} = m_{\text{ск}}g \cdot f \cdot (L + \Delta) + \frac{m_{\text{ск}} \cdot v^2}{2}. \quad (4)$$

Второе слагаемое правой части выражения (4) представляет собой энергию, потраченную на разгон скребка с 0 до величины  $v$ .

равную  $\Delta$ , его раскрытием под действием сил со стороны следующей перед ним порции навоза. Работа на осуществление 4-го этапа движения находится по выражению:

4-й этап движения представляет собой перемещение скребка вперёд на величину,

$$A_{\text{прив4}} = \frac{(m + m_{\text{ск}}) \cdot v^2}{2} + mgH_{c4} + \left(m_{\text{ск}} + \frac{1}{2}m\right) g \cdot f \cdot \Delta + \frac{1}{6}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot \Delta + \frac{1}{2}mg \cdot f_0 \cdot \Delta, \quad (5)$$

где  $H_{c4} = (h - \Delta \cdot tg\varphi_0) \frac{\Delta^2}{l_2^2}$ .

На пятом этапе движения скребок сформированную порцию навоза на длину консольного скрепера перемещает  $L$ :

$$A_{\text{прив5}} = (m + m_{\text{ск}}) g \cdot f \cdot L + \frac{1}{3}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot L, \quad (6)$$

Следующий этап исследований – определяет как совокупность его движений от начала до возвращения в исходную точку; определение работы всей системы от начала до возвращения в исходную точку; навозоудаления, состоящей из суммы работ количество циклов зависит от количества циклов рассматриваемого технологического скребок.

Цикл движения скребка *Первый цикл:*

$$A_{\text{прив}} = \frac{(m + m_{\text{ск}}) v^2}{2} + mgH_c + \left(\frac{1}{2}m + m_{\text{ск}}\right) g \cdot f \cdot a + \frac{1}{6}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot a + \frac{1}{2}mg \cdot f_0 \cdot a, \quad (7)$$

$$A_{\text{прив2}} = (m + m_{\text{ск}}) g \cdot f \cdot (l_2 + \Delta) + \frac{1}{3}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot (l_2 + \Delta), \quad (8)$$

$$A_{\text{прив3}} = m_{\text{ск}} g \cdot f \cdot (L + \Delta) + \frac{m_{\text{ск}} \cdot v^2}{2}. \quad (9)$$

*Второй цикл:*

$$A_{\text{прив4}} = \frac{(m + m_{\text{ск}}) \cdot v^2}{2} + mgH_{c4} + \left(m_{\text{ск}} + \frac{1}{2}m\right) g \cdot f \cdot \Delta + \frac{1}{6}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot \Delta + \frac{1}{2}mg \cdot f_0 \cdot \Delta, \quad (10)$$

$$A_{\text{прив5}} = (m + m_{\text{ск}}) g \cdot f \cdot L + \frac{1}{3}a^2 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot f_{\text{вн}} \cdot f \cdot L, \quad (11)$$

$$A_{\text{прив3}} = m_{\text{ск}} g \cdot f \cdot (L + \Delta) + \frac{m_{\text{ск}} \cdot v^2}{2}. \quad (12)$$

С использованием выражений (1) ... расчёта представлены графически на (12) произведён расчёт затрат энергии рисунках 7 и 8.

$\Sigma A_{\text{прив}}$  на привод транспортёра. Результаты

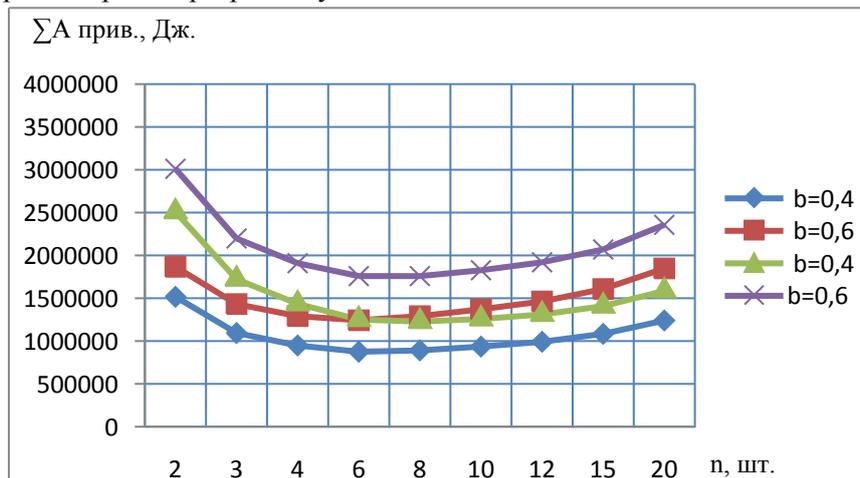


Рис 7. Затраты энергии  $\Sigma A_{\text{прив}}$  на привод рабочих органов навозоуборочного транспортёра в зависимости от ширины канала  $b$

установки, количества рабочих органов  $n$  при  $h_0 = 0,04$  м и  $h_0 = 0,06$  м

Fig. 7. Energy consumption for driving the working parts of a manure harvesting conveyor depending on the channel width  $b$  of the installation, number of working bodies  $n$  at  $h_0 = 0.04$  m and  $h_0 = 0.06$  m

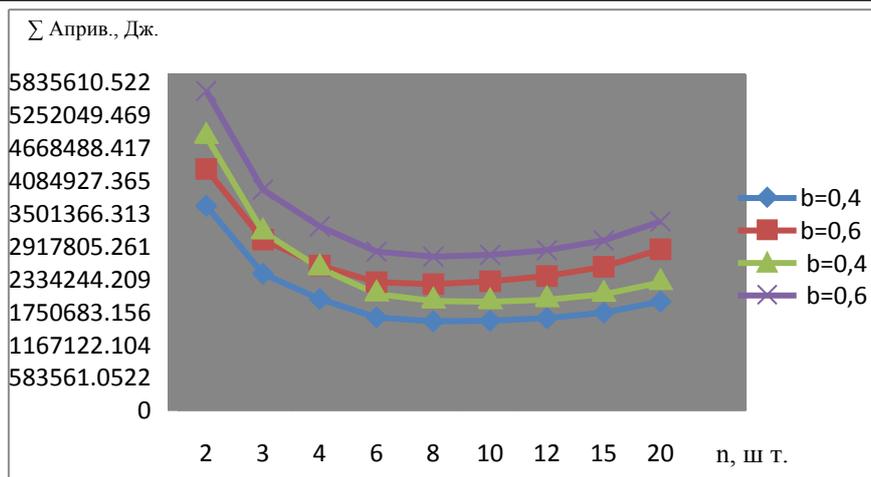


Рис 8. Затраты энергии  $\Sigma$  прив. на привод рабочих органов навозоуборочного транспортёра в зависимости ширины канала  $b$ , м, количества скребков  $n$ , шт, при  $h_0 = 0,08$  м и  $h_0 = 0,1$  м  
 Fig. 8. Energy consumption for driving working parts of a manure conveyor depending on channel width  $b$ , m, number of scrapers  $n$ , pcs., at  $h_0 = 0.08$  m and  $h_0 = 0.1$  m

Графические зависимости показывают изменение величины затрат энергии (выполненной работы)  $\Sigma A_{прив.}$  от конструктивных и технологических параметров исследуемой навозоудаляющей установки: количества скребков (скреперов)  $n$ , ширины канала  $b$ , длины перемещения тела волочения  $L$ , высоты слоя навоза  $h_0$  и коэффициента его трения  $f$  о материал лотка, плотности навоза, и др.

Анализ графических зависимостей говорит о том, что наиболее оптимальное количество скребков  $n$  находится в пределах от 6 до 10 шт., если  $h_0 = 0,04 - 0,1$  м, при этом механическая работа (затраты энергии)  $\Sigma A_{прив.}$  принимает минимальные значения. С увеличением высоты навоза  $h_0$  в канале величина работы  $\Sigma A_{прив.}$  повышается, увеличивается работа  $\Sigma A_{прив.}$  и при изменении ширины канала от 0,4 до 0,6 м.

Очевидно, что с увеличением высоты навоза в канале  $h_0$  и размера рабочего органа  $b$  (ширины канала), повышается производительность  $Q$  (чем выше  $h_0$ , тем большая величина порции смещаемого навоза) скреперной установкой (транспортёром), но при этом больше тратится энергии  $\Sigma A_{прив.}$  на формирование и перемещение тела волочения (порции навоза). Наиболее вероятно то, что с увеличением высоты  $h_0$  навоза более 0,1 м. увеличится оптимальное количество скребков  $n$ , – данный факт нуждается в подтверждении расчетами.

Таким образом, представленные в статье исследования являются частью прикладной науки, направленной на повышение технического уровня технологий и технических средств, используемых в животноводстве; согласно представленной методике возможно наиболее точно теоретически определить величину энергозатрат на технологический процесс, например, удаление навоза разработанной скреперной установкой с учётом особенностей конструкции и характера движения рабочих органов; полученные результаты теоретических исследований необходимы для расчёта приводной станции данной установки.

### Выводы

1. Для молочной фермы на 200 голов с привязным содержанием животных разработана конструктивно-технологическая схема скреперной установки для удаления навоза с новыми рабочими органами – смонтированными на транспортёре ТШ консольными скреперами с двумя степенями свободы, позволяющими эффективно и с наименьшими энергозатратами выполнять свой технологический процесс. Новизна технических и технологических решений подтверждена патентом RU №2494612 на изобретение.

2. Теоретически определена энергоёмкость каждого цикла  $A_{цикл} 1 \dots$

$A_{\text{цикл } 5}$  и все энергозатраты  $\sum A_{\text{прив.}}$  рабочего процесса установки в зависимости от параметров скрепера и физических свойств удаляемого навоза: ширины  $b$  и высоты  $h$  скребка консольного скрепера, скорости его движения  $v$ , расстоянии  $L$  между скреперами, высоты слоя навоза  $h_0$ , количества перемещаемой массы  $m$ , коэффициента трения навоза  $f$ , согласно новой методике расчёта: для этого рабочий процесс – реверсивное движение скрепера в канале – разделили на необходимое количество циклов и этапов; определяли их энергоёмкость, затем полученные результаты суммировали.

3. По результатам исследований установлено, что затраты энергии  $\sum A_{\text{прив.}} = 800 \dots 1400 \text{ КДж}$  на рабочий процесс

установки при  $b = 0,4 \dots 0,6 \text{ м}$  и  $h_0 = 0,04 \dots 0,06 \text{ м}$  минимальны при количестве рабочих органов  $n=6\dots 10$  шт.; при  $h_0 = 0,08 \dots 0,1 \text{ м}$  величина  $\sum A_{\text{прив.}} = 1000 \dots 2400 \text{ КДж}$  минимальна также при  $n = 6\dots 10$  шт. Результаты исследований найдут применение при проектировании энергоэффективных систем удаления навоза.

*Источник финансирования:*  
Федеральная программа НИР по теме: FNWE-2022-0002 «Создание высокоэффективных машинных технологий и технических средств для механизации растениеводства и животноводства, адаптированных к особенностям климатических условий Северо-Востока Европейской части России» на 2022-2026 гг

#### Список источников

1. Лангазов В.В., Бурнукин А.Е., Семилетова Н.П. Современные тенденции развития оборудования для уборки навоза // Научный вестник Луганского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (14). С. 355-363
2. Морозов Н.М. Инновационная техника и технологии в животноводстве // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 2. С. 2-8.
3. Чеченихина О.С., Батакова Д.В. Механизация трудоемких процессов на молочных фермах и комплексах // Аграрное образование и наука. 2023. № 3. С. 11.
4. Steiner B., Keck M. Stationäre Entmistingungsanlagen in der Rinder-und Schweinehaltung // Fat Berichte. № 542. 2000. S. 1-20.
5. Boxberger. Technik für die Rindproduktion. Landwirtschaft // Bl.Weser-Ems. № 47(136). 1989. 4 s.5.
6. Lanser E. Entwicklungstrends in der Rindviehhaltung // Die Highlights der Euro Tier im Ruckblick. Rinderwelt, 1999, Jg. 24, H. 1.
7. Китиков В.О., Башко Ю.А., Жандаренко О.Б. К вопросу ресурсоемкости навозоудаления на новых молочно-товарных фермах республики Беларусь // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник. Минск, Республика Беларусь, 2011. С. 224-229.
8. Музыка А.А., Пучка М.П., Шматко Н.Н. Обоснование энергосберегающих технологических приемов раздачи кормов и навозоудаления при производстве молока // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Жодино, Республика Беларусь, 2023. № 26. С. 67-77.
9. Иванов Ю.А., Гриднев П.И., Гриднева Т.Т., Спотару Ю.Ю. Уборка навоза из животноводческих помещений штанговым транспортёром с гидравлическим приводом // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 1. С. 148-149
10. Коновалов Б.Б. Роботизация уборки навоза при беспривязном содержании крупного рогатого скота // Молодежная наука 2020: технологии, инновации: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 90-летию основания Пермского ГАТУ и 155-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова. Пермь. 2020. С. 167-171
11. Цой Ю.А., Баишева Р.А. Техничко-технологические решения в автоматизированной скреперной установки с адаптивной системой управления // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всероссийской конференции с международным участием. 2019. С. 520-524.
12. Ковалев Н.Г., Глазков И.К. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах. М., Агропромиздат. 1989. 160 с.
13. Савиных П.А., Филипчик В.А. Опыт технического перевооружения молочных животноводческих ферм в условиях Евро-Северо-Востока европейской части России // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы VI Международной научно-практической конференции: "Наука-Технология-Ресурсосбережение": (выпуск 14). Киров. 2013. С. 139-142.
14. Филипчик В.А. Сравнительная оценка систем навозоудаления при привязном содержании коров // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики: материалы IV Международной научно-практической конференции: «Наука-Технология-Ресурсосбережение» (вып. 13). Киров. 2012. С. 178-182.
15. Борисов В.И., Тарасов В.В., Тувин О.Н. Основные особенности выбора систем навозоудаления на животноводческих фермах и комплексах // Научное обозрение: международный научно-практический журнал. Саранск, 2020. № 1. С. 9-15.
16. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / Н. Никифоров [и др.]. М: ВИМ, 1995. 95 с.

## RESEARCH ON SCRAPER PARAMETERS FOR MANURE REMOVAL

©2024. Peter A. Savinykh<sup>1</sup>, Vladimir A. Kazakov<sup>2</sup>, Vitaly A. Filipchik<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup>Federal Agricultural Scientific Center of the North-East (FASC North-East), Kirov, Russia<sup>1</sup>[peter.savinyh@mail.ru](mailto:peter.savinyh@mail.ru)

**Abstract.** For a dairy farm for 200 heads with tethered animals, a scraper installation for manure removal with working bodies has been developed – cantilever scrapers mounted on a conveyor using hinges with two degrees of freedom of horizontal and vertical action; the novelty of the installation scheme is confirmed by patent RU № 2494612 for the invention. The aim of the research is to determine theoretically the energy intensity of the working process of a new scraper plant, depending on the design parameters of the scraper and the physical properties of the manure being removed. To do this, the workflow – the reverse movement of the scraper in the channel – was divided into cycles depending on the number of  $n$  scrapers of the installation, each cycle was divided into 5 stages; then calculation schemes were developed for each of the stages of movement, according to which their energy intensity was determined with subsequent summation, the energy intensity of one cycle was multiplied by their number. To determine the energy intensity of the stages, mathematical dependences were used showing the influence of the parameters of the working body and the entire installation – the width  $b$  and height  $h$  of the cantilever scraper, its speed  $v$ , the distance  $L$  between the scrapers, the height of the manure layer  $h_0$ , the amount of mass being moved  $m$ , the coefficient of friction of manure  $f$ , etc. – on the energy indicators of each of the 5 cycles –  $A_{cycle 1} \dots A_{cycle 5}$ , as well as energy costs  $\sum A_{priv}$  of the entire manure harvesting process. Theoretically, it has been established that the energy consumption of  $\sum A_{priv} = 800 \dots 1400$  kJ for the working process of the installation at  $b = 0.4 \dots 0.6$  m and  $h_0 = 0.04 \dots 0.06$  m is minimal with the number of working bodies  $n = 6 \dots 10$  pcs.; at  $h_0 = 0.08 \dots 0.1$  m, the value of  $\sum A_{priv} = 1000 \dots 2400$  kJ is also minimal at  $n = 6 \dots 10$  pcs. The research results will be used in the design of manure removal systems with minimal energy consumption.

**Key words:** drawing body, farm, conveyor, energy consumption, flow chart

## References

1. Langazov V.V., Burnukin A.E., Semiletova N.P. Sovremennyye tendentsii razvitiya oborudovaniya dlya uborki navoza (Current trends in the development of equipment for manure removal), Nauchnyj vestnik Luganskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No. 1 (14), pp. 355-363
2. Morozov N.M. Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve (Innovative equipment and technologies in livestock farming), Ekonomika sel'skogo khozyajstva Rossii, 2020, No. 2, pp. 2-8.
3. Chechenikhina O.S., Batakova D.V. Mekhanizatsiya trudoemkikh processov na molochnykh fermakh i kompleksakh (Mechanization of labor-intensive processes on dairy farms and complexes), Agrarnoe obrazovanie i nauka, 2023, No. 3, pp. 11.
4. Steiner B., Keck M. Stationäre Entmistungsanlagen in der Rinder-und Schweinehaltung // Fat Berichte. № 542. 2000. S. 1-20.
5. Boxberger K. Technik für die Rindproduktion. Landwirtschaft // Bl.Weser-Ems. № 47(136). 1989. 4 s.5.
6. Lanser E. Entwicklungstrends in der Rindviehhaltung // Die Highlights der Euro Tier im Ruckblick. Rinderwelt, 1999, Jg. 24, H. 1.
7. Kitikov V.O., Bashko Yu.A., Zhandarenko O.B. K voprosu resursoemkosti navozoudaleniya na novykh molochno-tovarnykh fermakh respubliki Belarus (On the issue of resource intensity of manure removal on new dairy farms of the Republic of Belarus), Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyajstva: Mezhdvostvennyj tematicheskij sbornik. Minsk, Respublika Belarus, 2011, pp. 224-229.
8. Muzyka A.A., Puchka M.P., Shmatko N.N. Obosnovanie energosberegayushchikh tekhnologicheskikh priemov razdachi kormov i navozoudaleniya pri proizvodstve moloka (Justification of energy-saving technological methods of feed distribution and manure removal during milk production), Aktualnye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva, Zhodino, Respublika Belarus, 2023, No. 26, pp. 67-77.
9. Ivanov Yu.A., Gridnev P.I., Gridneva T.T., Spotaru Yu.Yu. Uborka navoza iz zhivotnovodcheskikh pomeshchenij shtangovym transportyorom s gidravlicheskim privodom (Removing manure from livestock buildings using a hydraulically driven rod conveyor), Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK, 2019, No. 1, pp. 148-149.
10. Kononov B.B. Robotizatsiya uborki navoza pri besprivyaznom sodержanii krupnogo rogatogo skota (Robotization of manure removal for free-stall cattle housing), V sbornike: Molodezhnaya nauka 2020: tekhnologii, innovatsii, Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, posvyashhennoj 90-letiyu osnovaniya Permskogo GATU i 155-letiyu so dnya rozhdeniya akademika D.N. Pryanishnikova, 2020, pp. 167-171.
11. Tsoi Yu.A., Baisheva R.A. Tekhniko-tekhnologicheskie resheniya v avtomatizirovannoj skrepernoj ustanovke s adaptivnoj sistemoy upravleniya (Technical and technological solutions in an automated scraper installation with an adaptive

control system), V sbornike: Importozameshchayushhie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoj kompleksnoj pererabotki sel'skokhozyajstvennogo syr'ya, Materialy I Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodny'm uchastiem, 2019, pp.520-524.

12. Kovalev N.G., Glazkov I.K. Proektirovanie sistem utilizacii navoza na kompleksakh (Design of manure disposal systems at complexes), Agropromizdat, Moskva, 1989, 160 p.

13. Savinykh P.A., Filipchik V.A. Opyt tekhnicheskogo perevooruzheniya molochnykh zhivotnovodcheskikh ferm v usloviyakh Evro-Severo-Vostoka evropejskoj chasti Rossii (Experience in technical re-equipment of dairy farms in the conditions of the Euro-North-East of the European part of Russia ), Aktualnye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo khozyajstva: materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: "Nauka-Tekhnologiya-Resursosberezhenie": (vypusk 14), Kirov, 2013, pp. 139-142.

14. Filipchik V.A. Sravnitel'naya ocenka sistem navozoudaleniya pri privyaznom soderzhanii korov (Comparative assessment of manure removal systems for tethered housing of cows), Uluchshenie ekspluatacionnykh pokazatelej sel'skokhozyajstvennoj energetiki: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: «Nauka-Tekhnologiya-Resursosberezhenie» (vyp. 13), Kirov, 2012, pp.178-182.

15. Borisov V.I., Tarasov V.V., Tuvin O.N. Osnovnye osobennosti vybora sistem navozoudaleniya na zhivotnovodcheskikh fermakh i kompleksakh (Main features of choosing manure removal systems on livestock farms and complexes), Nauchnoe obozrenie: mezhdunarodny'j nauchno-prakticheskij zhurnal, Saransk, 2020, No. 1, pp. 9-15.

16. Metodika energeticheskogo analiza tekhnologicheskikh processov v sel'skokhozyajstvennom proizvodstve (Methodology for energy analysis of technological processes in agricultural production ) / N. Nikiforov [i dr.]. M: VIM, 1995, 95 p.

#### *Сведения об авторах*

**П.А. Савиных**<sup>1</sup> – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник;

**В.А. Казаков**<sup>2</sup> - доктор технических наук, ведущий научный сотрудник;

**В.А. Филипчик**<sup>3</sup> - соискатель.

<sup>1,2,3</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого", ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610017, г. Киров, [peter.savinykh@mail.ru](mailto:peter.savinykh@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>; Scopus ID: 56728791200; [kazakov.vladimir.263@mail.ru](mailto:kazakov.vladimir.263@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3512-317X>; Scopus ID: 56727628500 [agro2013kom@yandex.ru](mailto:agro2013kom@yandex.ru)

#### *Information about the authors*

**P.A. Savinykh**<sup>1</sup> – Dr. Tech. Sci., Professor, Chief Researcher;

**V.A. Kazakov**<sup>2</sup> - Dr. Tech. Sci., Professor, Leading Researcher;

**V.A. Filipchik**<sup>3</sup> - Postgraduate Student.

<sup>1,2,3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. B. Rudnitsky", 166a, Lenina Street, Kirov, 610017, Russia [peter.savinykh@mail.ru](mailto:peter.savinykh@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5668-8479>; Scopus ID: 56728791200; [kazakov.vladimir.263@mail.ru](mailto:kazakov.vladimir.263@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3512-317X>; Scopus ID: 56727628500 [agro2013kom@yandex.ru](mailto:agro2013kom@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 05.02.2024; одобрена после рецензирования 11.04.2024; принята к публикации 20.05.2024*  
*The article was submitted 05.02.2024; approved after reviewing 11.04.2024; accepted for publication 20.05.2024*

Научная статья  
УДК 633.15 (450.57)  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_24

## УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ К ОСНОВНЫМ БОЛЕЗНЯМ И ВРЕДИТЕЛЯМ

©2024. Ришат Рифмильевич Абдулвалеев<sup>1</sup>, Булат Гилимханович Ахияров<sup>2</sup>, Азат Вахитович Валитов<sup>3</sup>, Луиза Мунировна Ахиярова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

<sup>2,3,4</sup>Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>2</sup>bsau-bulat@rambler.ru

**Аннотация.** Правильный подбор гибрида кукурузы, максимально устойчивого к болезням и адаптированного к климату, является залогом хорошего урожая этой культуры. Для правильного подбора высокоурожайных и устойчивых гибридов кукурузы необходимо иметь полный объем информации об устойчивости к наиболее распространенным болезням. Наличие такой информации поможет сократить затраты на средства защиты растений, снижающие степень поражения растений и предупреждающие интенсивное развитие вредных организмов. В данной статье рассмотрены основные болезни и вредители кукурузы, встречающиеся на посевах в агроклиматических зонах Республики Башкортостан. Исследования проводили в условиях Учебно-научного центра БГАУ. Для проведения опыта использовали гибриды разных групп спелости по ФАО с целью определения их устойчивости к основным болезням и вредителям кукурузы. Анализ посевов на устойчивость к болезням гибридов кукурузы показал, что наименьшая была у гибридов Шихан и Уральский 150. Наибольшая распространённость ржавчины была на гибриде Дельфин и составила 5 % и 8 % по болезни бурой пятнистости. Анализ результатов опыта показал, что наименьшая пораженность растений личинками шелкоуна у гибридов П 8521, СИ Феномен, составила 2 %. Низкая пораженность кукурузы озимой совкой была у гибрида Уральский 150 и составила 3 %. В условиях Республики Башкортостан наибольшую урожайность зерна и зеленой массы формировали гибриды Байкал, Шихан, Крснодарский 194 МВ.

**Ключевые слова:** кукуруза, урожайность зеленой массы, урожайность зерна, болезни, вредители

**Введение.** Правильный подбор гибрида кукурузы, максимально устойчивого к болезням и адаптированного к климату, является залогом хорошего урожая этой культуры. И это самый дешевый и удобный вариант ресурсосберегающей технологии [1, 3, 7].

Для правильного подбора высокоурожайных и устойчивых гибридов кукурузы необходимо иметь полный объем информации об устойчивости к наиболее распространенным болезням. Наличие такой информации поможет сократить затраты на средства защиты растений, снижающих степень поражения растений и

предупреждающие интенсивное развитие вредных организмов [1, 3].

Поражают в основном початки (34 вида возбудителей болезней), листья (33 вида) и стебли (20 видов). Несмотря на увеличение количества болезней на территории России, статус наиболее опасных возбудителей сохраняют 3 основных группы [2].

**Диплодиоз.** Причина заболевания – гриб *Diplodia zeae* Lev. Болезнь поражает все органы растения полностью. В наземной части растения кукурузы появляется налет беловатого цвета. Грибница покрывает рубашку початков. При поражении грибницей зерновки, она становится хрупкой и

окрашивается в светло-бурый цвет, при этом появляются черные точки.

При сильном поражении растений кукурузы стебли становятся хрупкими и ломкими. Развивается интенсивно болезнь при теплом и влажном климате, поэтому в конце вегетационного периода (август-сентябрь) необходимо увеличить сохранность початков от поражения [4, 5].

Основным источником заболевания Диплодиозом становятся семена. При посеве основная масса растений не всходит, а на некоторых растениях возбудитель развивается и активно распространяется. Пораженные растения кукурузы не пригодны к использованию на корм и переработку [6, 8].

**Бурая пятнистость или Гельминтоспориоз листьев.** Возбудитель заболевания – *Bipolaris turcica* Shoem. Развитие болезней начинается со старых листьев кукурузы и распространяется по мере развития и на новые, поражая все полностью. Пораженные листья желтеют и засыхают, при поражении корня, что бывает редко, растения полностью погибают.

Болезнь поражает растения в середине вегетационного периода (июль-август). На растениях образуются светло-коричневые пятна. По мере развития заболевания, пятна увеличиваются и покрывают всю поверхность листа. Источником болезни являются растительные остатки, которые зимуют в почве [12].

**Ржавчина** (*Puccinia sorghi* Schwein.) – фитопатоген встречается повсеместно, где выращивают кукурузу. Поражение начинается в период налива и молочно-восковой спелости зерна. Симптомы проявляются в конце вегетации растений на листьях, в форме светло-желтых пятен, к концу вегетации листья покрываются крупными черными телиями.

В течение вегетации кукурузы растения поражается многими насекомыми. Опасными из них являются: тля, паутинка, озимая и хлопковая совка, луговой мотылек [10,13].

**Личинки жуков-щелкунов** (Elateridae) – проволочники. Проволочник питается корнями растений кукурузы, тем самым снижает продуктивность растения. Проволочник наносит особый ущерб кукурузным полям во влажные годы, повреждение растений может достичь до 50 % от густоты стояния, что часто приводит к

пересеву кукурузы и увеличивает экономические затраты.

**Шведская муха** обитает в основном в зерновых севооборотах. Поражение растений кукурузы происходит в фазе 4-5 листьев, личинки проникают внутрь растения и разрушают меристему. Повреждения посевов кукурузы шведской мухой приводят к снижению продуктивности растения и урожайности [10, 14].

**Озимая совка** – многоядный вредитель посевов полевых культур. Наиболее опасны гусеницы озимой совки первого поколения, они повреждают всходы кукурузы. Нами замечено, что наибольшее повреждение растений наблюдается при поздних сроках посева кукурузы и на позднеспелых гибридах.

*Цель исследований* выявить устойчивые гибриды кукурузы к основным болезням и вредителям в условиях Республики Башкортостан для получения максимального урожая зерна и зеленой массы.

**Методика.** Исследования проводили в условиях Учебно-научного центра Башкирского ГАУ в 2021-2023 годы. Постановку полевых опытов проводили по Б. А. Доспехову [9]. Пораженность растений болезнями по методике ГНУ ВИЗР. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Толщина гумусового горизонта составляла от 58 до 69 см, а содержание гумуса в пахотном слое колебалось от 9,7 % до 9,8 %. Кислотность почвы была слабокислой с рН 6,1-6,3, а объемная масса почвы в пахотном слое составляла от 1,02 до 1,10 г/см<sup>3</sup>. Содержание легкогидролизуемого азота в почве составило от 135 до 156 мг/кг, подвижного фосфора – от 160 до 166 мг/кг, обменного калия – от 185 до 187 мг/кг. В эксперименте использовалась общепринятая технология выращивания кукурузы для данной зоны. Зяблевую вспашку проводили на глубину 28 см, боронование – весной при физической спелости почвы, культивацию – на глубину посева 5 см. Посев провели сеялкой точного высева УПС-8. В фазе 3-5 листьев посева кукурузы опрыскивали гербицидом Октава в дозе 1,0 л/га. Варианты опыта были расположены последовательно. Учетная площадь делянок 150 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Метеорологические условия в период вегетации 2021-2023 гг. в целом были оптимальными для роста и развития кукурузы. Климат территории – резко-

континентальный, наблюдаются резкие перепады температур. Средняя температура июля +19°C и января – 18°C. Сумма осадков за период вегетации составила в 2021 году – 210 мм, в 2022 году – 255 мм, 2023 году – 216 мм. Сумма активных температур 2021 году – 2200°C, в 2022 году – 2110°C, 2023 году – 2130°C. Продолжительность периода положительных температур составила в 2021 году – 200 дней, в 2022 году – 210 дней, в 2023 году – 206 дней. Продолжительность безморозного периода в 2021 году – 90 дней, в 2022 году – 130 дней, 2023 году – 109 дней.

**Результаты.** Исследование гибридов разных групп спелости определяли по ФАО с целью выявления высокопродуктивных гибридов, максимально устойчивых к

основным болезням: пузырчатой головне, ржавчине, бурой пятнистости, диплоидозу и вредителям (озимая совка, шведская муха, личинки жуков щелкунов).

На опытных делянках по изучению устойчивости к болезням гибридов в условиях УНЦ БГАУ не было выявлено поражение растений кукурузы пузырчатой головней.

Анализ посевов на устойчивость к болезням гибридов кукурузы показал, что наименьшая была у гибрида Шихан и Уральский 150. Наибольшая распространённость болезни листа ржавчиной наблюдалась на гибриде Росс 199 МВ и составила 7 %, по болезни бурой пятнистости 8 % (табл. 1).

Таблица 1

Распространенность основных болезней на посевах кукурузы

Гибрид	Пораженность бурой пятнистостью, или гельминтоспориоз, %				Пораженность ржавчиной, %			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее за 2021-2023 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее за 2021-2023 гг.
Росс 199 МВ (контроль)	7	10	7	8	5	10	6	7
Шихан	4	6	5	5	3	4	2	3
СИ Феномен	5	11	5	7	3	5	4	4
Уральский 150	3	8	4	5	2	4	3	3
Дельфин	5	8	8	7	2	7	3	4
Машук 171	4	6	5	5	2	6	4	4
П 8521	4	7	7	6	3	8	4	5
Байкал	4	5	3	4	3	8	4	5
Краснодарский 194 МВ	4	6	5	5	4	7	7	6
Каскад 195 СВ	6	9	6	7	5	9	7	7
НСР <sub>05</sub>	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2

Плесневение початков и зерна распространено во всех районах возделывания кукурузы. На початках и обмолоченном зерне появляется серозеленая, темная или розовая плесень. Особенно сильно

она развивается в условиях повышенной влажности в период уборки и хранения кукурузы (рис. 1).

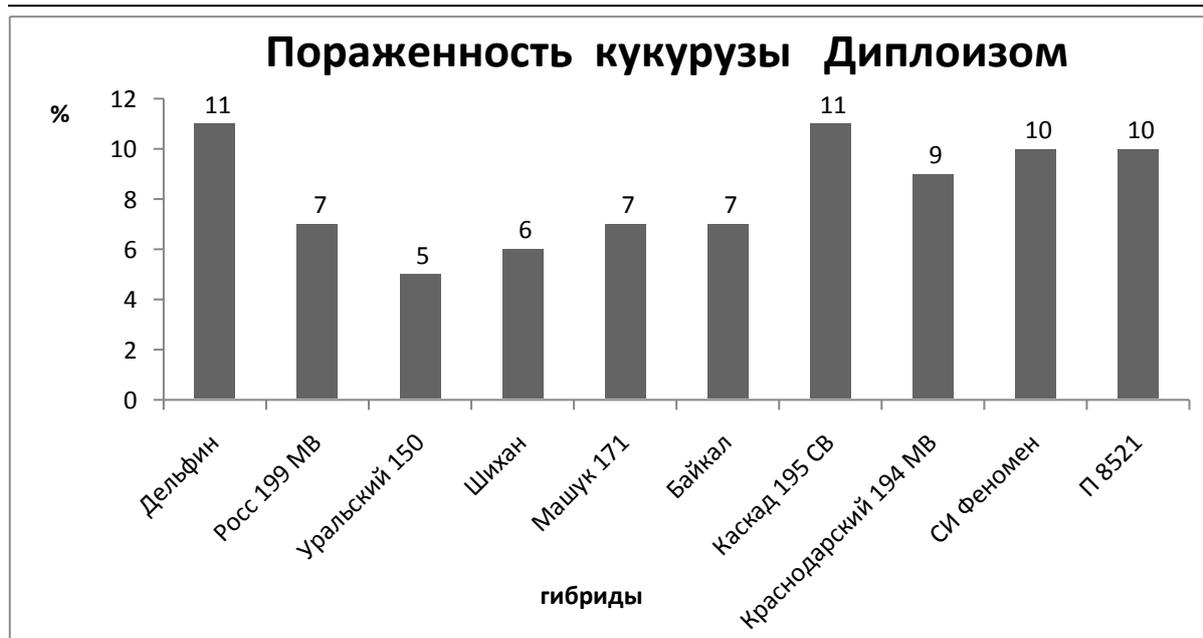


Рис 1. Пораженность гибридов кукурузы диплоизом в среднем за 2021-2023 годы

Fig. 1. Average incidence of diplomyces in corn hybrids for 2021-2023

Получение зерна высокого качества – одна из основных задач в борьбе с болезнями кукурузы. Кормление животных зараженным зерном влечет за собой снижение продуктивности животноводства и может даже вызвать отравление животных. В период уборки урожая кукурузы, послеуборочного хранения зерна главным фактором является плесневение. Поэтому особенно важно своевременно и правильно организовать уборку. При уборке кукурузы на зерно успех хранения в значительной мере зависит от быстрой и полной просушки зерна и доведения их до стандартной влажности.

Создание и использование устойчивых гибридов кукурузы – наиболее эффективный

метод борьбы с болезнями. Уменьшение количества вредителей способствует снижению поражения строения отдельных органов растений, снижению зараженности болезнями и повышению их выносливости. Примером устойчивости к болезням являются гибриды кукурузы Уральский 150, Шихан в условиях Республики Башкортостан.

Проведено изучение гибридов различных групп спелости с целью выявления высокопродуктивных гибридов, максимально устойчивых к основным вредителям кукурузы: личинкам жуков-щелкунов, шведской мухе, озимой совке (рис. 2).

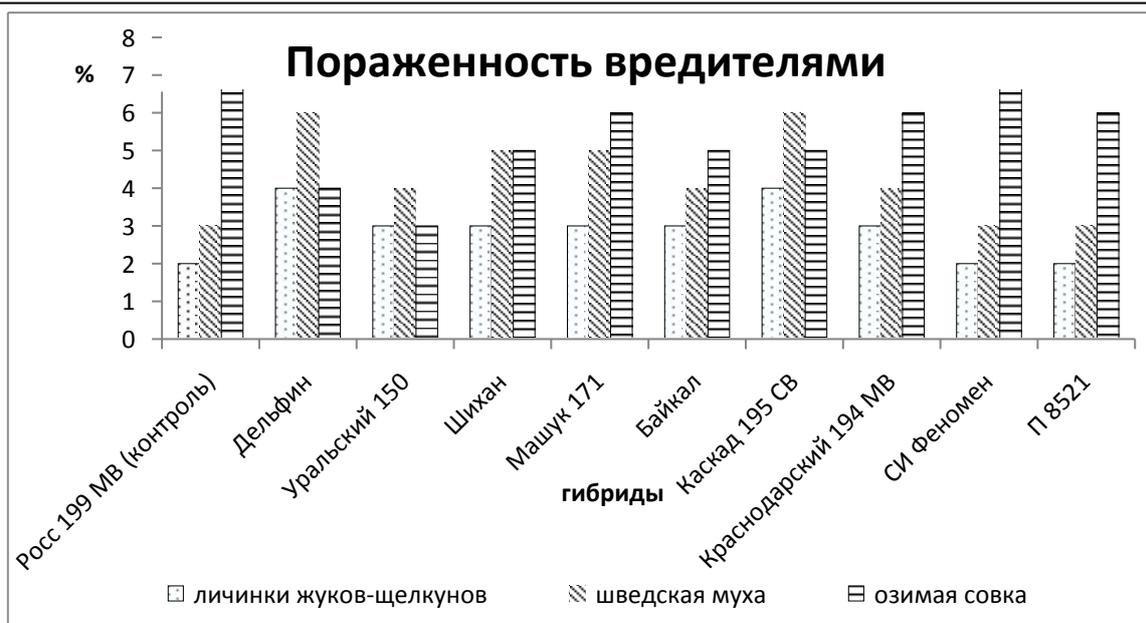


Рис 2. Пораженность растений гибридов кукурузы основными вредителями в среднем за 2021-2023 годы

Fig. 2. Infestation of corn hybrid plants by main pests on average for 2021-2023

Анализ результатов опыта показал, что наименьшая пораженность растений личинками шелкоуна у гибридов Росс 199 МВ, П 8521, СИ Феномен – 2 %. Низкая пораженность кукурузы вредителем озимой совкой была у гибрида Уральский 150 и составила 3 %.

Средняя урожайность зеленой массы гибридов кукурузы изменялась в пределах

33,41-42,49 т/га, при контроле – 33,41 т/га (Росс 199 МВ). Лучшая урожайность зеленой массы кукурузы формировалась у гибридов Байкал (42,49 т/га) и Шихан (42,38 т/га), превысив результат контрольного гибрида Росс 199 МВ на 9,08 т/га и 8,97 т/га соответственно (табл. 2).

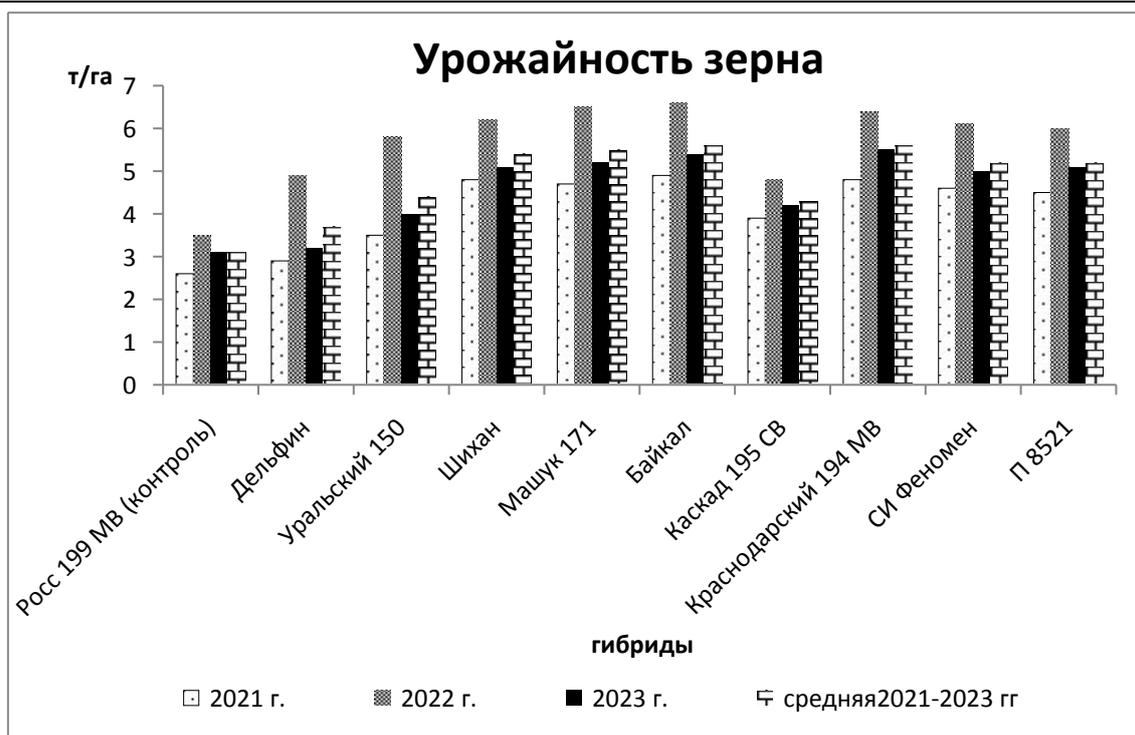
Таблица 2

Урожайность зеленой массы гибридов кукурузы, т/га

Варианты	Урожайность зеленой массы				Откл. +/-
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	средняя	
Росс 199 МВ (контроль)	23,9	46,47	29,87	33,41	-
Дельфин	24,36	47,64	30,43	34,14	0,73
Уральский 150	29,69	49,57	32,61	37,29	3,88
Шихан	34,73	53,83	38,58	42,38	8,97
Машук 171	31,57	52,52	33,57	39,22	5,81
Байкал	35,24	54,12	38,12	42,49	9,08
Каскад 195 СВ	33,12	45,34	28,17	35,54	2,13
Краснодарский 194 МВ	33,45	49,37	37,45	40,09	6,68
СИ Феномен	31,42	51,22	33,31	38,65	5,24
П 8521	31,72	51,64	33,76	39,04	5,63
НСР <sub>05</sub>	0,62	0,97	0,78	0,64	0,82

Средняя урожайность зерна гибридов кукурузы изменялась в пределах 3,1-5,6 т/га, при контроле – 3,1 т/га (Росс 199 МВ). Лучшая урожайность зерна кукурузы формировалась у гибридов Байкал (5,6 т/га) и

Краснодарский 194 МВ (5,6 т/га), что превысил контрольный показатель гибрида Росс 199 МВ на 2,6 т/га соответственно (рис 3).



\*Примечание: НСР<sub>05</sub> за 2021 год- 0,21 т/га; за 2022 год – 0,24 т/га; за 2023 год – 0,22 т/га.

Рис 3. Урожайность зерна гибридов кукурузы, т/га

Fig. 3. Grain yield of corn hybrids, t/ha

**Выводы.** Таким образом, гибрид Уральский 150 более устойчив к ржавчине, бурой пятнистости и диплоизу, а также к озимой совке. Гибриды Росс 199 МВ, П 8521, СИ Феномен более устойчивы к щелкуну и

шведской мухе. Наибольшая урожайность зерна и зеленой массы формировали гибриды Байкал, Шихан, Краснодарский 194 МВ.

#### Список источников

1. Сотченко Д.Ю., Мартиросян В.В., Жиркова Е.В. Химический состав зерна гибридов кукурузы отечественной селекции // Наука – главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности: материалы юбилейного форума, посвященного 85-летию со дня основания ФГАНУ "Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности". 2017. С. 177-180.
2. Черкашина А.В., Сотченко Е.Ф. Поражение початков кукурузы фузариозом в зависимости от элементов агротехники и погодных условий // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной научной конференции. Красноярск, 2022. С. 53-56.
3. Ахияров Б.Г., Сотченко Б.Н., Абдулвалеев Р.Р., Валитов А.В., Ахиярова Л.М. Формирование урожая гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 28-37.
4. Черкашина А.В., Сотченко Е.Ф. Оценка адаптивной способности и стабильности раннеспелых гибридов кукурузы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 2 (100). С. 68-76.
5. Ахияров Б.Г., Мухаметшин А.М., Авсахов Ф.Ф. Продуктивность гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан // Наука молодых – инновационному развитию АПК: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. 2016. С. 3.
6. Осокин И.В., Акманаев Э.Д., Чемарова А.С. Продуктивность звена кормового севооборота // Нива Поволжья. 2009. № 2 (11). С. 24-27.
7. Сотченко В.С., Кузнецов И.Ю., Ахияров Б.Г., Ахиярова Л.М., Сотченко Б.Н. Подбор гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы для условий Республики Башкортостан // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 3-8.
8. Сотченко Е.Ф., Орлянская Н.А., Сотченко Д.Ю. Сравнительная оценка новых раннеспелых гибридов кукурузы по урожайности и адаптивности // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 1 (99). С. 46-54.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351
10. Сотченко В.С., Панфилов А.Э., Горбачева А.Г., Казакова Н.И., Ветошкина И.А. Скорость потери влаги зерном кукурузы в период созревания в зависимости от генотипа и условий среды // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 54-65.

11. Сотченко В.С., Сотченко Ю.В. Состояние и перспективы селекции и семеноводства кукурузы // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 5-11.

12. Ovchinnikova V.N., Varlamova N.V., Rodionova M.A., Kharchenko P.N., Sotchenko V.S., Sotchenko Y.V. Susceptibility of maize mesocotyl culture to agrobacterium transformation and its in vitro regeneration // Applied Biochemistry and Microbiology. 2018. Т. 54. № 8. С. 808-815.

13. Dos Santos A.L.F., Mechi I.A., Ribeiro L.M., Ceccon G. Photosynthetic and productive efficiency of off-season corn in the function of sowing dates and plant populations // Revista De Agricultura Neotropical. - 2018. - Vol. 5. - Iss. 4. - P. 52-60.

14. Akhiyarov B., Kuznetsov I., Alimgafarov R., Islamgulov D., Abdulvaleev R. The influence of different seeding application rates and sowing time on maize hybrids' productivity in the conditions of the republic of bashkortostan's southern forest-steppe zone // Applied and Environmental Soil Science. 2021. Т. 2021. С. 4914508.

## RESISTANCE OF CORN HYBRIDS TO MAIN DISEASES AND PESTS

©2024. Rishat R. Abdulvaleev<sup>1</sup>, Bulat G. Akhiyarov<sup>2</sup>, Azat V. Valitov<sup>3</sup>, Luiza M. Akhiyarova<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

<sup>2,3,4</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>2</sup> bsau-bulat@rambler.ru

**Abstract.** The correct selection of a corn hybrid which is as resistant to disease as possible and adapted to the climate is the key to a good yield of this crop. To select high-yielding and resistant corn hybrids correctly, it is necessary to have a complete amount of information on resistance to the most common diseases. The presence of such information will help reduce the cost of plant protection products that reduce the degree of plant damage and prevent the intensive development of pests. This article discusses the main diseases and pests of corn found on crops in the agroclimatic zones of the Republic of Bashkortostan. The studies were carried out in the conditions of the Educational and Scientific Center of the BSAU. To conduct the experiment, we used hybrids of different FAO ripeness groups to determine their resistance to the main diseases and pests of corn. Analysis of crops for disease resistance of corn hybrids showed that the lowest was in the Shikhan and Uralsky 150 hybrids. The highest prevalence of corn leaf rust disease was 5% on the Dolphin hybrid and 8% for brown spot disease. Analysis of the experimental results showed that the least infestation of plants by click beetle larvae was found in hybrids P 8521, SI Phenomenon and amounted to 2%. Low infestation of corn by the fall armyworm pest was in the hybrid Uralsky 150 and amounted to 3%. In the conditions of the Republic of Bashkortostan, the highest yields of grain and green mass were formed by the hybrids Baikal, Shikhan, Krasnodarsky 194 MV.

**Key words:** corn, green mass yield, grain yield, diseases, pests

### References

1. Sotchenko D.Yu., Martirosyan V.V., Zhirkova E.V. Khimicheskij sostav zerna gibridov kukuruzy` otechestvennoj selekczii (Chemical composition of grain of corn hybrids of domestic selection) // V sbornike: Nauka – glavny`j faktor innovacionnogo prory`va v pishhevoj promy`shlennosti. Sbornik materialov yubilejnogo foruma, posvyashhennogo 85-letiyu so dnya osnovaniya FGANU "Nauchno-issledovatel`skij institut kxlebopekarnoj promy`shlennosti". 2017. Pp. 177-180.

2. Cherkashina A.V., Sotchenko E.F. Porazhenie pochatkov kukuruzy` fuzariozom v zavisimosti ot e`lementov agrotekhniki i pogodnykh uslovij (Damage to corn cobs by Fusarium blight depending on agricultural practices and weather conditions) // V sbornike: Problemy` sovremennoj agrarnoj nauki. Materialy` mezhdunarodnoj nauchnoj konferenczii. Krasnoyarsk, 2022. Pp. 53-56.

3. Akhiyarov B.G., Sotchenko B.N., Abdulvaleev R.R., Valitov A.V., Akhiyarova L.M. Formirovanie urozhaya gibridov kukuruzy v usloviyakh Respubliki Bashkortostan (Formation of the harvest of corn hybrids in the conditions of the Republic of Bashkortostan) // Permskij agrarnyj vestnik. 2020. No.1 (29). Pp. 28-37.

4. Cherkashina A.V., Sotchenko E.F. Otsenka adaptivnoj sposobnosti i stabil`nosti rannespelykh gibridov kukuruzy (Assessment of the adaptive capacity and stability of early maturing corn hybrids) // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2021. No. 2 (100). Pp. 68-76.

5. Akhiyarov B.G., Mukhametshin A.M., Avsakhov F.F. Produktivnost` gibridov kukuruzy v usloviyakh Respubliki Bashkortostan (Productivity of corn hybrids in the conditions of the Republic of Bashkortostan) // V sbornike: Nauka

molodykh – innovatsionnomu razvitiyu APK. Materialy` IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferenczii molodykh uchenykh. 2016. P. 3.

6. Osokin I.V., Akmanaev E`D., Chemarova A.S. Produktivnost` zvena kormovogo sevooborota (Productivity of the forage crop rotation link). Niva Povolzh`ya. 2009. No. 2 (11). Pp. 24-27.

7. Sotchenko V.S., Kuznetsov I.YU., Akhiyarov B.G., Akhiyarova L.M., Sotchenko B.N. Podbor gibrinov kukuruzy selekczii FGBNU VNII kukuruzy dlya uslovij Respubliki Bashkortostan (Selection of corn hybrids bred by the Federal State Budgetary Institution All-Russian Research Institute of Corn for the conditions of the Republic of Bashkortostan). Kukuza i sorgo. 2018. No. 1. Pp. 3-8.

8. Sotchenko E.F., Orlyanskaya N.A., Sotchenko D.Yu. Sravnitel`naya ocenka novykh rannespelykh gibrinov kukuruzy po urozhajnosti i adaptivnosti (Comparative assessment of new early maturing corn hybrids in terms of yield and adaptability). Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. 2021. No. 1 (99). Pp. 46-54.

9. Sotchenko D.Yu., Vojtov A.S., Sotchenko D.Yu., Taov A.A. Iskhodnyj material dlya sozdaniya rannespely`kh gibrinov kukuruzy // Kukuza i sorgo. 2020. № 4. S. 3-9.

10. Sotchenko V.S., Panfilov A.E`, Gorbacheva A.G., Kazakova N.I., Vetoshkina I.A. Skorost` poteri vlagi zernom kukuruzy v period sozrevaniya v zavisimosti ot genotipa i uslovij sredy (The rate of moisture loss by corn grains during the ripening period, depending on the genotype and environmental conditions) // Sel`skokhozyajstvennaya biologiya. 2021. Vol. 56. No. 1. Pp. 54-65.

11. Sotchenko V.S., Sotchenko Yu.V. Sostoyanie i perspektivy` selekczii i semenovodstva kukuruzy (State and prospects of corn selection and seed production). Kukuza i sorgo. 2021. No. 2. Pp. 5-11.

12. Ovchinnikova V.N., Varlamova N.V., Rodionova M.A., Kharchenko P.N., Sotchenko V.S., Sotchenko Y.V. Susceptibility of maize mesocotyl culture to agrobacterium transformation and its in vitro regeneration. Applied Biochemistry and Microbiology. 2018. Vol. 54. No. 8. Pp. 808-815.

13. Dos Santos A.L.F., Mechi I.A., Ribeiro L.M., Cecon G. Photosynthetic and productive efficiency of off-season corn in the function of sowing dates and plant populations // Revista De Agricultura Neotropical. - 2018. - Vol. 5. - Iss. 4. - P. 52-60.

14. Akhiyarov B., Kuznetsov I., Alimgafarov R., Islamgulov D., Abdulvaleyev R. The influence of different seeding application rates and sowing time on maize hybrids' productivity in the conditions of the republic of Bashkortostan's southern forest-steppe zone. Applied and Environmental Soil Science. 2021. Vol. 2021. Pp. 4914508.

#### *Сведения об авторах*

**Р.Р. Абдулвалеев**<sup>1</sup> – д. с.-х. н., профессор;

**Б.Г. Ахияров**<sup>2</sup> – к. с.-х. н., доцент;

**А.В. Валитов**<sup>3</sup> – к. с.-х. н., доцент;

**Л.М. Ахиярова**<sup>4</sup> – к. с.-х. н., старший научный сотрудник.

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

<sup>2,3,4</sup> Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>2</sup> [bsau-bulat@rambler.ru](mailto:bsau-bulat@rambler.ru)

#### *Information about authors*

**R.R. Abdulvaleev**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor;

**B.G. Akhiyarov**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

**A.V. Valitov**<sup>3</sup> – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

**L.M. Akhiyarova**<sup>4</sup> – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher.

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

<sup>2</sup> Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>2</sup> [bsau-bulat@rambler.ru](mailto:bsau-bulat@rambler.ru)

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 16.02.2024; принята к публикации 20.05.2024*

*The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 16.02.2024; accepted for publication 20.05.2024*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРОБНОГО АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАСУШЛИВЫЕ ГОДЫ В ОМСКОМ ПРИИРТЫШЬЕ

©2024. Виктория Андреевна Волкова<sup>1</sup>, Наталья Артемовна Воронкова<sup>2</sup>,  
Наталья Федоровна Балабанова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБНУ Омский аграрный научный центр

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Омский государственный технический университет

<sup>1</sup>volkovava1989@yandex.ru

**Аннотация.** Исследования проводили с целью установления эффективности дробного внесения азотных удобрений при возделывании яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях 2020-2022 гг. Омского Прииртышья. Установлено, что определяющее значение в формировании продуктивности яровой пшеницы имело основное внесение азотных удобрений в дозе 30-45 кг/га д.в. при условии оптимальной обеспеченности подвижным фосфором. Урожайность возрастала на 40-48 % за счет увеличения массы тысячи зерен ( $r=0,40-0,42$ ), продуктивной кустистости ( $r=0,83$ ). При дробном азотном питании растений в общей дозе, рассчитанной на планируемую урожайность, связь продуктивности с показателями длины колоса, массы тысячи зерен, продуктивной кустистости была средней ( $r=0,56; 0,53; 0,58$ ). Эффективность азотных подкормок в годы с недостаточным увлажнением была незначительна, методика расчета доз в системе удобрений на планируемую урожайность в этих условиях была несостоятельна.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, азотные удобрения, дробное внесение, структурный анализ урожая, продуктивность

**Введение.** В структуре посевных площадей Западной Сибири зерновые культуры занимают более 8 млн га, из них более 6 млн га заняты посевами яровой пшеницы. В последние годы средняя урожайность зерновых ограничивается 1,30 т/га в степной зоне; 1,65 т/га – в южной лесостепи, что не соответствует потенциальным ресурсам современных сортов зерновых и почвенного бонитета [1]. В последние годы в лесостепной зоне Омской области фиксируются остро засушливые условия, которые наносят значительный ущерб в земледелии. Среди ведущих факторов, определяющих формирование урожайности зерна яровой пшеницы, помимо влагообеспеченности, значится потребление растениями элементов питания, в том числе и азота, который является главным участником в реакциях синтеза. Прекращение его усваивания в растительных организмах зерновых культур наблюдается только к фазе молочной спелости [2]. Множество работ исследователей посвящено изучению азотного питания зерновых культур, а также

срокам, дозам и формам внесения азотных удобрений [2-6]. Вопросами эффективности азотных подкормок в различные фазы вегетации зерновых культур занимались в сериях опытов различных отделов СибНИИСХ г. Омска еще в 1970-80-е гг [4, 5]. Современные исследования В.И. Лазарева и его соавторов свидетельствуют о высокой эффективности жидкого карбамидно-аммиачного удобрения на посевах яровой пшеницы на черноземных почвах Курской области при применении его в подкормку в кушение в дозе  $N_{30}$  в сочетании с основным применением азотных удобрений [7]. Исследования С.М. Бесланеева и др. [8] свидетельствуют о том, что именно дробное внесение азотных удобрений в весенне-летний период уменьшает потери азота и обеспечивает получение высоких урожаев и повышение качества зерна. По многолетним данным, полученным в стационарном полевом опыте Челябинской области, на фонах, хорошо обеспеченных фосфором, яровая пшеница положительно отзывалась на азотное удобрение, увеличивая урожайность

до 16-20 % [9]. В результате опыта специалистов Омского ГАУ в засушливом 2020 году было установлено, что максимальная урожайность яровой пшеницы сформировалась при сочетании основного внесения и подкормки в общей сумме дозы азота 60 кг/га [10]. Поэтому необходимо в современных условиях определить целесообразность различных форм, способов, сроков внесения азотных удобрений в регионе.

Цель исследований – установить эффективность дробного внесения азотных удобрений при возделывании яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Омского Прииртышья.

**Методика.** Для достижения поставленной цели было заложено два полевых опыта. Исследования проводились на посевах яровой мягкой пшеницы сорта Мелодия (ФГБНУ «Омский АНЦ») в 2020-2022 гг. в длительном стационаре лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ» по двум предшественникам: в первом опыте – после озимой мягкой пшеницы, во втором – после возделывания сои. Первый опыт включал два сформированных фосфорных фона: фактор А: 1. P<sub>0</sub>; 2. P<sub>30</sub> (внесение с 1987 г). Фактор В: основное внесение азотных удобрений (форма – аммиачная селитра): 1. 0-контроль, 2. N<sub>30</sub>, 3. N<sub>45</sub>, 4. N<sub>60</sub>. Все дозы представлены в кг д.в. на га. Фактор С: листовая подкормка раствором Плава (N<sub>30</sub>), расход раствора 200 л/га: 1. Без подкормки; 2. ЛП1 (в фазу колошения); 3. ЛП2 (двойная ЛП в фазы колошения + молочное состояние). Удобрение Плава – растворы карбамида и аммиачной селитры, смешанные в пропорции 22 и 45 кг (в физическом весе), соответственно, в 200 л воды. Повторность в опыте – трехкратная, площадь делянки - 1,8x10 м (18 м<sup>2</sup>), размещение – рендомизированное. В опыте №2 оценивалась эффективность дозы удобрений, рассчитана по методике Ю.И.

Ермохина и др. для получения максимальной потенциальной урожайности для сорта яровой мягкой пшеницы Мелодия: 50 т/га [11], исходя из содержания элементов минерального питания в почве перед посевом. Схема опыта включала в себя контроль (без внесения минеральных удобрений), вариант основного внесения всей рассчитанной дозы, а затем постепенное дробление дозы азотных удобрений с помощью проведения листовых подкормок: 1. контроль (без удобрений); 2. Основное внесение (ОВ) – N<sub>170</sub>P<sub>60</sub>; 3. ОВ N<sub>140</sub>P<sub>60</sub> + ЛП N<sub>20</sub> (кущение); 4. ОВ N<sub>110</sub>P<sub>60</sub> + ЛП N<sub>20</sub> (кущение) + ЛП N<sub>30</sub> (колошение); 5. ОВ N<sub>80</sub>P<sub>60</sub> + ЛП N<sub>20</sub> (кущение) + ЛП N<sub>30</sub> (колошение) + ЛП N<sub>30</sub> (молочное состояние). Повторность в опыте – четырехкратная, площадь делянки – 4x8 м (32 м<sup>2</sup>), размещение – систематическое. Агротехника – общепринятая для зоны. Определение содержания основных элементов минерального питания в почве, структурный анализ урожая проводили по стандартным методикам. Статистическая обработка данных проведена с помощью программного обеспечения MS Excel и Statist.

**Результаты.** Анализ погодных условий, сложившихся в годы исследования, показал, что в 2020 г. ГТК по Селянинову составлял 0,60; в 2021 г. – 0,70; в 2022 – 0,81, однако по месяцам наблюдались колебания от 0,2 и 0,23 в июне и августе до 1,82 – в июле. Лугово-чернозёмная среднесиловатая тяжелосуглинистая почва в опытах характеризовалась средним содержанием гумуса (6,7 % по Тюрину), нейтральной рН. Обеспеченность растений азотом нитратов перед посевом, независимо от фона, была низкой, подвижным фосфором (по Чирикову) в опыте №1 на фоне P<sub>0</sub> была повышенной – 111 мг/кг; на фоне P<sub>30</sub> – 189 мг/кг, в опыте №2 – высокая (157 мг/кг); обеспеченность обменным калием была очень высокой (более 180 мг/кг) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика лугово-черноземной почвы перед посевом, в среднем за 2020-2022 гг.

Опыт	Фон	Содержание основных элементов минерального питания, мг/кг			Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см, мм	
		N-NO <sub>3</sub> , 0-40 см	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 0-20 см	K <sub>2</sub> O, 0-20 см	до посева	к уборке
1.	P <sub>0</sub>	6,6	111	211	159,0	59,2
	P <sub>30</sub>	7,7	189	265	159,3	79,1
2.	0	4,3	157	252	137,3	43,9

Водный режим лугово-черноземной почвы для растений яровой пшеницы

складывался напряженно. Взаимосвязь водного режима почвы и азотного питания

растений значительна и многогранна. Снижение запасов влаги в пахотном слое почвы ведет к подавлению микробиологических процессов, в том числе обеспечивающих пополнение запаса доступных форм азота, препятствуя их поглощению. Накопленная к весне в корнеобитаемом слое почвы влага – это практически основной источник снабжения растений в течение вегетации [12, 13]. В нашем опыте перед посевом наблюдалась достаточная влагообеспеченность (более 100 мм в слое 0-100 см). Однако к концу вегетации культуры отмечается резкое снижение запасов продуктивной влаги в три и более раз, причём наиболее сильно иссушались пахотный и подпахотный горизонты (до 1 мм влаги). Такой сильнейший дефицит влаги приводил к образованию большого количества бесплодных колосков, снижал массу тысячи зерен и, вследствие этого, снижалась итоговая урожайность культуры.

Метеоусловия, в которых проходят этапы органогенеза яровой мягкой пшеницы, в структуре урожая определяют

фенотипическое проявление количественных признаков продуктивности растений. Анализ зависимостей полученной продуктивности культуры от показателей структуры урожая в опыте № 1 показал, что в вариантах максимальной урожайности  $N_{30}$  и  $N_{45}$  на фоне  $P_{30}$ , связь массы тысячи зерен с продуктивностью культуры была средняя ( $r=0,40; 0,42$ ), продуктивной кустистости – сильная ( $r=0,83$ ). В то же время на фоне без внесения фосфора в вариантах  $N_{30}$ ,  $N_{30}+ЛП2$  отмечена сильная степень взаимосвязи массы тысячи зерен с урожайностью ( $r=0,86; 0,95$ ). На этом же фоне урожайность в вариантах  $N_{45}$ ,  $N_{45}+ЛП1$  зависела от показателей продуктивной кустистости ( $r=0,62$  и  $0,70$ ). В варианте ЛП1 на фоне  $P_0$  длина колоса изменялась незначительно ( $r=0,49$ ). В опыте № 2 наблюдалась средняя взаимосвязь показателей продуктивной кустистости, длины колоса, массы тысячи зерен с урожайностью ( $r=0,58; 0,56; 0,53$ ).

Урожайность яровой пшеницы в опыте варьировала в широких пределах и зависела от доз, приемов внесения и уровня фосфорного питания (табл.2).

Таблица 2

Влияние дробного азотного питания яровой пшеницы на ее продуктивность в зависимости от фосфорного фона (т/га зерна)

Фон (фактор А)	Вариант основного внесения азотных удобрений (фактор В)	Без подкормки	+ ЛП1	+ЛП2	Среднее по фактору		
					(фактор С)		
$P_0$	контроль	2,15	2,29	2,27	2,51	2,51	2,87
	$N_{30}$	2,46	2,45	2,75		2,96	
	$N_{45}$	2,65	2,72	2,53		3,03	
	$N_{60}$	2,52	2,77	2,56		2,98	
$P_{30}$	контроль	2,79	2,68	2,9	3,23		2,87
	$N_{30}$	3,44	3,46	3,21			
	$N_{45}$	3,64	3,19	3,45			
	$N_{60}$	3,32	3,39	3,29			2,87
НСР <sub>05</sub>	А – 0,23; В – 0,33; С- $F_{\phi} < F_T$ ; ABC – 0,80						

Эффективность дробного применения азотных удобрений в первом опыте не установлена. Основное внесение  $N_{30}$  позволило получить 2,46 т/га зерна, в варианте только листовой подкормки в той же дозе  $N_{30}$  урожайность снизилась до 2,29 т/га, дробление общей дозы  $N_{60}$  на два периода не обеспечило увеличения урожайности (2,27 т/га). При этом основное внесение азотных удобрений было эффективно в следующих случаях: на фоне  $P_0$  в возрастающих дозах  $N_{30-60}$  прибавка составила 0,31-0,50 т/га зерна, на фоне  $P_{30}$  эти же дозы были эффективнее почти

в два раза, прибавка составила 0,65-0,85 т/га. На данном фоне преимущество дробного применения азотных удобрений также не установлено. Так, в варианте  $N_{30}+ЛП1$  получено 3,46 т/га, а при проведении двукратной подкормки (ЛП2) урожайность культуры снижалась (3,21 т/га). Влияние фактора листовых подкормок на урожайность пшеницы было недостоверным ( $F_{\phi} < F_T$ ). Наибольшая прибавка от листовых азотных подкормок получена только на фоне  $P_0$  в вариантах однократной подкормки  $N_{60}+ЛП1$  – 0,25 т/га и двукратной подкормки  $N_{30}+ЛП2$  –

0,29 т/га (около 12 %). Максимальная урожайность культуры в этом опыте была сформирована в варианте основного внесения  $N_{45}$  на фоне  $P_{30}$  – 3,64 т/га зерна. Результаты математической обработки свидетельствуют, что в данном опыте доля участия фосфорного фона питания в колебаниях урожайности яровой пшеницы составляла 72 %, вклад основного внесения азотных удобрений – 12 %. Действие подкормок составило 4 %, различные сочетания факторов были также незначительны.

Во втором опыте (рис. 1) различия в урожайности по вариантам опыта были незначительны ( $F_{\phi} < F_r$ ). Рост продуктивности культуры при применении всей рассчитанной дозы в основное внесение составил всего 0,07 т/га. Дальнейшее дробление общей дозы азотных удобрений незначительно увеличивало продуктивность культуры до 15 % в варианте основного внесения  $N_{80}P_{60}$  и трех листовых подкормок, однако планируемой урожайности в 5 т/га ни в одном варианте достичь не удалось.

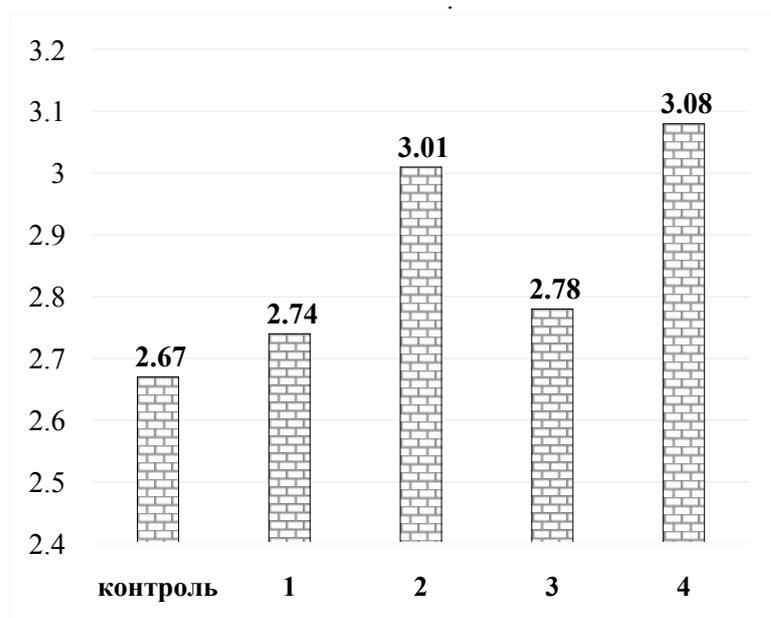


Рис 1. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от вариантов азотного питания растений в опыте №2, т/га

Fig. 1. The yield of spring wheat depending on the options for nitrogen nutrition of plants in experiment No. 2, t/ha

**Выводы.** Таким образом, с 2020 по 2022 годы в южной лесостепной зоне Омской области наблюдался острый дефицит влаги, особенно к концу созревания зерновых культур. Исследованиями установлено, что возделывание яровой пшеницы по непаровому предшественнику в годы с недостаточным увлажнением эффективно при основном внесении удобрений в дозах  $N_{30-45}$

при достаточной обеспеченности подвижным фосфором. Доля вклада фактора «фосфорный фон» в формировании урожайности яровой пшеницы составляла 72 %. Эффективность азотных подкормок была незначительна, методика расчёта дозы удобрений на планируемую урожайность в этих условиях была несостоятельна.

#### Список источников

1. Юшкевич Л.В., Чибис В.В. Последствие повторного и бесменного посева яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 54-58.
2. Бесалиев И.Н. Эффективность действия различных доз азота в составе удобрения на урожайность яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Предуралье // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2016. № 3. С.1-12.
3. Мурыгин В.П., Попов В.А., Елисеев С.Л. Влияние срока и дозы азотной подкормки на урожайность озимых культур // Пермский аграрный вестник. 2016. № 3 (15). С. 53-59.
4. Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П. Эффективность азотных удобрений в черноземной зоне Сибири // Агрохимия. 1972. № 6. С. 2.

5. Храмов И.Ф., Безвиконный Е.В. Азотный режим чернозёма выщелоченного при длительном применении удобрений // *Агрохимия*. 1977. № 9. С. 14.
6. Khan S.A., Mulvaney R.L., Ellsworth T.R., Boast C.W. The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration // *Plant and Environment Interaction*. 2007. Pp. 1821-1832.
7. Лазарев В.И., Лазарева Р.И., Иванова Е.В., Пироженов В.В. Эффективность использования карбамидно-аммиачного удобрения (КАС-32) на яровой пшенице в Курской области // *Плодородие*. 2019. №4. С.8-11.
8. Бесланев С.М., Багов М.Б., Булатова О.М. Дробное внесение азотных удобрений // *Агрохимический вестник*. 2006. С. 24-25.
9. Юмашев Х.С. Эффективность минеральных удобрений в годы с различным режимом увлажнения // *Совершенствование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на Южном Урале. Материалы координационного совета по разработке и внедрению адаптивно-ландшафтных систем земледелия*. Куртамыш, 2013. С.109-114.
10. Гоман Н.В., Бобренко И.А., Попова В.И., Болдышева Е.П., Кормин В.П. Влияние различных способов и форм применения азотных удобрений на урожайность зерновых культур // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2022. №3(47). С. 15-23.
11. Ермохин Ю.И., Неклюдов А.Ф., Красницкий В.М. Программирование урожая: монография. Омск: Ом. гос. аграр. ун-т, 2000. 82 с.
12. Кумаков В.А., Жанабекова Е.И., Григорьев А.М., Алешина Н.А. Влияние влагообеспеченности растений яровой мягкой пшеницы на рост листьев и содержание в них воды и азота // *Агрохимия*. 2004. №5. С. 21-25.
13. Wanting Li, Lulu Xie, Chunzhang Zhao, Xuefeng Hu, Chunying Yin. Nitrogen Fertilization Increases Soil Microbial Biomass and Alters Microbial Composition Especially Under Low Soil Water Availability // *Soil Microbiology*. 2022. Volume 86. Pp. 536–548.

## EFFECTIVENESS OF FRACTIONAL NITROGEN NUTRITION OF SPRING WHEAT DURING DRY YEARS IN THE OMSK IRTYSH REGION

©2024. Viktoriya A. Volkova<sup>1</sup>, Natal'ya A. Voronkova<sup>2</sup>, Natal'ya F. Balabanova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Omsk Agrarian Scientific Center

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution Omsk State Technical University, Omsk, Russia

<sup>1</sup>volkovava1989@yandex.ru

**Abstract.** The research was carried out in order to establish the effectiveness of fractional application of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring soft wheat in the arid conditions of 2020-2022 in the Omsk Irtysh region. It was established that the main application of nitrogen fertilizers in a dose of 30-45 kg/ha d.v. was of decisive importance in the formation of productivity of spring wheat, provided optimal availability of mobile phosphorus. The yield increased by 40-48% due to an increase in the mass of a thousand grains ( $r=0.40-0.42$ ), productive bushiness ( $r=0.83$ ). With fractional nitrogen nutrition of plants in a total dose calculated for the planned yield, the relationship of productivity with the indicators of ear length, thousand grain weight, productive bushiness was average ( $r=0.56; 0.53; 0.58$ ). The effectiveness of nitrogen fertilizing in years with insufficient moisture was insignificant, the method of calculating doses in the fertilizer system for the planned yield in these conditions was untenable.

**Key words:** spring wheat, nitrogen fertilizers, fractional application, structural analysis of yield, productivity

### References

1. Yushkevich L.V., Chibis V.V. Posledejstvie povtornogo i bessmennogo poseva yarovojs pshenicy v usloviyakh lesostepi Zapadnoj Sibiri (Aftereffect of repeated and permanent sowing of spring wheat in the forest-steppe conditions of Western Siberia). *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2021. No. 11. Pp. 54-58.
2. Besaliev I.N. Effektivnost' dejstviya razlichnykh doz azota v sostave udobreniya na urozhajnost' yarovojs tvyordoj pshenicy v Orenburgskom Predural'e (The effectiveness of various doses of nitrogen in the fertilizer on the yield of spring durum wheat in the Orenburg Preduralie). *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra URO RAN (ehlektronnyj zhurnal)*. 2016. No. 3. Pp.1-12.
3. Murygin V.P., Popov V.A., Eliseev S.L. Vliyanie sroka i dozy azotnoj podkormki na urozhajnost' ozimnykh kul'tur (The influence of the timing and dose of nitrogen fertilizing on the yield of winter crops). *Permskij agrarnyj vestnik*. 2016. No. 3 (15). Pp. 53-59.
4. Kochergin A.E., Gamzikov G.P. Effektivnost' azotnykh udobrenij v chernozemnoj zone Sibiri (Efficiency of nitrogen fertilizers in the chernozem zone of Siberia). *Agrokhimiya*. 1972. No. 6. P. 2.
5. Khramtsov I.F., Bezvikonnyj E.V. Azotnyj rezhim chernozyoma vshchelochennogo pri dlitel'nom primenenii udobrenij (Nitrogen regime of leached chernozem with long-term use of fertilizers). *Agrokhimiya*. 1977. No. 9. P. 14.
6. Khan S.A., Mulvaney R.L., Ellsworth T.R., Boast C.W. The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration // *Plant and Environment Interaction*. 2007. Pp. 1821-1832.

7. Lazarev V.I., Lazareva R.I., Ivanova E.V., Pirozhenko V.V. Effektivnost' ispol'zovaniya karbamidno-ammiachnogo udobreniya (KAS-32) na yarovoj pshenice v Kurskoj oblasti (Efficiency of using urea-ammonium fertilizer (UAS-32) on spring wheat in the Kursk region ). Plodorodie. 2019. No. 4. Pp.8-11.
8. Beslaneev S.M., Bagov M.B., Bulatova O.M. Drobnoe vnesenie azotnykh udobrenij (Fractional application of nitrogen fertilizers ). Agrokhimicheskij vestnik. 2006. Pp. 24-25.
9. Yumashev Kh.S. Ehffektivnost' mineral'nykh udobrenij v gody s razlichnym rezhimom uvlazhneniya (Efficiency of mineral fertilizers in years with different moisture regimes). Sovershenstvovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya na Yuzhnom Urale. Materialy koordinacionnogo soveta po razrabotke i vnedreniyu adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya, Kurtamysh. 2013. Pp.109-114.
10. Goman N.V., Bobrenko I.A., Popova V.I., Boldysheva E.P., Kormin V.P. Vliyanie razlichnykh sposobov i form primeneniya azotnykh udobrenij na urozhajnost' zernovykh kul'tur (The influence of various methods and forms of application of nitrogen fertilizers on the yield of grain crops ) // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. No. 3(47).Pp. 15-23.
11. Ermokhin Yu.I., Neklyudov A.F., Krasnickij V.M. Programmirovaniye urozhaya: monografiya (Harvest programming: monograph). Omsk: Om. gos. agrar. un-t, 2000. 82 p.
12. Kumakov V.A., Zhanabekova E.I., Grigor'ev A.M., Aleshina N.A. Vliyanie vlogoobespechennosti rastenij yarovoj myagkoj pshenicy na rost list'ev i sodержание v nikh vody i azota (The influence of moisture supply of spring soft wheat plants on leaf growth and the content of water and nitrogen in them). Agrokhimiya. 2004. No. 5. Pp. 21-25.
13. Wanting Li, Lulu Xie, Chunzhang Zhao, Xuefeng Hu, Chunying Yin. Nitrogen Fertilization Increases Soil Microbial Biomass and Alters Microbial Composition Especially Under Low Soil Water Availability. Soil Microbiology. 2022. Vol. 86. Pp. 536–548.

#### *Сведения об авторах*

**В.А. Волкова**<sup>1</sup> – канд. с.-х. наук;

**Н.А. Воронкова**<sup>2</sup> – д-р с.-х. наук, профессор;

**Н.Ф. Балабанова**<sup>3</sup> – канд. с.-х. наук.

<sup>1,2,3</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Омский аграрный научный центр, пр. Королева, 26, г. Омск, Россия, 644053

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Омский государственный технический университет, пр.Мира, 11, г. Омск, Россия, 644050

<sup>1</sup>volkovava1989@yandex.ru

#### *Information about the authors*

**V.A. Volkova**<sup>1</sup> – Cand. Agr. Sci.;

**N.A. Voronkova**<sup>2</sup> - Dr. Agr. Sci., Professor;

**N.F. Balabanova**<sup>3</sup> – Cand. Agr. Sci.

<sup>1,2,3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Omsk Agrarian Scientific Center, 26, Koroleva Prospekt., Omsk, 644053, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution Omsk State Technical University, 11, Mira Prospekt., Omsk, 644050, Russia

<sup>1</sup>volkovava1989@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 23.12.2023; одобрена после рецензирования 31.01.2024; принята к публикации 20.05.2024*

*The article was submitted 23.12.2023; approved after reviewing 31.01.2024; accepted for publication 20.05.2024*

## ОЦЕНКА ГЕНОФОНДА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ GLYCINE SOJA ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

©2024. Анна Петровна Галиченко<sup>1</sup>, Ольга Николаевна Бондаренко<sup>2</sup>, Анастасия Андреевна Блинова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

<sup>1</sup>gap@vniisoi.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения 50 форм дикой сои (*Glycine soja*), отобранных из 6 районов Амурской области, КНР, Приморского и Хабаровского краёв, генофонда Федерального научного центра Всероссийского научно-исследовательского института (ФНЦ ВНИИ) сои, выделены источники основных хозяйственно ценных признаков для их дальнейшего использования в качестве исходных родительских форм при гибридизации. Период вегетации у диких форм сои составил 88...115 дней, большая часть изучаемых номеров (55 %) была представлена скороспелыми формами (90...99 дней). По массе семян с одного растения выделено 8 номеров: КЗ-616 – 91,7 г, КЗ-596 – 92,4 г, КЗ-599 – 104,5 г, КТ-153 – 96,3 г, КА-346 – 98,4 г, КА-377 – 91,3 г, КБл-91 – 100,4 г и КБл-93 – 105,5 г, превышающих стандарт дикой сои КТ-156 на 14,2...28,4 г. По массе 1000 семян наиболее высокие результаты зафиксированы у 8 форм: КЗ-596 – 29,8 г, КЗ-642 – 31,4 г, КТ-221 – 31,6 г, КБел-84 – 31,3 г, КБел-1275 – 34,0 г, КА-346 – 35,2 г, КБл-5625 – 31,3 г и КХаб-1 – 30,7 г, превосходящих стандарт на 0,3...5,7 г. По количеству семян с растения выделено 6 номеров: КБел-113 – 4457 шт., КМ-6361 – 4537 шт., КМ-322 – 4092 шт., КА-455 – 8725 шт., № 5673 (КНР) – 4122 шт. и № 5683 (Приморский край) – 6170 шт., превышающих КТ-156 на 1620...6253 шт. По содержанию белка в семенах (> 50 %) выделено 17 форм, из которых наиболее высокий показатель отмечен у КБел-30 (53,8 %). Анализ корреляционных связей позволил установить прямую заметную зависимость между массой семян с растения и массой 1000 семян ( $r = 0,59$ ) и обратную заметную взаимосвязь между массой семян с растения и содержанием белка в семенах ( $r = -0,67$ ), а также между периодом вегетации и массой 1000 семян ( $r = -0,64$ ).

**Ключевые слова:** *Glycine soja*, генетическое разнообразие, хозяйственно ценные признаки, коэффициент вариации, корреляция

**Введение.** Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) является одной из экономически важных сельскохозяйственных культур во всем мире, используемой в пищу как для человека, так и для домашнего скота [1]. Кроме того, она является основным источником белковой муки и дает более половины семян масличных культур в мире [2]. Хотя урожайность сои увеличилась за последнее столетие, производство сои не может удовлетворить потребности растущего населения мира. Генетическое разнообразие сельскохозяйственных культур или генетических ресурсов, используемых в селекции, а также их взаимосвязь имеют решающее значение для увеличения генетической изменчивости, эффективной селекции [3]. Узкая генетическая база (т.е.

узкое генетическое разнообразие) препятствует улучшению сои и значительно ограничивает выведение сортов сои нового поколения с высокой урожайностью и стрессоустойчивостью к изменяющимся условиям окружающей среды. *Glycine soja* является диким видом с большим генетическим разнообразием и обилием аллелей, чем *Glycine max*. Дикая соя способна скрещиваться с культурной соей, что делает её источником разнообразия для расширения генофонда [4–7]. На сегодняшний день принято считать, что дикая соя содержит важные гены для адаптации к различным суровым условиям окружающей среды, в том числе к болезням и засухе. Доказано, что дикая соя, предок одомашненной сои, демонстрирует значительно более широкую

генетическую изменчивость по многим признакам, чем культурная соя [8–10]. Несколько генов, связанных с признаками реакции на стресс, были идентифицированы и охарактеризованы у дикой сои, некоторые из которых были успешно введены в культурную сою, включая устойчивость к обыкновенной совке и соевой нематодой, а также толерантность к соли [8, 11–13]. Эти исследования показывают, что дикая соя может служить важным генетическим ресурсом для селекции сои на устойчивость к болезням и вредителям, а также к различным биотическим и абиотическим стрессам [14]. Цель – изучить генофонд дикой сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои и выделить источники основных хозяйственно ценных признаков для их дальнейшего использования в селекционном процессе.

**Методика.** Объектами исследования являлись 46 коллекционных форм дикой сои (*G. Soja*), отобранных в различных районах Амурской области (Зейский, Тамбовский, Белогорский, Михайловский, Архаринский, Благовещенский), 2 формы из КНР, 1 из Приморского края и 1 из Хабаровского края (рис. 1). В качестве стандартов использовалось 2 образца: сорт сои Лидия – культурного типа и форма дикой сои – КТ-156.



Рис 1. Формы дикой сои на опытном поле ФНЦ ВНИИ сои.

Fig. 1. Forms of wild soybeans on an experimental field of FRC ARSRI of soybean

**Результаты.** Одним из наиболее важных признаков для сои является продолжительность периода вегетации. По производственной классификации, принятой в Амурской области, сорта подразделяются на четыре группы спелости: ультраскороспелые – менее 89 дней, скороспелые – 90...105 дней, среднеспелые – 106...115 дней, и позднеспелые – 116 и более дней.

Полевой опыт был заложен 17 мая 2023 года на экспериментальном поле лаборатории селекции и первичного семеноводства ФНЦ ВНИИ сои (с. Садовое Тамбовского района Амурской области). Семена перед посевом скарифицировали препаративной иглой, высевали вручную на делянки длиной 5 м в пяти повторностях, площадь питания одного растения 90x100 см, площадь делянки – 4,5 м<sup>2</sup> [15]. В период вегетации проводили фенологические наблюдения, в период созревания – оценку по хозяйственно ценным признакам [16]. Все растения убирали путем выдергивания с корнем. Учет урожая и биометрический анализ проводили по каждому растению. Содержание белка в семенах определяли методом диффузного отражения в ближайшей инфракрасной области в лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции с использованием анализатора «Foss NIRSystem 5000» (Швеция). Анализ изменчивости признаков оценивался по коэффициенту вариации, теснота взаимосвязи между хозяйственно ценными признаками – по коэффициенту корреляции с использованием программы Microsoft Excel.

Продолжительность периода вегетации у диких форм сои составляла от 88 до 115 дней, при 95 днях у стандарта дикой сои КТ-156 и культурной сои сорта Лидия (табл. 1). В процессе изучения отмечен ультраскороспелый номер, отобранный из Зейского района Амурской области – КЗ-642 (88 дней).

Характеристика лучших номеров коллекционных форм дикой сои по хозяйственно ценным признакам

№ п/п	Название сорта, формы	ПВ, дни	Масса семян с растения, г		Масса 1000 семян, г		Количество семян с растения, шт.		Содержание белка, %
			$\bar{x} \pm S_x$	$V_{\sigma}, \%$	$\bar{x} \pm S_x$	$V_{\sigma}, \%$	$\bar{x} \pm S_x$	$V_{\sigma}, \%$	
1	Лидия (st)	95	96,8±4,4	8,1	175,6±12,0	4,5	560±49,2	7,4	37,6
2	КТ-156 (st)	95	77,1±2,4	5,8	29,5±2,2	9,7	2472±377,1	9,6	47,7
Зейский район									
3	КЗ-616	97	91,7±17,1	26,3	27,5±0,8	3,9	3354±675,9	28,5	44,7
4	КЗ-596	90	92,4±15,5	23,8	29,8±0,9	4,5	3073±446,6	20,6	44,2
5	КЗ-599	99	104,5±13,3	18,0	29,2±1,4	6,8	3639±645,9	25,1	45,0
6	КЗ-578	96	77,0±7,0	12,9	27,2±0,8	4,4	2822±176,1	8,8	46,0
7	КЗ-592	97	102,0±3,4	4,7	27,3±0,1	0,7	3741±103,6	3,9	46,1
8	КЗ-642	88	55,0±8,0	20,6	31,4±1,4	6,5	1739±188,2	15,3	51,3
9	КЗ-1209	95	55,9±7,8	19,7	27,6±2,1	10,7	2057±322,7	22,2	50,5
Тамбовский район									
10	КТ-153	93	96,3±10,7	15,8	28,7±1,6	8,0	3333±201,3	8,5	46,2
11	КТ-221	96	67,6±3,4	7,1	31,6±1,3	6,0	2136±46,7	3,1	49,2
12	КТ-164	100	74,2±16,2	30,8	23,9±1,9	11,3	2772±487,7	24,9	50,9
13	КТ-165	98	52,2±7,2	19,5	29,1±2,0	9,8	2101±105,9	7,1	50,5
14	КТ-166	95	70,5±6,2	12,5	29,3±1,5	7,1	2522±60,0	3,4	48,4
Белогорский район									
15	КБел-84	100	65,8±13,9	29,8	31,3±1,7	7,7	2183±383,6	24,8	50,5
16	КБел-107	98	57,2±10,7	26,4	28,5±2,5	12,3	2000±338,7	24,0	50,0
17	КБел-50	101	41,7±5,3	22,0	14,1±0,3	3,6	2994±329,3	19,0	51,4
18	КБел-113	105	48,9±14,2	41,2	11,1±0,6	7,4	4457±1410,7	44,8	49,0
19	КБел-1275	107	51,8±2,5	6,7	34,0±2,6	10,6	1598±139,2	12,3	51,5
20	КБел-30	105	13,0±0,6	6,9	17,2±0,2	1,7	755±28,0	5,2	53,8
Михайловский район									
21	КМ-6361	112	61,5±20,7	47,6	13,5±0,1	0,9	4537±1530,1	47,7	51,7
22	КМ-6352	109	40,1±2,8	8,7	14,3±0,1	1,4	2782±562,9	28,8	51,5
23	КМ-6365	107	24,6±9,5	39,7	10,6±0,2	2,4	2306±140,9	8,6	51,2
24	КМ-6367	95	27,6±10,8	55,1	10,9±0,5	6,5	2546±789,0	43,8	50,1
25	КМ-6360	105	33,9±1,6	6,8	10,6±0,3	4,3	3239±251,7	11,0	50,8
26	КМ-322	104	45,7±8,1	25,2	11,6±0,7	8,9	4092±797,1	27,5	48,0
Архаринский район									
27	КА-346	93	98,4±9,6	13,8	35,2±0,4	1,7	2786±244,2	12,4	48,4
28	КА-353	95	85,8±13,2	21,8	29,4±0,7	3,5	2934±507,4	24,5	51,4
29	КА-360	97	83,5±8,7	14,7	27,3±0,5	2,7	3299±297,8	12,8	46,4
30	КА-377	93	91,3±5,8	8,9	27,8±1,3	6,6	3282±54,3	2,3	46,8
31	КА-494	113	67,4±1,6	3,4	17,5±0,3	2,3	3996±113,4	4,0	47,4
32	КА-438	105	81,7±1,6	5,1	10,7±0,1	1,1	2546±61,0	3,7	49,7
33	КА-455	115	81,3±16,9	29,4	9,2±0,2	3,3	8725±1667,8	27,0	43,8
Благовещенский район									
34	КБл-77	98	88,7±3,2	5,1	28,7±1,1	5,3	3145±181,2	8,1	49,1
35	КБл-91	99	100,4±5,1	7,2	26,6±1,8	9,9	3983±164,5	5,8	48,0
36	КБл-90	97	62,8±14,8	33,2	28,4±2,0	10,1	2965±262,6	12,2	47,3
37	КБл-93	95	105,5±33,7	45,1	28,0±0,8	4,0	3825±1279,5	47,3	48,5
38	КБл-5625	105	80,2±14,3	25,3	31,3±1,6	7,1	2658±495,2	26,3	51,1
КНР									
39	№ 5673	107	45,5±17,4	54,1	12,1±1,2	14,0	4122±1883,3	64,6	50,1
40	№ 5674	98	32,6±3,4	6,0	11,9±0,6	2,2	2741±216,2	8,9	49,9
Приморский край									
41	№ 5683	104	60,1±10,3	24,3	10,2±0,6	8,8	6170±1183,8	27,1	49,0
Хабаровский край									
42	Кхаб-1	101	84,1±5,5	9,2	30,7±1,6	7,4	2773±330,7	16,9	48,3

Примечание: ПВ – период вегетации.

Большая часть коллекционных номеров дикой сои (55 %) была представлена скороспелыми образцами с периодом вегетации 90...99 дней, отобранными из разных районов области. Данные формы представляют интерес в селекционном процессе как источники скороспелости при создании скороспелых сортов сои нового поколения.

Самым важным критерием любой сельскохозяйственной культуры – в общем и для сои – в частности является продуктивность. Основными показателями продуктивности отмечают: масса семян с растения, масса 1000 семян и количество семян с растения [19]. Масса семян с одного растения у лучших номеров коллекционного питомника дикой сои изменялась от 13,0 г у № 20 – КБел-30 до 105,5 г у № 37 – КБл-93, при 96,8 г – у стандарта культурной сои сорта Лидия и 77,1 г у стандарта дикой сои КТ-156. Изменчивость по данному признаку была незначительной – 8,1 и 5,8 % соответственно. По массе семян с растения стандарт дикой сои превзошли 16 форм, из которых наиболее высокими показателями отмечены: № 3 – КЗ-616 (91,7 г), № 4 – КЗ-596 (92,4 г), № 5 – КЗ-599 (104,5 г), № 10 – КТ-153 (96,3 г), № 27 – КА-346 (98,4 г), № 30 – КА-377 (91,3 г), № 35 – КБл-91 (100,4 г) и № 37 – КБл-93 (105,5 г), превышающие стандарт КТ-156 на 14,2...28,4 г. Изменчивость была незначительной у 32,5 % номеров и составляла 3,4...9,2 %. Средний показатель варьирования признака (12,5...19,7 %) зафиксирован у 20 % номеров, остальные 47,5 % характеризовались значительным уровнем изменчивости (20,6...55,1 %).

Масса 1000 семян находилась в пределах от 9,2 г у № 33 – КА-455 до 35,2 г у № 27 – КА-346, у культурного сорта-стандарта Лидия – 175,6 г и у формы дикой сои КТ-156 – 29,5 г, изменчивость по данному признаку у стандартов была незначительной (4,5 и 9,7 % соответственно). Наиболее высокими показателями по массе 1000 семян отмечено 8 номеров: № 4 – КЗ-596 (29,8 г), № 8 – КЗ-642 (31,4 г), № 11 – КТ-221 (31,6 г), № 15 – КБел-84 (31,3 г), № 19 – КБел-1275 (34,0 г), № 27 – КА-346 (35,2 г), № 38 – КБл-5625 (31,3 г) и № 42 – КХаб-1 (30,7 г), превышающих стандарт дикой сои КТ-156 (29,5 г) на 0,3...5,7 г. Изменчивость данного

признака была незначительной (0,7...9,9 %) у 85 % форм и средней (10,1...14,0 %) у 15 %.

Количество семян с растения у лучших форм коллекционного питомника дикой сои изменялось от 755 шт. у № 20 – КБел-30 до 8725 шт. у № 33 – КА-455, при 560 шт. у стандарта культурной сои сорта Лидия и 2472 шт. у стандарта дикой сои КТ-156. Изменчивость по данному признаку была незначительной – 7,4 и 9,6 % соответственно. По количеству семян с растения стандарт дикой сои превзошли 77,5 % номеров, из которых наиболее высокими показателями отмечены: № 18 – КБел-113 (4457 шт.), № 21 – КМ-6361 (4537 шт.), № 26 – КМ-322 (4092 шт.), № 33 – КА-455 (8725 шт.), № 39 – № 5673 (КНР) – 4122 шт. и № 41 – № 5683 (Приморский край) – 6170 шт. Варьирование данного признака было незначительным у 35 % форм дикой сои (2,3...8,9 %), средним у 20 % (11,0...19,0 %) и значительным у 45 % (20,6...64,6 %).

Содержание белка у коллекционных форм дикой сои находилось в пределах от 43,8 % до 53,8 %, при 37,6 % – у стандарта культурной сои сорта Лидия и 47,7 % – у стандарта дикой сои КТ-156. С повышенным уровнем белка в семенах (> 50 %) выделено 17 номеров (42,5 %), из которых наиболее высоким показателем по данному признаку обладала форма № 20 – КБел-30, однако по массе и количеству семян с растения данный номер имел самые низкие показатели (13,0 г и 755 шт. соответственно).

В результате анализа корреляционных связей, направленных на изучение влияния одного хозяйственно ценного признака на другой, установлена прямая заметная зависимость (по шкале Чеддока) между массой семян с растения и массой 1000 семян ( $r = 0,59$ ), обратная заметная взаимосвязь между массой семян с растения и содержанием белка в семенах ( $r = -0,67$ ) и между периодом вегетации и массой 1000 семян ( $r = -0,64$ ). Между показателями период вегетации и количеством семян с растения зафиксирована умеренная корреляционная зависимость ( $r = 0,43$ ), между массой и количеством семян с растения и между содержанием белка и периодом вегетации – слабая взаимосвязь ( $r = 0,27$  и  $0,22$  соответственно).

**Выводы.** В результате проведенных исследований коллекционных форм Glycine

soja выделено 22 источника скороспелости (88...99 дней), 8 – высокой массы семян с растения (91,3...105,5 г), 8 – наибольшей массы 1000 семян (29,8...35,2 г, превышающих стандарт дикой сои на 0,3...5,7 г), 6 – высокого числа семян с растения (4092...8725 шт.) и 17 – повышенного содержания белка в семенах (50,0...53,8 %). Найдены источники, сочетающие в себе два и более хозяйственно ценных признака. Данные формы дикой сои рекомендуется использовать в селекционном процессе в качестве исходных родительских форм при

гибридизации. Выявлена заметная положительная корреляционная зависимость между массой семян с растения и массой 1000 семян ( $r = 0,59$ ) и обратная заметная взаимосвязь между массой семян с растения и содержанием белка в семенах ( $r = -0,67$ ), а также между периодом вегетации и массой 1000 семян ( $r = -0,64$ ).

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

#### Список источников

1. Smil V. Magic beans // Nature. 2000. No. 407. P. 567.
2. Papchenko V., Matveeva T., Bochkarev S., Belinska A., Kunitsia E., Chernukha A., Bezuglov O., Bogatov O., Polkovnychenko D., Shcherbak S. Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. No. 3. P. 66–76.
3. He J., Jin Y., Turner N. C., Chen Z., Liu H. Y., Wang X. L., et al. Phosphorus application increases root growth, improves daily water use during the reproductive stage, and increases grain yield in soybean subjected to water shortage // Environ. Exp. Bot. 2019.166:103816.
4. Zhuang Y., Li X., Hu J. et al. Expanding the gene pool for soybean improvement with its wild relatives // aBIOTECH. 2022. No. 3. P. 115–125.
5. Chung G., Singh R. J. Broadening the genetic base of soybean: A multidisciplinary approach // Critical Reviews in Plant Sciences. 2008. No. 5. P. 295–341.
6. Akpertey A., Belaffif M., Graef G. L. et al. Effects of selective genetic introgression from wild soybean to soybean // Crop science. 2014. Vol. 54. No. 6. P. 2683–2695.
7. Hegstad J. M., Nelson R. L., Renny-Byfield S. et al. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield // Theoretical and Applied Genetics. 2019. Vol. 132. P. 2541–2552.
8. Muñoz N., Liu A., Kan L., Li M. W., Lam H. M. Potential Uses of Wild Germplasm of Grain Legumes for Crop Improvement // Int J Mol Sci. 2017. No. 18(2). P. 328.
9. Mammadov J., Buyyarapu R., Guttikonda S. K., Parliament K., Abdurakhmonov I. Y. and Kumpatla S. P. Wild Relatives of Maize, Rice, Cotton, and Soybean: Treasure Troves for Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses // Front. Plant Sci. 2018.
10. Li Y. H., Zhou G., Ma J. et al. De novo assembly of soybean wild relatives for pan-genome analysis of diversity and agronomic traits // Nature Biotechnology. 2014. No. 32. P. 1045–1052.
11. Qi X., Li M. W., Xie M. et al. Identification of a novel salt tolerance gene in wild soybean by whole-genome sequencing // Nature Communications. 2014. No. 5. P. 4340.
12. Lee J. D., Shannon J. G., Vuong T. D., Nguyen H. T. Inheritance of Salt Tolerance in Wild Soybean (*Glycine soja* Sieb. and Zucc.) // Accession PI483463. Journal of Heredity. No. 100. Issue 6. November-December 2009. P. 798–801.
13. Tuyen D.D., Lal S., Xu, D.H. Identification of a major QTL allele from wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) for increasing alkaline salt tolerance in soybean // Theoretical and Applied Genetics. 2010. No. 121. P. 229–236.
14. Wang L., Gao Y., Wang S., Zhang Q., Yang S. Genome-wide identification of PME genes, evolution and expression analyses in soybean (*Glycine max* L.) // BMC Plant Biol. 2021 Dec 6. No. 21(1). P. 578.
15. Ала А. Я., Тильба В. А. Генетические методы селекции *G.max* [L.] Merr. x *G.soja*. Благовещенск: ПКИ «Зея». 2005. 128 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1.Общая часть. М.: Колос. 2019. 329 с.

### ASSESSMENT OF THE GENE POOL OF THE COLLECTION FORMS OF GLYCINE SOJA BY ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS

©2024. Anna Petrovna Galichenko<sup>1</sup>, Olga Nikolaevna Bondarenko<sup>2</sup>, Anastasia Andreevna Blinova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup>gap@vniisoi.ru

**Abstract.** The article presents the results of the study of 50 forms of soybean (*Glycine soja*), selected from 6 districts of the Amur region, the People's Republic of China, Primorsky and

Khabarovsk Territories of the gene pool of the Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute (FRC ARSRI) of soybean», and identifies the sources of the main economically valuable traits for their further use as initial parental forms during hybridization. The vegetation period for wild forms of soybeans was from 88 to 115 days, most of the studied samples (55%) were represented by early ripening forms (from 90 to 99 days). In terms of the weight of seeds from one plant, 8 samples were distinguished: KZ-616 – 91.7 g, KZ-596 – 92.4 g, KZ-599 – 104.5 g, KT-153 – 96.3 g, KA-346 – 98.4 g, KA-377 – 91.3 g, KBI-91 – 100.4 g and KBI-93 – 105.5 g, exceeding the wild soybean standard KT-156 by 14.2 to 28.4 g. In terms of the weight of 1000 seeds, the highest results were registered for 8 forms: KZ-596 – 29.8 g, KZ-642 – 31.4 g, KT-221 – 31.6 g, KBel-84 – 31.3 g, KBel-1275 – 34.0 g, KA-346 – 35.2 g, KBL-5625 – 31.3 g and KHab-1 – 30.7 g, exceeding the standard by 0.3 to 5.7 g. In terms of the number of seeds per plant, 6 samples were distinguished: KBel-113 – 4457 pcs, KM-6361 – 4537 pcs, KM-322 – 4092 pcs, KA-455 – 8725 pcs, No. 5673 (PRC) – 4122 pcs and No. 5683 (Primorsky Territory) – 6170 pcs, exceeding KT-156 by 1620 to 6253 pcs. In terms of the protein content in seeds (> 50%), 17 forms were distinguished, of which the highest indicator was noted in KBel-30 (53.8%). The analysis of correlations revealed a direct pronounced relationship between the weight of seeds per plant and the weight of 1000 seeds ( $r = 0.59$ ), an inverse pronounced relationship between the weight of seeds per plant and the protein content in seeds ( $r = -0.67$ ), and between the growing season and the weight of 1000 seeds ( $r = -0.64$ ).

**Key words:** Glycine soja, genetic diversity, economically valuable traits, variation factor, index of correlation

#### References

- Smil V. Magic beans, Nature, 2000, No. 407, pp. 567.
- Papchenko V., Matveeva T., Bochkarev S., Belinska A., Kunitsia E., Chernukha A., Bezuglov O., Bogatov O., Polkovnychenko D., Shcherbak S. Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, No. 3, pp. 66–76.
- He J., Jin Y., Turner N. C., Chen Z., Liu H. Y., Wang X. L., et al. Phosphorus application increases root growth, improves daily water use during the reproductive stage, and increases grain yield in soybean subjected to water shortage, Environ. Exp. Bot, 2019, 166, 103816.
- Zhuang Y., Li X., Hu J. et al. Expanding the gene pool for soybean improvement with its wild relatives, aBIOTECH, 2022, No. 3, pp. 115–125.
- Chung G., Singh R. J. Broadening the genetic base of soybean: A multidisciplinary approach, Critical Reviews in Plant Sciences, 2008, No. 5, pp. 295–341.
- Akperterey A., Belaffif M., Graef G. L. et al. Effects of selective genetic introgression from wild soybean to soybean, Crop science, 2014, Vol. 54, No. 6, pp. 2683–2695.
- Hegstad J. M., Nelson R. L., Renny-Byfield S. et al. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield, Theoretical and Applied Genetics, 2019, Vol. 132, pp. 2541–2552.
- Muñoz N., Liu A., Kan L., Li M. W., Lam H. M. Potential Uses of Wild Germplasm of Grain Legumes for Crop Improvement, Int J MolSci, 2017, No. 18(2), pp. 328.
- Mammadov J., Buyyarapu R., Guttikonda S. K., Parliament K., Abdurakhmonov I. Y. and Kumpatla S. P. Wild Relatives of Maize, Rice, Cotton, and Soybean: Treasure Troves for Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses, Front. Plant Sci, 2018.
- Li Y. H., Zhou G., Ma J. et al. De novo assembly of soybean wild relatives for pan-genome analysis of diversity and agronomic traits, Nature Biotechnology, 2014, No. 32, pp. 1045–1052.
- Qi X., Li M. W., Xie M. et al. Identification of a novel salt tolerance gene in wild soybean by whole-genome sequencing, Nature Communications, 2014, No. 5, pp. 4340.
- Lee J. D., Shannon J. G., Vuong T. D., Nguyen H. T. Inheritance of Salt Tolerance in Wild Soybean (Glycine soja Sieb. and Zucc.), Accession PI483463, Journal of Heredity, No. 100, Issue 6, November-December 2009, pp. 798–801.
- Tuyen D. D., Lal S., Xu, D. H. Identification of a major QTL allele from wild soybean (Glycine soja Sieb. & Zucc.) for increasing alkaline salt tolerance in soybean, Theoretical and Applied Genetics, 2010, No. 121, pp. 229–236.
- Wang L., Gao Y., Wang S., Zhang Q., Yang S. Genome-wide identification of PME genes, evolution and expression analyses in soybean (Glycine max L.), BMC Plant Biol, 2021 Dec 6, No. 21(1), pp. 578.
- Ala A. Ya., Til'ba V. A. Geneticheskiye metody selektsii G.max [L.] Merr. x G.soja (Genetic methods of selection of G.max [L.] Merr. x G.soja.), Blagoveshchensk, PKI «Zeya», 2005, 128 p.
- Metodika gosudarstvennog sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (Methodology for state variety testing of agricultural crops), Vypusk 1, Obshchayachast', Moskva, Kolos, 2019, 329 p.

#### Сведения об авторах

**А.П. Галиченко**<sup>1</sup> – научный сотрудник;  
**О.Н. Бондаренко**<sup>2</sup> – научный сотрудник;  
**А.А. Блинова**<sup>3</sup> – младший научный сотрудник.

<sup>1,2,3</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе 19

<sup>1</sup>0000-0002-4445-3779

<sup>2</sup>0000-0002-5051-7695

<sup>3</sup>0000-0002-7234-0595

<sup>1</sup>gap@vniisoi.ru

<sup>2</sup>ton@vniisoi.ru

<sup>3</sup>baa@vniisoi.ru

*Information about the authors*

**A.P. Galichenko**<sup>1</sup> – Researcher;

**O.N. Bondarenko**<sup>2</sup> – Researcher;

**A.A. Blinova**<sup>3</sup> – Junior Researcher.

<sup>1,2,3</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», 19, Ignatievskoe Shosse, Blagoveshchensk, Amur region, 675027, Russia

<sup>1</sup>0000-0002-4445-3779

<sup>2</sup>0000-0002-5051-7695

<sup>3</sup>0000-0002-7234-0595

<sup>1</sup>gap@vniisoi.ru

<sup>2</sup>ton@vniisoi.ru

<sup>3</sup>baa@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 22.02.2024; одобрена после рецензирования 25.03.2024; принята к публикации 20.05.2024*

*The article was submitted 22.02.2024; approved after reviewing 25.03.2024; accepted for publication 20.05.2024*

Научная статья  
УДК 551.5:551.583  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_45

## НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

©2024. Юрий Александрович Гулянов  
Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия, [iury.gulynov@yandex.ru](mailto:iury.gulynov@yandex.ru)

**Аннотация.** Определены направления использования цифровых ресурсов для мониторинга развития растительной массы озимой пшеницы с целью управления продуктивностью полевых культур в процессе вегетации. Показана их высокая актуальность для оптимизации природо- и ресурсосберегающих агрономических технологий в регионах степной зоны России, нуждающихся в поддержании экологического равновесия и сохранении биологического разнообразия. Предложено использование нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) для оценки сезонного развития посевов озимой пшеницы в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области. Обосновано проведение оценки уровня развития фитомассы девяти сортов озимой пшеницы методом сравнения текущих показателей на поле с эталонными посевами, характеризующимися нормальной для зоны сезонной динамикой развития культуры. Построен графический эталон развития посевов озимой пшеницы Колос Оренбуржья в виде соотношения временных рядов NDVI и накопленных сумм активных температур к соответствующей фазе вегетации. Дано заключение о целесообразности формирования базы количественных характеристик эталонных посевов других полевых культур, их перспективности для оперативной оценки текущих посевов и принятия корректирующих технологических решений в случае существенных отклонений от эталона.

**Ключевые слова:** цифровые ресурсы, мониторинг фитомассы, NDVI, сумма активных температур, эталонные посевы, озимая пшеница, управление продуктивностью

**Введение.** Прогресс в развитии информационных технологий создаёт новые возможности для использования в сельском хозяйстве качественно новых технологических решений и подходов. Их реализация предполагает использование цифровых методов мониторинга фитомассы, выявления её пространственной изменчивости, мелкомасштабной неоднородности распределения вредных объектов (сорные растения, вредители, болезни) и является перспективным приёмом управления продуктивностью посевов, в том числе путём дискретного технологического воздействия на отдельные участки поля [1, 2].

Высокую актуальность подобные подходы имеют в природо- и ресурсосберегающих агротехнологиях степной зоны, предусматривающих определение допустимой величины технологического воздействия на агроландшафты в целях обеспечения экологического равновесия и сохранения биологического разнообразия экосистем [3].

Поддержание фитометрических параметров агроценозов на оптимальном уровне, обеспечивающем высокую реализацию потенциала продуктивности полевых культур при щадящем отношении к окружающей среде, предполагает их периодический мониторинг и проведение корректирующих агротехнологических приёмов в процессе вегетации [4-6].

В качестве источника информации о количестве, пространственном распределении растительной массы полевых культур и характере сезонного развития посевов используются мультиспектральные космические снимки (ДЗЗ), данные измерений с беспилотных летательных аппаратов и наземных сканирующих устройств, выраженные в виде нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) [7, 8].

Образцом высокой продуктивности различных полевых культур могут служить эталонные посевы, отражающие нормальную сезонную динамику развития культуры и

характеризующиеся среднегодовыми значениями индекса NDVI для определённой зоны возделывания или значениями NDVI за год, близкий к климатической норме [9]. На основе их параметров проводится оценка уровня развития наблюдаемых посевов методом сравнения текущих показателей на поле с эталонным развитием культуры [3].

Использование NDVI для контроля развития фитомассы сельскохозяйственных культур представляется целесообразным и при формировании банка данных его величин, характерных для эталонных посевов различных полевых культур, в том числе в разрезе сортов, с учётом их индивидуальных особенностей, а также для годов с «полярными» условиями атмосферного увлажнения и радиационного режима [10, 11].

В соответствии с этим, цель настоящих исследований заключается в выявлении перспективных направлений использования цифровых ресурсов для управления производственным процессом полевых культур в зональных наукоёмких агротехнологиях степной зоны.

Реализация намеченной цели осуществляется путём поэтапного решения нескольких задач. На первоначальном этапе исследований изучали сезонную динамику развития вегетативной и продуктивной массы озимой пшеницы по показателю нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), измеренного с помощью портативного сканирующего устройства.

Исследования второго этапа заключаются в выявлении особенностей связи урожайности зерна различных сортов озимой пшеницы с фитометрическими параметрами посевов, в том числе выраженными через NDVI. Заключительный этап был посвящён построению графического эталона развития озимой пшеницы на основе сопоставления временных рядов NDVI и накопленных сумм активных температур к каждой последующей фазе вегетации.

**Методика.** Программа исследований включает стационарные наблюдения и учёты на участке конкурсного экологического сортоиспытания озимой пшеницы в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (2019, 2020 гг.).

В схему исследований были включены следующие девять сортов озимой пшеницы: 1 – Колос Оренбургская, 2 – Новоершовская,

3 – Фотинья, 4 – Саратовская 17, 5 – Жемчужина Поволжья, 6 – Оренбургская 105, 7 – Рифей, 8 – Тарасовская остистая, 9 – Пионерская 32.

Почва опытного участка представлена чернозёмом южным маломощным карбонатным тяжелосуглинистым, с содержанием гумуса в пахотном слое почвы 3,8% (по методу Тюрина), подвижного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) – 1,35 мг/100 г почвы (при определении ионометрическим методом), легкогидролизуемого азота – 8,4 мг/100 г почвы (по методу Тюрина и Кононовой), подвижного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 3,25 мг/100 г почвы и обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 27,0 мг на 100 г почвы (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО), при мощности гумусового горизонта 114-118 см и щелочной реакции почвенной среды (рН 7,6-7,8).

Объектом исследований выступают фитометрические параметры посевов, определённые весовым методом и выраженные в виде индекса NDVI, измеренного портативным сенсором с активным оптическим датчиком Green Seeker Handheld Crop Sensor, Model HCS-100.

Источником метеорологической информации служили данные метеорологической станции Оренбург, представленные в виде временных рядов среднесуточных и среднемесячных значений температуры воздуха за каждый анализируемый год [12].

Математическая обработка экспериментальных данных проведена стандартными статистическими методами корреляционного анализа [13]. Оценка силы связи между данными отдельных массивов осуществлена с использованием коэффициента корреляции Пирсона (r).

**Результаты.** Результаты наших исследований показали, что динамика NDVI в посевах озимой пшеницы достаточно объективно отражает ход нарастания фитомассы озимой пшеницы в процессе вегетации и характеризуется определёнными особенностями. Они выражаются в наибольших значениях вегетационного индекса посевов в первой половине вегетации, соответствующей периодам максимального развития и яркой окрашенности зелёных растений (от фазы полного кушения до выхода в трубку-колошения). В завершающие фазы развития, в связи с осветлением растений,

сопровождается изменением их оптико-биологических свойств, а также сокращением площади ассимиляционного аппарата при перераспределении пластических веществ и отмирании нижних листьев, отмечено

скоротечное снижение индекса NDVI до минимальных значений в период созревания зерна (рисунок 1).

			
Осеннее косение	Завершение осенней вегетации	Выход в трубку	Колошение
			
Цветение	Начало налива зерна	Молочно-восковая спелость	Восковая спелость

Рис 1. Визуализация органогенеза озимой пшеницы на чернозёмах южных в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области, 2019, 2020 гг.

Fig. 1. Visualization of organogenesis of winter wheat on southern chernozems in the Central soil and climatic zone of the Orenburg region, 2019, 2020.

Графическое представление хода нарастания фитомассы озимой пшеницы в процессе вегетации указывает и на сезонную выраженность NDVI, проявившуюся в заметном снижении его величины при весеннем возобновлении, по сравнению с периодом завершения осенней вегетации. Это связано со значительной потерей биомассы растений за длительный период зимовки (4,5-5 месяцев), не отличающийся постоянством метеорологических параметров и

сопровождающийся ослаблением и гибелью части растений.

Так, наибольшие значения NDVI в осенний период, отмеченные на делянках сорта Колос Оренбуржья в третьей декаде октября при среднесуточной температуре воздуха 8,5°C и составившие 0,75 единиц, при возобновлении весенней вегетации в первой декаде апреля снизились до 0,43 единиц или на 42,7 % (рисунок 2).

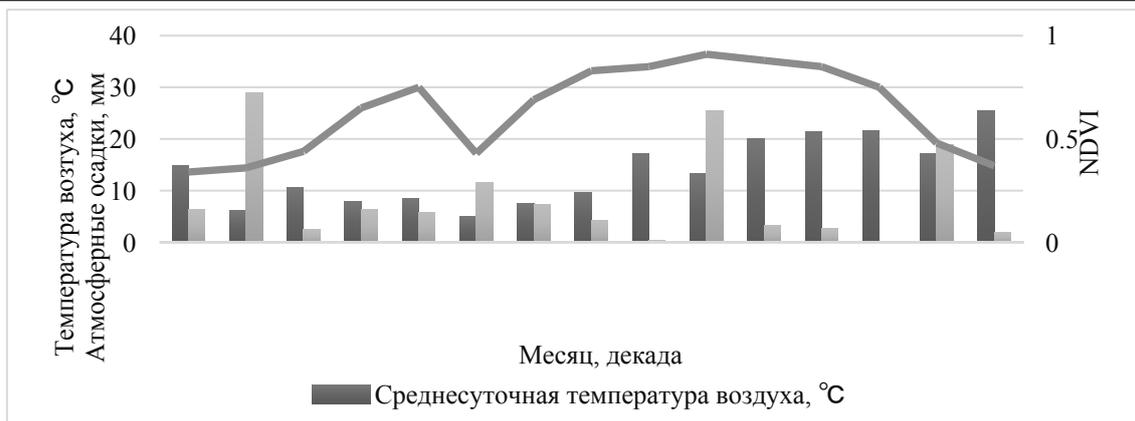


Рис 2. Сезонная динамика метеорологических параметров и индекса NDVI в агроценозах озимой пшеницы в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области, 2019, 2020 гг.

Fig. 2. Seasonal dynamics of meteorological parameters and NDVI index in winter wheat agrocenoses in the Central soil and climatic zone of the Orenburg region, 2019, 2020.

Между тем, при быстром нарастании тепла в благоприятных условиях почвенного увлажнения, пополненного весенним снеготаянием, уже к завершению второй декады апреля растения восстановили утраченную за зиму биомассу, NDVI достиг наибольших осенних значений и продолжил расти до максимума, отмеченного в середине мая (0,91), при вступлении растений в фазу колошения. В последующие четыре недели, включающие фазы колошения, цветения и начала налива зерна, его величина оставалась практически постоянной, уменьшившись к завершению периода только до 0,85 единиц или на 6,6 %. В дальнейшем отмечено быстрое снижение NDVI, наиболее интенсивное в фазы молочно-восковой и восковой спелости зерна, к завершению которых, в первой декаде июля, при среднесуточной температуре воздуха 25,4°C его величина составила только 0,37 единицы.

В целом, среднее значение NDVI осеннего периода вегетации, при среднесуточной температуре воздуха 9,6°C и 50,0 мм атмосферных осадков, оказалось равным 0,51. В весенне-летнюю вегетацию, при 75,7 мм осадков, выпавших на фоне среднесуточной температуры воздуха в 15,9°C, индекс NDVI оказался выше и составил 0,70 единиц.

Как мы уже отмечали в своих предшествующих публикациях, величины NDVI посевов озимой пшеницы в период их максимального развития сильно связаны с

коэффициентом корреляции Пирсона ( $r$ ) 0,84-0,86), с площадью ассимиляционного аппарата, в свою очередь, тесно коррелирующего с урожайностью зерна [2]. На основе их высокой сопряженности была обоснована целесообразность оперативного вычисления площади ассимиляционного аппарата посевов без трудовых затрат ручных измерений посредством показателей NDVI, полученных на основе космических снимков, съёмки с БПЛА или посредством наземного сканирования. Использование данного подхода было апробировано в полевых условиях и позволило определить её с допустимой для технологических целей точностью по установленному экспериментальным путём отношению NDVI к площади ассимиляционного аппарата ( $m^2/га$  на 0,01 единиц NDVI) [11]. При этом рекомендовано принимать во внимание, что посевы различных сортов озимой пшеницы, имеющие в целом схожую направленность динамики фитометрических параметров в течение вегетации, характеризуются сортовой специфичностью и заметно различаются размерами ассимиляционного аппарата, выражающегося в величинах NDVI [4].

В настоящей работе, сопоставление урожайности зерна озимой пшеницы с обозначенными показателями уровня развития растительной массы выявило её большую связь с величиной NDVI, нежели с площадью ассимиляционного аппарата (рисунок 3).

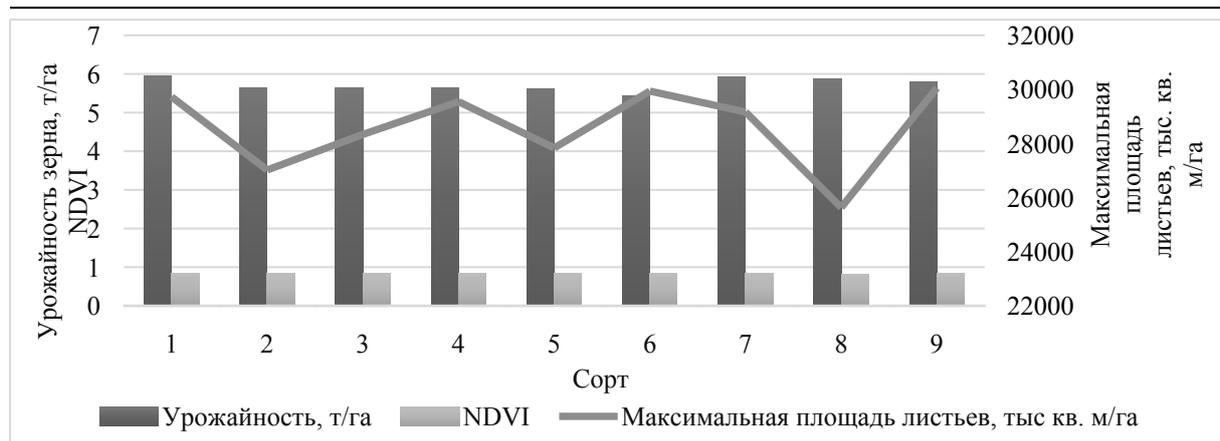


Рис 3. Соотношение фитометрических параметров и урожайности зерна различных сортов озимой пшеницы в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области, 2019, 2020 гг. (1 – Колос Оренбуржья, 2 – Новоершовская, 3 – Фотинья, 4 – Саратовская 17, 5 – Жемчужина Поволжья, 6 – Оренбургская 105, 7 – Рифей, 8 – Тарасовская остистая, 9 – Пионерская 32).

Fig. 3. The ratio of phytometric parameters and grain yield of winter wheat varieties in the Central soil and climatic zone of the Orenburg region, 2019, 2020. (1 – Kolos Orenburzh'ya, 2 – Novoershovskaya, 3 – Fotin'ya, 4 – Saratovskaya 17, 5 – Zhemchuzhina Povolzh'ya, 6 – Orenburgskaya 105, 7 – Rifey, 8 – Tarasovskaya awned, 9 – Pionerskaya 32).

В среднем по девяти сортам, высеванным на участке экологического сортоиспытания в 2019 и 2020 годах, наиболее сильная связь урожайности зерна с NDVI, с коэффициентом корреляции Пирсона ( $r$ ) 0,86, отмечена в фазы колошения-цветения. Со средней за период вегетации величиной NDVI связь урожайности, оставаясь также сильной ( $r = 0,72$ ), оказалась ниже на 16,3 % и ещё на 2,3 п.п. (процентных пункта) ниже – со средней по сортам максимальной площадью листьев.

Сопоставление урожайности зерна испытуемых сортов с фитометрическими параметрами посевов позволило подтвердить определённые особенности, свидетельствующие об упомянутой выше сортовой специфичности, которые необходимо учитывать при подобных научных изысканиях.

Так, в порядке ранжирования, наибольшие средние за вегетацию значения NDVI (0,73) в среднем за два года исследований отмечены в посевах сортов Колос Оренбуржья, Рифей, Жемчужина Поволжья и Оренбургская 105, занявших первые два и последние два места по урожайности – 5,94-5,93-5,62-5,44 т/га соответственно. При этом наибольшие значения NDVI (0,85), в среднем за период максимального развития фитомассы (фазы колошения-цветения), отмечены в посевах только двух из представленных сортов –

Колос Оренбуржья и Оренбургская 105, являющихся безостыми. Вместо сортов Рифей (остистый) и Жемчужина Поволжья (безостый) в этот список вошли сорта Пионерская 32 (остистый) и Саратовская 17 (безостый), расположившиеся, соответственно, на четвёртом (5,79 т/га) и седьмом (5,63 т/га) местах по урожайности. Наибольшая площадь листьев отмечена (в порядке убывания) в посевах остистого сорта Пионерская 32 (30056 тыс.  $m^2/га$ ) и безостых сортов Оренбургская 105 (29937 тыс.  $m^2/га$ ) и Колос Оренбуржья (29724 тыс.  $m^2/га$ ).

Величины усреднённых метеорологических данных соответствующих сезонов 2019 и 2020 годов, проверенные на соответствие климатической норме, использованы нами при построении эталона развития озимой пшеницы для Центральной почвенно-климатической зоны Оренбургской области. В качестве примера выбран сорт безостой мягкой пшеницы Колос Оренбуржья, показавший лучший урожайный результат и характеризующийся максимальным уровнем развития растительной массы по показателю NDVI. В качестве главного из метеорологических параметров использована активная температура воздуха ( $>10^{\circ}C$ ), как известно «управляющая» скоростью развития растений и наступлением очередных фаз вегетации по мере накопления её определённых сумм.

Соотношение временных рядов NDVI и накопленных сумм активных температур к каждой последующей фазе вегетации

позволило нам выразить их «эталонное» соответствие в графическом виде (рисунок 4).

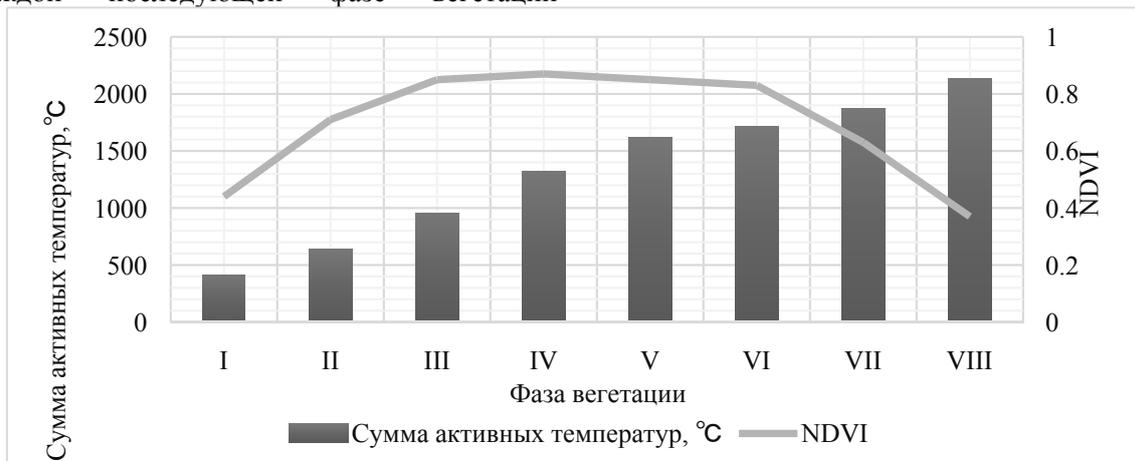


Рисунок 4. Динамика NDVI и сумм накопленных активных температур по фазам вегетации озимой пшеницы Колос Оренбуржья в рассматриваемом в качестве эталона посеве, 2019, 2020 гг. (I - осеннее кущение, II – завершение осенней вегетации, III – выход в трубку, IV - колошение, V - цветение, VI – начало налива зерна, VII – молочно-восковая спелость зерна, VIII – восковая спелость зерна)

Fig. 4. Dynamics of NDVI and sums of accumulated active temperatures by phases of vegetation of Kolos Orenburzh'ya winter wheat in the sowing considered as a standard, 2019, 2020 (I - autumn tillering, II – completion of autumn vegetation, III – exit into the tube, IV – earing, V – flowering, VI – beginning of grain filling, VII – milk-wax grain ripeness, VIII – wax ripeness of grain).

Так оптимальным для посевов этого сорта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области следует считать развитие, при котором фаза полного осеннего кущения отмечается при достижении суммы активных температур послевсходового периода на уровне 410°C, а NDVI не ниже 0,44 единицы. К завершению осенней вегетации при сумме активных температур около 640°C интенсивность развития фитомассы должна характеризоваться показателем NDVI на уровне 0,71 единицы. Для фазы выхода в трубку оптимальной следует считать сумму активных температур (накопительным итогом с осени) в 950°C и NDVI посева не ниже 0,85 единицы. В фазы колошения – цветения - начала налива зерна - молочно-восковой и восковой спелости, соответствующие суммам активных температур 1326-1615-1716-1877 и 2137°C, NDVI не должен быть ниже 0,87-0,85-0,83-0,48-0,37 единицы.

Формирование банка подобных соответствий временных рядов вегетационного индекса в эталонных посевах и накопленных сумм активных температур к

каждой фазе вегетации, имеет высокую целесообразность для оперативной оценки уровня развития различных полевых культур. Наличие существенных отклонений от эталона, особенно в критические периоды органогенеза, может служить сигналом к принятию корректирующих технологических решений, направленных на более полную реализацию биоклиматических ресурсов территории и генетического потенциала продуктивности полевых культур.

**Выводы.** Динамика NDVI в посевах озимой пшеницы в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области достаточно объективно отражает ход нарастания растительной массы в процессе вегетации и имеет сезонную выраженность. В осеннюю вегетацию его средняя величина составляет 0,51 единицы и 0,70 единицы – в весенне-летнюю вегетацию. По тесноте связи с хозяйственной урожайностью зерна показатель NDVI превосходит величину площади ассимиляционного аппарата, с коэффициентом корреляции Пирсона (r) на уровне 0,86, и характеризуется сортовой специфичностью. Соотношение временных

рядов NDVI и накопленных сумм активных температур к каждой последующей фазе вегетации отдельных сортов в зональных условиях может рассматриваться в качестве исходных данных для построения эталона развития агроценозов полевых культур высокой продуктивности.

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

#### Список источников

1. Лысов А.К., Корнилов Т.В. Цифровые технологии дистанционного мониторинга для дискретного внесения средств защиты растений // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 1 (98). С. 17-26.
2. Ariza-Sentis M., Velez S., Martinez-Pena R., Baja H., Valente J. Object detection and tracking in Precision Farming: a systematic review // Computers and Electronics in Agriculture. 2024. V. 219. P. 108757.
3. Гулянов Ю.А. Опыт использования технологий спутникового мониторинга для решения прикладных задач степного земледелия России // Пермский аграрный вестник. 2023. № 3 (43). С. 12-20.
4. Корчагин В.А., Горянин О.И., Обушенко С.В., Чичкин А.П. Концепция воспроизводства плодородия чернозёмных почв степных районов Среднего Заволжья // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. 2014. Т. 16. № 5-3. С. 1081-1085.
5. Гулянов Ю.А. Мониторинг фитометрических параметров с использованием инновационных методов сканирования посевов // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3(19). С. 64-76.
6. Fasiolo D.T., Scalera L., Maset E., Gasparetto A. Towards autonomous mapping in agriculture: A revive of supportive technologies for ground robotics // Robotics and Autonomous Systems. 2023. V. 169. P. 104514.
7. Казяк Е.В., Давидович Ю.С., Шестаков Н.А. Результаты использования методов геоинформационного и статистического анализа для изучения спектрально-отражательных характеристик сельскохозяйственных культур Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2022. № 2. С. 55-68.
8. Miller J.O., Mondal P., Sarupria M. Sensor-based measurements of NDVI in small grain and corn fields by tractor, drone, and satellite platforms // Crop and Environment. 2024. V. 1. No. 1. pp. 33-42.
9. Дунаева Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Ёлкина Е.С., Барботкина Е.С., Вечерков В.В., Барталев С.А. Использование данных дистанционного зондирования для ранней диагностики наступления засушливых условий // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4 (20). С. 28-45.
10. Кузнецов К.В., Липилин Д.А. Об использовании спутниковых снимков для распознавания сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2012. № 3 (32). С. 88-92.
11. Gulyanov Yu.A. Scientific bases of principles estimating a state of the vegetation cover in steppe agrocenoses using innovative methods of smart agriculture // IOP Conf. Ser.: Earth Environ., 2021. V. 817. P. 012039.
12. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 10.06.2023).
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
14. Гулянов Ю.А. Перспективы использования информационных ресурсов ДЗЗ для управления продукционным процессом полевых агроценозов // Земледелие. 2022. № 2. С. 26-31.

## DIRECTIONS OF USING DIGITAL RESOURCES TO MANAGE THE DEVELOPMENT OF FIELD CROPS

©2024. Yuriy A. Gulyanov

Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, [iury.gulyanov@yandex.ru](mailto:iury.gulyanov@yandex.ru)

**Abstract.** The directions of using digital resources to monitor the development of phytomass in order to manage the productivity of field crops were determined. The high relevance of these approaches for the optimization of natural and resource-saving agricultural technologies in the regions of the Russian steppe zone, which need to maintain ecological balance and preserve biological diversity, is considered. It is proposed to use the normalized difference vegetation index (NDVI) to assess the spatial distribution of phytomass and seasonal development of winter wheat crops in the Central soil and climatic zone of the Orenburg region. The level of crop development is assessed by comparing current indicators in the field with reference crops characterized by the seasonal dynamics of crop development usual for the zone. A graphical standard for the development of "Ear of Orenburzhie" winter wheat crops is constructed in the form of a ratio of NDVI time series and

accumulated sums of active temperatures to the corresponding phase of vegetation. The conclusion on the expediency of forming a database of quantitative characteristics of reference crops of other field crops, their prospects for operational assessment of current crops and making corrective technological decisions in case of significant deviations from the standard is given.

**Key words:** digital resources, phytomass monitoring, NDVI, sum of active temperatures, reference crops, winter wheat, productivity management

#### References

1. Lysov A.K., Kornilov T.V. Cifrovye tekhnologii distancionnogo monitoringa dlya diskretnogo vneseniya sredstv zashhity rastenij (Digital remote monitoring technology for discrete application of plant protection products). Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva, 2019, No. 1 (98), pp. 17-26.
2. Ariza-Sentis M., Velez S., Martinez-Pena R., Baja H., Valente J. Object detection and tracking in Precision Farming: a systematic review. Computers and Electronics in Agriculture. 2024. V. 219. P. 108757.
3. Gulyanov Yu.A. Opyt ispol'zovaniya tekhnologij sputnikovogo monitoringa dlya resheniya prikladnykh zadach stepnogo zemledeliya Rossii (Actual experience in using satellite monitoring technologies for solving applied problems of steppe farming in Russia), Permskij agrarnyj Vestnik, 2023, No. 3 (43), pp. 12-20.
4. Korchagin V.A., Goryanin O.I., Obushhenko S.V., Chichkin A.P. Konceptiya vosproizvodstva plodorodiya chernozemnykh pochv stepnykh rajonov Srednego Zavolzh'ya (The concept of reproductive fertility of chernozem of MiddleVolga steppe), Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj Akademii Nauk, 2014, Vol. 16, No. 5-3, pp. 1081-1085.
5. Gulyanov Yu.A. Monitoring fitometricheskikh parametrov s ispol'zovaniem innovacionnykh metodov skanirovaniya posevov (Monitoring of the phytometric indications using innovative crop scanning methods), Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki, 2019, No.3(19), pp. 64-76.
6. Fasiolo D.T., Scalera L., Maset E., Gasparetto A. Towards autonomous mapping in agriculture: A revive of supportive technologies for ground robotics. Robotics and Autonomous Systems. 2023. V. 169. P. 104514.
7. Kazyak E.V., Davidovich Yu.S., Shestakov N.A. Rezul'taty ispol'zovaniya metodov geoinformacionnogo i statisticheskogo analiza dlya izucheniya spektral'no-otrazhatel'nykh kharakteristik sel'skokhozyajstvenny'kh kul'tur Belarusi (Results of using geoinformation and statistical analysis methods to study spectral reflectance characteristics of agricultural crops of Belarus), Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geologiya, 2022, No. 2, pp. 55-68.
8. Miller J.O., Mondal P., Sarupria M. Sensor-based measurements of NDVI in small grain and corn fields by tractor, drone, and satellite platforms. Crop and Environment. 2024. V. 1. No. 1. pp. 33-42.
9. Dunaeva E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Yol'kina E.S., Barbotkina E.S., Vecherkov V.V., Bartalev S.A. Ispol'zovanie dannykh distancionnogo zondirovaniya dlya rannej diagnostiki nastupleniya zasushlivykh uslovij (The scientific rationale for the use of remote sensing data to assess the probability of drought conditions), Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki, 2019, No. 4 (20), pp. 28-45.
10. Kuznezov K.V., Lipilin D.A. Ob ispol'zovanii sputnikovyx snimkov dlya raspoznavaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v Krasnodarskom krae (On the use of satellite images for recognition of agricultural crops in the Krasnodar Territory), Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2012, No. 3 (32), pp.88-92.
11. Gulyanov Yu.A. Scientific bases of principles estimating a state of the vegetation cover in steppe agrocenoses using innovative methods of smart agriculture. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 2021. V. 817. P. 012039.
12. Specializirovannye massivyy dlja klimaticheskikh issledovanij (Specialized arrays for climate research) [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml1> (data obrashhenija: 10.03.2024).
13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results), M., Agropromizdat, 1985, 351 p.
14. Gulyanov Yu.A. Perspektivy ispol'zovaniya informacionnykh resursov DZZ dlya upravleniya produkcionnym processom polevykh agrocenozov (Prospects of using remote sensing information resources for managing the production process of field agrocenoses), Zemledelie, 2022, No.2, pp. 26-31.

#### Сведения об авторах

**Ю.А. Гулянов** – д-р с.-х. наук, профессор, в. н. с

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

#### Information about the authors

**Yuriy A. Gulyanov** - Dr. Agr. Sci., Professor, Leading Researcher

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

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 25.03.2024; одобрена после рецензирования 16.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*  
*The article was submitted 25.03.2024; approved after reviewing 16.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

Научная статья  
УДК 633.13: 636.085.51: 636.085.532  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_53

## КОНКУРСНОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТООБРАЗЦОВ ОВСА КОРМОВОГО НАПРАВЛЕНИЯ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

©2024. Алевтина Григорьевна Курылева

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Ижевск, Россия

[alyakurl@mail.ru](mailto:alyakurl@mail.ru)

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований, проведенных в 2020-2022 гг. по конкурсному испытанию сортообразцов овса кормового направления. В различных климатических условиях по годам, сортообразцы овса формировали урожайность: зелёной массы в пределах 11,72-49,06 т/га, сухого вещества – 3,02-9,97 т/га и зерна – 1,37-6,66 т/га. В среднем за три года исследований наибольшую урожайность зелёной массы сформировал сорт Урал 2 и линия д. 769/16 – 25,56-25,99 т/га, превышая стандарт Всадник на 1,06-1,46 т/га. По урожайности сухого вещества линия д. 769/16 сформировала 7,50 т/га, что на уровне стандарта (7,53 т/га). Сорт Урал 2 и линия д. 537/15 характеризовались высокой облиственностью – 27,93-27,87 %. Сорт Грум, районированный по Волго-Вятскому региону, показал хорошую кормовую питательность 1 кг сухого вещества: сырого протеина – 14,2 %, сырой клетчатки – 26,0 %, корм. ед. – 0,77, КОЭ – 9,76 МДж/кг. Выход с 1 га составил: переваримого протеина – 0,75 т, кормовых единиц – 5,78 тыс., обменной энергии – 95,8 ГДж. Из перспективных сортообразцов выделился д. 769/16, его можно охарактеризовать как засухоустойчивый, так как при ГТК – 0,47 он сформировал максимальную урожайность (6,89 т/га) среди испытываемых сортообразцов. Данная линия отмечается хорошим показателями качества: содержание сырого жира в сухом веществе – 3,4 %, корм. ед. – 0,77, КОЭ – 9,74 МДж/кг, и обеспечила выход с 1 га переваримого протеина 0,71 т, кормовых единиц – 5,78 тыс. Сортообразец на данном этапе проходит процедуру регистрации под названием сорта Энер.

**Ключевые слова:** сортообразцы овса, урожайность зелёной массы, сухое вещество, зерно, питательная ценность зелёной массы

**Введение.** Относительно пшеницы и ячменя овёс является более молодой зерновой культурой, он известен не более 4000 лет [1]. Среди хлебов (пшеница, ячмень) овёс менее требователен к условиям произрастания, а именно к теплу и почвенным условиям. Овёс – хорошая кормовая культура, а также в системе севооборота он выполняет «санитарные» функции. Зерно овса имеет ценные диетические качества, используется для производства круп и комбикормов. Также может использоваться в зелёном конвейере. Культура малотребовательна к почвам, однако влаголюбива [2]. На зелёную массу овёс в зонах достаточного увлажнения высевают в смеси с викой, в регионах с меньшей обеспеченностью влагой в смеси с горохом. Для получения зелёного корма оптимальны сорта с большей высотой растений, хорошей облиственностью, высокой отавностью [3, 4, 5].

В Удмуртской Республике агроклиматические условия благоприятны для успешного развития земледелия. Из зерновых культур в республике возделывают озимую рожь и тритикале, озимую и яровую пшеницу, ячмень, овёс [5, 6, 7]. Это предопределяет развитие отраслей животноводства, а именно – скотоводства, свиноводства, птицеводства. В целом почвенно-климатические условия региона достаточно благоприятны для возделывания овса [8].

**Цель исследований** – оценить сортообразцы овса кормового направления при возделывании на зелёный корм и на зерно, выявить наиболее перспективные для условий Удмуртской Республики.

**Методика.** Объект исследований – сортообразцы овса посевного с высоким стеблестоем и хорошей облиственностью. Полевые опыты были проведены в 2020-2022 гг. на полях экспериментального севооборота

Удмуртского НИИСХ – филиала Удм ФИЦ УрО РАН. Почва опытных участков является типичной для Удмуртской Республики: дерново-среднеподзолистая, слабокислая, хорошо окультуренная, содержание гумуса – среднее (2,1-2,3 %), подвижного фосфора – от высокого до очень высокого (184-417 мг/кг почвы), обменного калия – от повышенного до очень высокого (169-290 мг/кг почвы). Опыт однофакторный, в четырёхкратной повторности, расположение вариантов систематическое, общая площадь делянки – 22,5 м<sup>2</sup>, учётная площадь на зелёную массу – 5,0 м<sup>2</sup>. В испытании участвовало шесть сортообразцов. Посев проводили в рекомендуемые агрономические сроки селекционной сеялкой «Клен-1,5» с нормой высева 5,0 млн шт. всхожих семян на 1 га. Агротехнические мероприятия проводились в соответствии с общепринятой методикой для республики. Предшественник – яровая пшеница. Осенью после уборки культуры провели дискование БДТ-3,8. Весной обработка почвы была начата с боронования при наступлении физической спелости почвы. Последующая предпосевная обработка почвы состояла из культивации (КПЭ-3,8), при которой уничтожаются перезимовавшие и проросшие сорняки, и разрыхляется верхний слой почвы на глубину заделки семян. Под культивацию внесли минеральное удобрение N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> в физическом весе 150 кг/га (Amazone 900). До посева коллекционного материала была проведена еще одна обработка почвы агрегатом РВК – 3,6 для выравнивания почвы. Для защиты посевов от

сорняков была проведена обработка посевов сельскохозяйственным дроном DJ AGRAS – Т30, гербицид Гербитокс-Л, ВРК (1л/га) + Магnum, ВДГ (0,1 кг/га). Уборку зеленой массы проводили в период начала выметывания овса, учет зерна при полной спелости проводили комбайном Сампо – 130. Наблюдения и исследования проведены по общепринятым в растениеводстве методикам [9, 10, 11]. Агроклиматические условия 2020-2022 гг. складывались разнообразно как по сумме активных температур ( $\Sigma t^0_{>10} = 1932-2296$ ), так и по количеству выпавших осадков ( $\Sigma R=170,0-200,6$  мм). ГТК по годам за вегетационный период варьировала: в 2020 г. на зелёную массу – 0,75, на зерно – 1,04 (засушливый и достаточно влажный, соответственно); в 2021 г. – 0,47 и 0,78 (сухой и засушливый) и в 2022 г. – 2,0 и 1,00 (избыточно и достаточно влажный).

**Результаты.** Овес – влаголюбивая культура, поэтому урожайность как зерна, так и зеленой массы напрямую зависит от влагообеспеченности вегетационного периода. Урожайность зеленой массы в 2020-2022 гг. в опыте варьировала от 11,72 до 49,06 т/га, сухого вещества – 3,02-9,97 т/га, зерна – 1,12-6,66 т/га (табл. 1). Благоприятные условия сложились в 2022 г. В среднем по сортообразцам была получена наиболее высокая урожайность зеленой массы – 41,75 т/га, сухого вещества – 9,15 т/га и зерна – 5,99 т/га. Наименьшие значения данных показателей отмечены в экстремально сухой 2021 год: 14,09, 5,0 и 1,54 т/га, соответственно.

Таблица 1

Урожайность зеленой массы, сухого вещества и зерна сортов и номеров овса, 2020-2022 гг., т/га

Сортообразец	Зеленая масса			Сухое вещество			Зерно		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Всадник ст.	16,72	14,34	42,44	8,02	5,01	9,55	4,08	1,89	6,61
Грум	15,80	14,93	41,67	6,83	5,24	9,97	3,93	1,47	6,44
Урал 2	16,13	12,77	49,06	6,15	3,93	8,79	2,37	1,12	3,91
д. 537/15	15,44	12,44	40,67	5,91	5,91	9,56	4,46	1,50	6,45
д. 769/16	15,82	18,35	42,50	6,83	6,89	8,78	3,56	1,90	6,66
д. 98/19	13,85	11,72	34,17	5,36	3,02	8,26	4,19	1,37	5,84
Среднее	15,63	14,09	41,75	6,52	5,00	9,15	3,77	1,54	5,99
НСР <sub>05</sub>	0,27	0,12	0,21	0,20	0,17	0,11	0,11	0,15	0,04

В условиях 2020 г. наибольшую урожайность зеленой массы (16,70 т/га) и сухого вещества (8,02 т/га) сформировал стандартный сорт Всадник. Высокую

урожайность зерна сформировали линии д. 537/15 и д. 98/19, превышая стандарт (4,08 т/га) на 0,11 и 0,38 т/га или 3-9 % (НСР<sub>05</sub> = 0,11 т/га). В засушливых условиях 2021 г.

более высокая продуктивность зеленой массы и сухого вещества отмечена у номера д. 769/16 (18,35 т/га и 6,89 т/га соответственно), превысив стандарт на 4,01-0,59 т/га и на 1,88-0,23 т/га (Всадник – 14,34 т/га и 5,01 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,27 т/га и 0,20 т/га, соответственно). В 2022 г. высокую урожайность зеленой массы сформировал сорт Урал 2 – 49,06 т/га выше стандарта на 6,62 т/га или на 16 % (НСР<sub>05</sub> = 0,21 т/га). По урожайности сухого вещества выделился сорт Грум – 9,97 т/га (прибавка – 0,42 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,11 т/га). По урожайности зерна выделилась линия д. 769/16, сформировав 6,66 т/га, что выше стандарта на 0,05 т/га (Всадник – 6,61 т/га, при НСР<sub>05</sub> = 0,04 т/га). Корреляционный анализ показал прямую тесную зависимость

между ГТК и урожайностью зелёной массы, сухого вещества и зерна – 0,99, 0,98 и 0,79 соответственно.

В среднем за три года исследований наибольшую урожайность зелёной массы сформировал сорт Урал 2 и линия д. 769/16 – 25,56-25,99 т/га, превышая стандарт Всадник на 1,06-1,46 т/га (рис. 1). По урожайности сухого вещества линия д. 769/16 сформировала 7,50 т/га что на уровне стандарта (7,53 т/га).

Облиственность растений – один из важных показателей формирования зеленой массы, среди испытуемых сортообразцов выделились Урал 2 и линия д. 537/15 27,93 и 27,87 % соответственно.

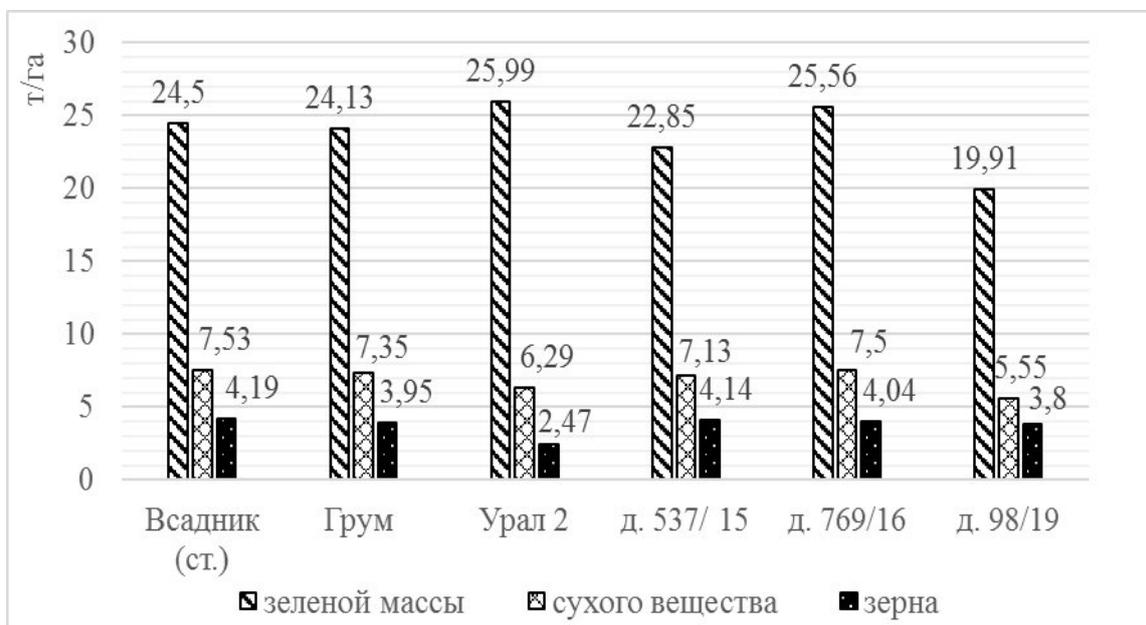


Рис. 1. Урожайность зелёной массы, сухого вещества и зерна сортообразцов овса, среднее за 2020-2022 гг.

Fig. 1. Yield of green mass, dry matter and grain of oat variety samples, average for 2020-2022.

Проведенный анализ качества в среднем по сортообразцам, что полученной растительной массы выявил высокое содержание сырого протеина 13,7 % соответствует ГОСТу 56912-2016 «Корма зелёные» (табл. 2).

Таблица 2

Кормовая питательность сухого вещества сортообразцов овса в среднем за 2020-2022 гг.

Сортообразец	Сырой протеин, %	Сырая клетчатка, %	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Корм.ед./кг	КОЭ, МДж/кг
Всадник ст.	12,5	26,9	7,2	2,8	0,75	9,64
Грум	14,2	26,0	7,1	2,5	0,77	9,76
Урал 2	13,4	26,9	7,7	3,1	0,75	9,63
д. 537/15	14,5	26,4	8,4	3,0	0,76	9,71

д. 769/16	13,6	26,2	7,6	3,4	0,77	9,74
д. 98/19	14,2	26,6	8,1	3,0	0,76	9,67
Среднее	13,7	26,5	7,7	2,9		9,69
ГОСТ 56912-2016 Корма зеленые						
Зернофуражные культуры, г/кг	не менее 110	не более 270	не более 100	-	-	

Высокое содержание сырого протеина в растительной массе овса наблюдалось у линий д. 537/15, д. 98/19 и у сорта Грум – 14,2-14,5 %, превышая показатели у стандартного сорта Всадник (12,5 %) на 1,7-2,0 %. В целом все испытуемые сортообразцы превысили данный показатель относительно стандартного сорта на 0,9-2,0 %.

В среднем за три года исследований содержание сырой клетчатки в растительных пробах сортообразцов овса составило 26,5 %. Все испытуемые сортообразцы имели значения, не превышавшие регламентирующие требования ГОСТа 56912-2016 «Корма зеленые».

Зола не является источником энергии, но её ценность определяется количеством содержащихся в ней минеральных элементов [12, 13]. Содержание сырой золы в наших сортообразцах не превышало значения 8,4 % (д. 537/15), минимальное значение 7,1 % отмечено у сорта Грум.

Жир – один из основных концентрированных источников энергии, в питательности корма играет немаловажную роль. Недостаток его ведет к задержке роста молодняка, нарушению обмена веществ, а

также снижению прироста живой массы, и даже выпадению шерсти. Избыток его в рационе вызывает нарушение пищеварения, ожирение, ухудшение качества продукции. Потребность животных в жире определяется в зависимости от вида и возраста животных и составляет: для взрослых жвачных – 3-5 % от сухого вещества рациона; для телят – 5-8 %; для свиней 2,5-3,5 % [12, 13]. Содержание сырого жира в испытуемых сортообразцах за 2020-2022 гг. составило от 2,5 до 3,4 %. Наименьшее количество сформировали сорта Грум и Всадник (ст.) – 2,5-2,8 %, наибольшее (3,1-3,4 %) – Урал 2 и линия д. 769/16, превышая стандарт Всадник на 0,3-0,6 %.

Концентрация обменной энергии (КОЭ) в сухом веществе испытуемых сортообразцов овса составила 9,69 МДж/кг. Наибольшую концентрацию обменной энергии (9,71-9,76 МДж/кг) наблюдали у сортообразцов д.537/15, д.967/16 и Грум. Наибольший выход обменной энергии с 1 га 81,0-95,8 ГДж был получен у сортообразцов д. 537/15, Урал 2 и Грум (табл. 3). Максимальный сбор переваримого протеина (0,71-0,75 т/га) обеспечили д. 769/16, д. 98/19 и сорт Грум.

Таблица 3

Кормовая продуктивность сортообразцов овса с 1 га, в среднем за 2020-2022 гг.

Сортообразец	Выход обменной энергии ГДж	Сбор переваримого протеина, т	Выход корм. ед., тыс.
Всадник ст.	70,7	0,62	5,52
Грум	95,8	0,75	5,85
Урал 2	85,1	0,58	4,74
д. 537/15	81,0	0,59	4,25
д. 769/16	73,1	0,71	5,78
д. 98/19	68,9	0,71	5,39

По результатам наших исследований сортообразцы овса сформировали растительную массу с выходом кормовых единиц с 1 га на уровне 4,25-5,85 тыс. Наибольший данный показатель отмечали у сортообразцов д. 769/16 и Грум – 5,78-5,85 тыс./га.

**Выводы.** По результатам исследований 2020-2022 гг. установлено, что районированный по Волго-Вятскому региону сорт овса Грум имеет хорошие кормовые показатели качества. Из перспективных

сортообразцов выделился д. 769/16, его можно охарактеризовать как засухоустойчивый, так как при ГТК – 0,47 он сформировал максимальную урожайность (6,89 т/га) среди испытуемых сортообразцов. Данная линия отмечается хорошими показателями качества: содержание сырого жира в сухом веществе – 3,4 %, корм. ед. – 0,77, КОЭ – 9,74 МДж/кг, обеспечивая выход с 1 га переваримого протеина 0,71 т, кормовых единиц – 5,78 тыс. Сортообразец на данном этапе проходит процедуру

регистрации под названием сорта Энер.

#### Список источников

1. Удмуртия: овес посевной. URL: <https://old.donorost.ru/maps/country/rossiya/region/udmurtiya/type/cultural/slug/avena-sativa-l> (дата обращения 10.12.2023)
2. Trifuntova I. B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Т. 547. P. 012041. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.
3. Комарова Г.Н. Технология возделывания овса на зерно в экстремальных условиях севера Томской области: рекомендации. Томск. 2007. 17 с.
4. Batalova G.A., Shchennikova I.N., Lisitsyn E.M. Breeding of grain crops in extreme climatic conditions // Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies. Waretown, NJ: Apple Academic Press. 2016. P. 3-16.
5. Eliseev S., Yarkova N. The effect of specifics of cultivation technology on sowing quality of oats // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). 2017. Vol. 8. Is. 4. P. 999-1003
6. Любимова А.В., Иваненко А.С. Овес в Тюменской области. Тюмень. 2021. 172 с.
7. Курьлева А.Г., Курьев М.В. Конкурсное испытание сортов овса в условиях Удмуртской Республики. Вестник НГАУ. 2016. № 3(40). С. 19-26.
8. Дмитриев А.В., Леднев А.В. Закономерности изменения агроклиматических показателей за период с 1959 по 2008 год на территории Удмуртской Республики и их влияние на урожайность основных сельскохозяйственных культур. Ижевск. 2015. 164 с.
9. Новоселов Ю.К., Киреев В.Н., Кутузов Г.П. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва, 1997. 156 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс. 2011. 350 с.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур// Москва. 1985. 124 с.
12. Коробов А.П., Сивохина Л.А. Кормление животных с основами кормопроизводства: краткий курс лекций для студентов специальности 36.05.01 Ветеринария. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов. 2015. 126 с.
13. Краснощекова Т.А., Туаева Е.В., Согорин С.А., Нимаева В.Ц. Зоотехнический анализ кормов. Благовещенск: ДальГАУ, 2013. 154 с

## COMPETITIVE TESTING OF FEED OAT VARIETIES IN THE MIDDLE URALS

©2024. Alevtina G. Kuryleva

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

[alyakurl@mail.ru](mailto:alyakurl@mail.ru)

**Abstract.** The article presents the results of studies conducted in 2020-2022 on competitive testing of oat varieties for fodder use. In different climatic conditions over the years, oat varieties formed yields of: green mass in the range of 11.72-49.06 t/ha, dry matter - 3.02-9.97 t/ha and grain - 1.37-6.66 t/ha. On average, over three years of research, the highest yield of green mass was formed by the variety Ural 2 and line No. 769/16 - 25.56-25.99 t/ha, exceeding the Vsadnik standard by 1.06-1.46 t/ha. In terms of dry matter yield, line No. 769/16 formed 7.50 t/ha, which is at the standard level (7.53 t/ha). The variety Ural 2 and line No. 537/15 were characterized by high leaf cover - 27.93-27.87%. The Grum variety, zoned in the Volga-Vyatka region, showed good feed nutritional value per 1 kg of dry matter: crude protein - 14.2%, crude fiber - 26.0%, feed. units – 0.77, concentration of exchange energy – 9.76 MJ/kg. The yield from 1 ha was: digestible protein – 0.75 t, feed units – 5.78 thousand, metabolic energy – 95.8 GJ. Of the promising variety samples, No. 769/16 stood out; it can be characterized as drought-resistant, since at the hydrothermal coefficient of 0.47 it generated the maximum yield (6.89 t/ha) among the tested variety samples. This line is noted for its good quality indicators: the content of crude fat in dry matter is 3.4%, feed units – 0.77, concentration of exchange energy – 9.74 MJ/kg, and provided a yield of 0.71 t of digestible protein per 1 ha, feed units – 5.78 thousand. The variety sample is currently undergoing a registration procedure under the name of the Ener variety.

**Key words:** oat varieties, yield of green mass, dry matter, grain, nutritional value of green mass

## References

1. Udmurtiya: oves posevnoi (Udmurtia: common oats), URL: <https://old.donorost.ru/maps/country/rossiya/region/udmurtiya/type/cultural/slug/avena-sativa-l>, (data obrashcheniya 10.12.2023)
2. Trifuntova I. B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions, IOP Conf, Series, Earth and Environmental Science, 2020, T. 547, P. 012041,
3. Komarova G.N. Tekhnologiya vozdeleyvaniya ovsa na zerno v ekstremal'nykh usloviyakh severa Tomskoi oblasti, (Technology of cultivation of oats for grain in extreme conditions of the north of the Tomsk region), rekomendatsii, Tomsk. 2007, P.17.
4. Batalova G.A., Shchennikova I.N., Lisitsyn E.M. Breeding of grain crops in ex-treme climatic conditions, Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies. Waretown, NJ, Apple Academic Press, 2016, P. 3-16.
5. Eliseev S., Yarkova N. The effect of specifics of cultivation technology on sow-ing quality of oats, International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR), 2017, Vol. 8, Is. 4, pp. 999-1003
6. Lyubimova A.V., Ivanenko A.S. Oves v Tyumenskoj oblasti, (Oats in the Tyumen region), Tyumen', 2021, 172 p.
7. Kuryleva A.G., Kurylev M.V. Konkurnoe ispytanie sortov ovsa v usloviyakh Udmurtskoj Respubliki, (Competitive testing of oat varieties in the conditions of the Udmurt Republic), Vestnik NGAU, 2016, No. 3(40). Pp. 19-26.
8. Dmitriev A.V., Lednev A.V. Zakonomernosti izmeneniya agroklimaticheskikh pokazatelei za period s 1959 po 2008 god na territorii Udmurtskoj Respubliki i ikh vliyanie na urozhainost' osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur, (Patterns of changes in agro-climatic indicators for the period from 1959 to 2008 in the territory of the Udmurt Republic and their impact on the yield of major crops), Izhevsk, 2015, 164 p.
9. Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami (Methodological guidelines for conducting field experiments with forage crops), Moskva, 1997, 156 p.
10. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta, (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya), (Field experience methodology), Moskva, Al'yans, 2011, 350 p.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur, (Methodology of the state variety testing of agricultural crops), Moskva, 1985, 124 p.
12. Korobov A.P., Sivokhina L.A. Kormlenie zhivotnykh s osnovami kormopro-izvodstva, (Animal feeding with the basics of feed production), kratkii kurs lektsii dlya studentov spetsial'nosti 36.05.01 Veterina-riya. FGBOU VO Saratovskii GAU, Saratov, 2015, 126 p.
13. Krasnoshchekova T.A., Tuaeve E.V., Sogorin S.A., Nimaeva V.Ts. Zootehnicheskii analiz kormov. (Zootechnical analysis of feed), Blagoveshchensk, Dal'GAU, 2013, 154 p.

*Сведения об авторах*

**А. Г. Курьлева** – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.  
Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Ижевск, Россия  
[alyakurl@mail.ru](mailto:alyakurl@mail.ru)

*Information about the author*

**A. G. Kuryleva** – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher.  
Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia  
[alyakurl@mail.ru](mailto:alyakurl@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 05.03.2024; одобрена после рецензирования 19.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*  
*The article was submitted 05.03.2024; approved after reviewing 19.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

---

Научная статья

УДК 631.8

doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_59

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ГОРОХЕ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

©2024. Надежда Николаевна Михайлова<sup>1</sup>, Людмила Валерьевна Елисеева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

<sup>1</sup>cool.gordeeva@list.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения применения микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на серых лесных почвах Вурнарского района Чувашской Республики в течение 2021-2022 гг. при выращивании гороха сорта Спартак. Погодные условия 2021 года выдались неблагоприятными, что сказалось на урожайности, но совместное применение микробиологических удобрений Азотовита и Фосфатовита в различных комбинациях увеличило урожайность гороха, так, подкормка Азотовитом и Фосфатовитом увеличила урожайность на 0,49 т/га что составило 2,41 т/га при контроле 1,92 т/га. Вариант Азотовит + Фосфатовит (обработка семян + подкормка) увеличил урожайность на 0,62 т/га, что составило 2,54 т/га. В целом, варианты не уступали контролю. В 2022 году погодные условия оказались более благоприятными, что положительно сказалось на эффективности микробиологических удобрений. Урожайность в контроле была получена 2,93 т/га, обработка семян значительно повысила ее в варианте с Азотовитом на 1,81 т/га, и на 1,89 т/га при совместном применении двух препаратов. В варианте обработки семян и подкормки Азотовитом и Фосфатовитом урожайность увеличилась на 0,95 т/га. В среднем за два года максимальная урожайность 3,53 т/га получена в варианте обработки семян Азотовитом и Фосфатовитом. Установлено влияние микробиологических удобрений на полевую всхожесть и сохранность растений. Максимальное значение полевой всхожести 86,4-86,7 % получено в варианте с обработкой семян Азотовитом и Фосфатовитом, при этом сохранность растений оказалась максимальной при совместном применении удобрений для обработки семян и последующей подкормкой, и составила 90 %.

**Ключевые слова:** горох посевной, микробиологические удобрения, Азотовит, Фосфатовит, обработка семян, внекорневая подкормка, урожайность, полевая всхожесть, сохранность

**Введение.** Горох – одна из важнейших зернобобовых культур в России. Он занимает второе место в мире по экспорту сушеного гороха за 2022-2023 гг. (данные ITC Trade Map ) [1]. Начиная с 2017 года, по данным Росстата, посевные площади этой культуры растут из года в год. К примеру, в 2019 году было засеяно 1252 тысячи гектаров, а в 2023 году площади под горох составили 1900 тысяч гектаров. Валовой сбор гороха увеличился почти на 30 % в 2022 году.

Горох является ценнейшей культурой в животноводстве. Улучшение технологии возделывания, повышение урожайности и качества продукции гороха – важнейшая задача в растениеводстве. Применение пестицидов и агрохимикатов несомненно является эффективным методом повышения

урожайности, способствуя борьбе с болезнями, вредителями, сорными растениями. Однако чрезмерное их использование ухудшает качество продукции и повышает пестицидную нагрузку на почву, что отрицательно сказывается на плодородии почвы, разрушает почвенную биоту, экосистему поля и получаемая продукция уже не является экологически чистой. Решение этих проблем возможно при использовании биологических препаратов [2]. Доказано, что микробиологические удобрения – это альтернатива водорастворимым минеральным удобрениям, в том числе и фунгицидам [3, 4].

На сегодняшний день в мире имеется достаточно широкий ассортимент биопрепаратов, микробиологических удобрений [5]. Микробиологические

удобрения Азотовит и Фосфатовит применяются на многих культурах, в том числе совместно с пестицидами. Азотовит - представляет собой микробиологическое удобрение на основе почвенных бактерий *Beijerinckia fluminensis*, которые заселяют ризосферу, фиксируют молекулярный азот и переводят его в аммонийную форму. Данное удобрение повышает коэффициент усвояемости минеральных удобрений. Фосфатовит - содержит в себе споры и живые клетки *Raenibacillus mucilaginosus*, которые способствуют мобилизации недоступных форм фосфора и калия из нерастворимых соединений в зоне ризосферы растений, повышают усвояемость вносимых фосфорно-калийных удобрений. Оба препарата вырабатывают ингибиторы, подавляющие развитие патогенной микрофлоры, формируют дополнительный урожай и повышают качество сельскохозяйственной продукции [6].

Проведено множество исследований по совместному применению биопрепаратов с ядохимикатами при выращивании различных полевых культур [7]. Было доказано, что в сравнении с химическим фунгицидом биудобрения показали свою эффективность: обработка биопрепаратами снижает поражаемость болезнями и повышает урожайность культур [8, 9]. Установлено, что максимальный эффект от микробиологических удобрений достигается при опрыскивании посевов на фоне комплексных минеральных удобрений [10]. Также отмечено их влияние на качество получаемой продукции [11, 12, 13]. Применение микробиологических удобрений обеспечивает высокую экономическую и энергетическую эффективность [14].

Несмотря на проведенные исследования данных препаратов, недостаточно изучено применение микробиологических удобрений на серых лесных почвах Волго-Вятского региона в различных их комбинациях и способах применения. В связи с этим, была поставлена цель – изучить различные способы применения микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при выращивании гороха.

Задачи исследований: 1. Выявить влияние различных способов применения микробиологических удобрений на элементы структуры урожая гороха. 2. Определить

урожайность семян гороха в зависимости от вариантов применения микробиологических удобрений. 3. Установить особенности формирования стеблестоя гороха при применении микробиологических удобрений.

**Методика.** Исследования были проведены в 2021-2022 годах на территории Вурнарского ГСУ, филиала ФГБУ «Госсорткомиссия» по Чувашской Республике.

Почвы участка серые лесные тяжелосуглинистые и глинистые на элювиальных юрских и нижнемеловых глинах, содержание гумуса 6,2 %, рН – 5,6, содержание  $P_2O_5$  – 227 мг/кг,  $K_2O$  – 280 мг/кг.

Климат зоны умеренно-континентальный с холодной зимой и теплым летом, хорошо выраженными переходными сезонами. Варианты опыта были следующие: контроль (без применения удобрений), Азотовит (обработка семян), Азотовит (подкормка), Азотовит (обработка семян + подкормка), Фосфатовит (обработка семян), Фосфатовит (подкормка), Фосфатовит (обработка семян+подкормка), Азотовит + Фосфатовит (обработка семян), Азотовит + Фосфатовит (подкормка), Азотовит + Фосфатовит (обработка семян+подкормка).

Площадь делянки составила 45 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 19,5 м<sup>2</sup> повторность опыта 4-кратная, норма высева – 1,4 млн шт./га, расположение вариантов рендомизированное. Сноповые образцы для лабораторного анализа отбирали перед уборкой с каждой повторности на площади 1 м<sup>2</sup> по 25 растений. Перед посевом по регламенту применения была проведена обработка семян в дозе 3 л/т, подкормка проводилась в дозе 1 л/га, в фазе бутонизации.

В опытах выращивали среднеспелый сорт гороха Спартак типа Хамелеон с ярусной гетерофиллией [15].

Погодные условия в 2021 году были неблагоприятными. Вегетационный период выдался жарким, в сравнении со средними многолетними данными. Физическая спелость почвы наступила раньше, так как активное снеготаяние началось ранее средних сроков, соответственно время посева тоже (26 апреля был проведен посев). Выпадение осадков оказалось неравномерным, среднемесячная норма выпала в течение одного-двух дней. Длина вегетации составила 72 дня, уборочная спелость наступила в среднем у всех вариантов одинаково. Уборка проведена 24

июля. По значениям ГТК год выдался засушливым (табл.1).

В 2022 году погодные условия были благоприятные. Посев был проведен 3 мая, физическая спелость почвы совпала со средними многолетними датами. Во время проведения внекорневой подкормки

сложились благоприятные условия. Максимальное количество осадков выпало в июле, но неравномерно. Норма осадков чаще всего выпадала за один день. Длина вегетации составила 69 дней, уборочная спелость наступила в среднем у всех вариантов одинаково. Уборка проведена 8 августа.

Таблица 1

Гидротермические данные вегетационного периода 2021-22 гг.

Месяц	Сумма температур, °С			Сумма осадков, мм			ГТК		
	2021	2022	Средн. мн.	2021	2022	Средн. мн.	2021	2022	Средн. мн.
апрель	6,2	4,7	5,1	51,2	70,4	39	0,81	0,48	0,7
май	15,5	13,2	12,3	38,7	53,6	41	0,89	1,10	1,1
июнь	19,6	23	16,9	55,8	25,5	41	0,98	0,48	0,8
июль	20,3	23,2	19,3	69,6	130,1	64	1,06	2,02	1,1
август	21,2	25,1	17,2	30,3	1	57	0,51	0,02	1,0

Фенологические наблюдения за фазами роста и развития растений, определение структурных элементов урожая, учет урожая были проведены по

общепринятым методикам, статистический анализ данных – по методике Доспехова [16].

Таблица 2

Структура урожайности гороха за 2021 год

№ п/п	Варианты	Высота, см.		Количество шт.		Продуктивность растений, г	Масса 1000 семян, г
		растения	до первого боба	бобов	семян в бобе		
1	Контроль	35,3	33,9	2,5	2,9	1,62	223,4
2	Азотовит (обработка семян)	40,8	36,9	2,5	3,1	1,84	243,2
3	Фосфатовит (обработка семян)	38,0	35,2	2,4	3,1	1,75	247,1
4	Азотовит + Фосфатовит (обработка семян)	38,4	36,4	2,5	3,1	1,86	248,4
5	Азотовит (подкормка)	38,9	35,5	2,2	3,3	1,56	237,5
6	Фосфатовит (подкормка)	37,5	34,3	2,4	3,4	1,90	243,1
7	Азотовит+Фосфатовит (подкормка)	38,4	34,8	2,5	3,5	1,96	231,6
8	Азотовит (обработка семян +подкормка)	41,4	36,9	2,6	3,3	1,89	250,5
9	Фосфатовит (обработка семян +подкормка)	39,2	34,8	2,6	3,4	1,90	246,2
10	Азотовит+Фосфатовит (обработка семян +подкормка)	40,8	36,0	2,7	3,4	2,19	256,5
	НСР <sub>05</sub>	1,17	0,82	0,17	0,19	0,20	11,6

**Результаты.** В 2021 году растения оказались достаточно низкими, что обусловлено нехваткой влаги. Все изучаемые варианты по высоте растений существенно превосходили контроль, высота растений в котором составила 35,3 см. При этом максимальные показатели получены в следующих вариантах: обработка семян Азотовитом, обработки семян и подкормка Азотовитом и обработка семян и подкормка Азотовитом и Фосфатовитом, где превышение контроля составило 15,5, 17,1 и 15,4 %

соответственно. Первый боб у растений гороха формировался на высоте от 33,9 см (контроль) до 36,9 см (варианты с обработкой семян Азотовитом и двухкратным применением Азотовита для обработки семян и подкормки), все варианты, за исключением подкормки Фосфатовитом, существенно превысили контроль. Количество бобов на растении по вариантам отличалось незначительно, исключение составил вариант, где применялась обработка семян и последующая подкормка обоими

препаратами. В каждом бобе сформировалось от 2,9 до 3,5 шт. семян, все варианты с микробиологическими удобрениями существенно превысили контроль. В то же время, между вариантами с однотипным видом применения микроудобрений различия оказались не достоверными. Продуктивность одного растения варьировала от 1,56 г – в варианте с подкормкой Азотом до 2,19 г – в варианте обработки семян и подкормки Азотом и Фосфатом. Несущественно по показателю продуктивности растений от контроля отливались варианты с обработкой семян Фосфатом и подкормкой Азотом. При сравнении опытных вариантов можно отметить, что существенно превзошел все варианты опыта вариант с применением обработки семян и последующей подкормки обоими препаратами, значительно уступил вариант с

подкормкой Азотом, между остальными вариантами различия оказались не существенными. О крупности и выполненности семян свидетельствует показатель массы 1000 семян. Результаты свидетельствуют о том, что применение микробиологических удобрений существенно увеличило данный показатель: превышение контроля составило от 8,2 до 33,1 г. Максимальное значение получено в варианте с обработкой семян и подкормкой Азотом и Фосфатом, где масса 1000 семян составила 256,5 г. Между вариантами применения препаратов для предпосевной обработки либо подкормки, а также двухкратного их применения различия по массе 1000 семян оказались не существенными, т. е. на крупность семян большее влияние оказал способ применения микроудобрений, нежели их марка (табл. 2).

Таблица 3

Структура урожайности гороха за 2022 год

№ п/п	Варианты	Высота, см.		Количество, шт.		Продуктивность растений, г	Масса 1000 семян, г
		растения	до первого боба	бобов	семян в бобе		
1	Контроль	52,5	48,1	3,3	3,5	2,80	240,9
2	Азотом (обработка семян)	64,2	52,7	4,4	4,0	4,53	255,7
3	Фосфатом (обработка семян)	49,9	45,6	3,0	3,7	2,72	256,1
4	Азотом + Фосфатом (обработка семян)	62,8	50,8	3,8	4,6	4,03	247,5
5	Азотом (подкормка)	60,7	46,7	2,9	4,0	2,84	251,5
6	Фосфатом (подкормка)	58,1	48,1	2,8	4,0	2,75	243,0
7	Азотом+Фосфатом (подкормка)	59,3	48,1	3,3	3,8	3,09	247,4
8	Азотом (обработка семян +подкормка)	56,3	50,6	3,4	4,0	3,53	262,3
9	Фосфатом (обработка семян +подкормка)	50,4	45,4	3,5	4,0	3,30	234,5
10	Азотом+Фосфатом (обработка семян +подкормка)	53,9	50,7	3,7	4,1	3,78	258,3
	НСР <sub>05</sub>	4,6	2,3	0,08	0,29	0,33	13,5

В 2022 году растения гороха оказались достаточно высокорослыми, так как год выдался более благоприятным, в том числе и для применения микробиологических удобрений, поскольку в препарате имеются бактерии, заселяющие ризосферу, симбиоз клубеньковых бактерий гороха и микробиологических удобрений способствовал большей фиксации азота, что повлияло на высоту растений. Высота растений колебалась от 50,4 см до 64,2 см (табл.3). Уступали контролю варианты с применением Фосфата для обработки семян и обработки семян с подкормкой.

Существенно превысили контроль варианты с Азотом (обработка семян) на 11,65 см, и Азотом + Фосфатом (обработка семян) на 10,25 см. Первый боб сформировался на высоте от 45,4 до 52,7 см, замечено, что выше он был у растений в вариантах, где применяли Азотом. На количество бобов на растении отрицательное влияние оказали подкормки биоудобрениями, в этих вариантах на растении было 2,8-2,9 шт., что меньше, чем в контроле. В одном бобе минимальное количество семян было в контроле 3,5 шт., существенно не отличался от контроля вариант с применением

Фосфатовита для обработки семян, остальные варианты превзошли контроль, но не отличались друг от друга. В вариантах, где применялась подкормка микроудобрениями, продуктивность растений оказалась на уровне контроля 2,75-3,09 г, меньше, чем в контроле она была в варианте с обработкой семян Фосфатовитом – 2,72 г. Остальные варианты существенно превзошли контроль по продуктивности растений, при этом максимальное значение получено в варианте с обработкой семян Азотовитом – 4,53 г. Наиболее выполненные семена получены в вариантах, где применялся Азотовит. Так, обработка семян данным микроудобрением увеличила массу 1000 штук на 14,8 г, подкормка – на 10,6 г, а двухкратное его применение – на 21,4 г (табл. 3).

В среднем за годы проведения исследований по высоте растения отличились варианты, где применялся Азотовит в том или ином качестве, самые высокорослые растения гороха получены в варианте с обработкой семян – 52,5 см, выше, чем в контроле на 8,6 см. В вариантах, где применялся только Фосфатовит, растения по высоте были на уровне контроля. По высоте формирования первого боба также отличился вариант с

применением обработки семян Азотовитом – 44,8 см, у остальных вариантов первый боб находился на высоте от 40,1 до 43,7 см. В среднем за два года на растениях образовалось 2,6-3,4 шт. бобов, меньше, чем в контроле, их оказалось в вариантах, где применялась подкормка одним из микроудобрений. Количество семян в одном бобе составило от 3,2 до 3,9 штук. С каждого растения в среднем собрали 2,21-3,18 г семян. Наименьшую продуктивность имели растения в контроле – 2,21 г, в вариантах с обработкой семян Фосфатовитом – 2,24 г и подкормками 2,25-2,32 г. Наилучшую продуктивность показали растения вариантов с обработкой семян Азотовитом и двухкратным применением обоих микробиологических удобрений, превышение контроля в данных вариантах составило 43,9 и 34,8 % соответственно. По показателю массы 1000 семян все опытные варианты превысили контроль, при этом наибольшие значения отмечены в вариантах с двухкратной обработкой Азотовитом – 256,4 г и двухкратной обработкой Азотовитом и Фосфатовитом – 257,4 г, что превысило контроль на 24,2-25,2 г (табл. 4).

Таблица 4

Структура урожайности гороха средняя за 2021-2022 гг.

№ п/п	Варианты	Высота, см.		Количество, шт.		Продуктивность растений, г	Масса 1000 семян, г
		растения	до первого боба	бобов	семян в бобе		
1	Контроль	43,9	41,0	2,9	3,2	2,21	232,2
2	Азотовит (обработка семян)	52,5	44,8	3,4	3,5	3,18	249,5
3	Фосфатовит (обработка семян)	44,0	40,4	2,7	3,4	2,24	251,6
4	Азотовит + Фосфатовит (обработка семян)	50,6	43,6	3,2	3,9	2,95	248,0
5	Азотовит (подкормка)	49,8	41,1	2,6	3,6	2,25	244,5
6	Фосфатовит (подкормка)	47,8	41,2	2,6	3,7	2,32	243,1
7	Азотовит+Фосфатовит (подкормка)	48,8	41,4	2,9	3,7	2,52	239,5
8	Азотовит (обработка семян +подкормка)	48,8	43,7	3,0	3,7	2,71	256,4
9	Фосфатовит (обработка семян +подкормка)	44,8	40,1	3,1	3,7	2,58	240,4
10	Азотовит+Фосфатовит (обработка семян +подкормка)	47,3	43,4	3,2	3,8	2,98	257,4

Урожайность гороха в 2021 году была сравнительно невысокой, так как год выдался сухим, и эффективность микробиологических удобрений снизилась (табл.5). Однако совместное применение микробиологических удобрений Азотовита и Фосфатовита в

различных комбинациях увеличило урожайность гороха. Максимальное увеличение на 0,62 т/га по сравнению с контролем было получено при совместном применении двух препаратов с обработкой семян и подкормкой. Вариант с подкормкой

Азотовитом уступил по урожайности контролю на 0,09 т/га, что несущественно.

В 2022 году урожайность во всех вариантах была выше, чем в 2021 году. В контроле она составила 2,93 т/га, обработка семян Азотовитом + Фосфатовитом

значительно превысила контроль на 1,89 т/га, обработка семян Азотовитом – на 1,81 т/га. Вариант, где применялся Фосфатовит для обработки семян и подкормки, оказался практически на уровне контроля – 2,92 т/га.

Таблица 5

Урожайность гороха, т/га

№ п/п	Варианты	Урожайность, т/га		Отклонение от контроля		Средняя урожайность, т/га	Прибавка, т/га
		2021	2022	2021	2022		
1	Контроль	1,92	2,93	-	-	2,43	-
2	Азотовит (обработка семян)	2,21	4,74	0,29	1,81	3,48	1,05
3	Фосфатовит (обработка семян)	2,07	3,25	0,15	0,32	2,66	0,24
4	Азотовит + Фосфатовит (обработка семян)	2,24	4,82	0,32	1,89	3,53	1,10
5	Азотовит (подкормка)	1,83	3,25	-0,09	0,32	2,54	0,09
6	Фосфатовит (подкормка)	2,25	3,04	0,33	0,11	2,65	0,22
7	Азотовит+Фосфатовит (подкормка)	2,41	3,51	0,49	0,58	2,96	0,53
8	Азотовит (обработка семян +подкормка)	2,18	4,03	0,26	1,10	3,11	0,68
9	Фосфатовит (обработка семян +подкормка)	2,26	2,92	0,34	-0,01	2,59	0,16
10	Азотовит+Фосфатовит (обработка семян +подкормка)	2,54	3,87	0,62	0,95	3,21	0,78
	НСР <sub>05</sub>			0,34	0,68		0,47

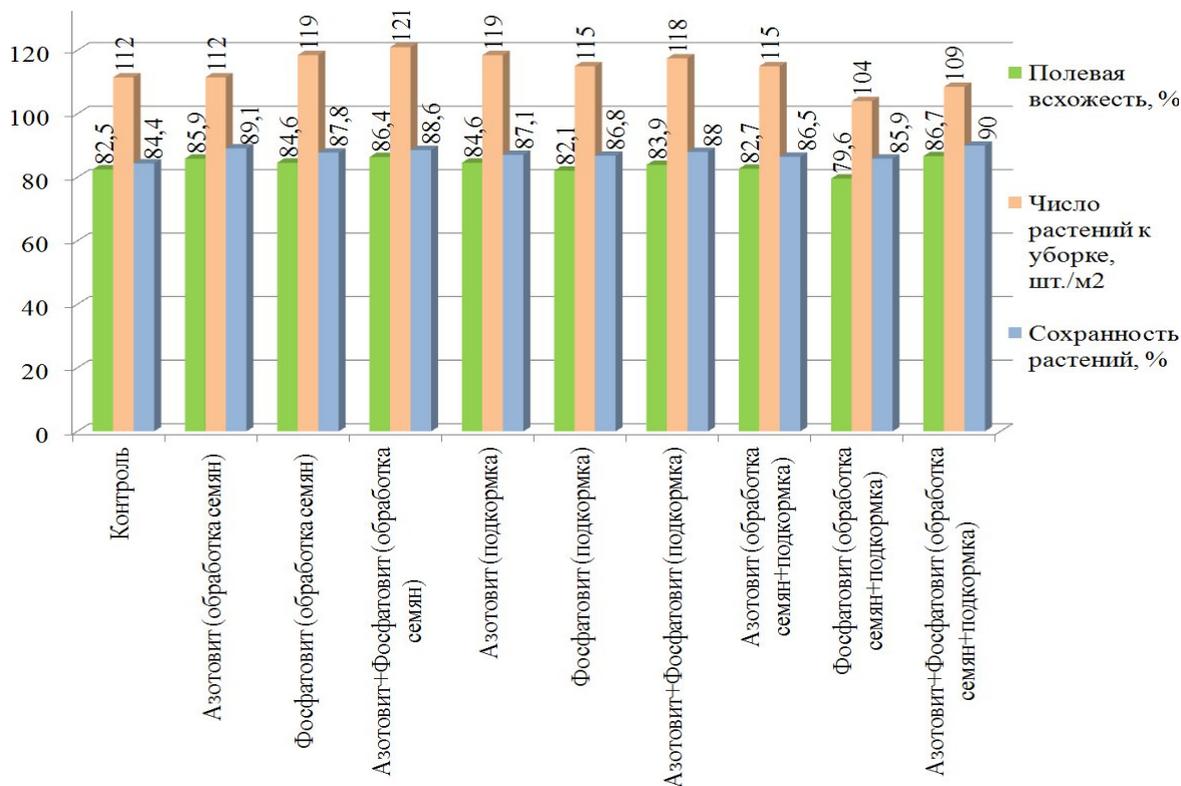


Рис 1. Состояние стеблестоя гороха, среднее за 2021-2022 гг.  
Fig. 1. Condition of pea stand, average for 2021-2022.

В среднем за два года наибольший эффект от применения микробиологических удобрений получен при их совместном использовании. Так, максимальное превышение контроля наблюдалось при применении Азотовита и Фосфатовита для обработки семян – 1,10 т/га. Варианты, где применялся только Фосфатовит, практически не отличались от контроля по урожайности.

Микробиологические удобрения оказали влияние на формирование стеблестоя гороха. Полевая всхожесть в контрольном варианте составила 82,5 %, совместная обработка семян и подкормка Азотовитом и Фосфатовитом позволила увеличить полевую всхожесть до 86,7 %, только при обработке семян данными удобрениями она составила 86,4 % (рис.1). Применение удобрений сказалось и на сохранности растений к уборке. Так, их использование увеличило сохранность до 84,4 % - 90,0 %. Максимальное ее значение было в варианте с обработкой семян и последующей подкормкой Азотовитом и Фосфатовитом – 90 %.

**Выводы.** На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Обработка микробиологическими препаратами положительно сказывается на структурных показателях урожайности. Выявлено, что обработка семян Азотовитом увеличивает высоту растений гороха. Количество семян в бобе увеличилось в вариантах совместной обработки семян Азотовитом и Фосфатовитом, а также с их двухкратным применением. Лучшую

продуктивность показали растения вариантов с обработкой семян Азотовитом и двухкратным применением обоих микробиологических удобрений, превышение контроля в данных вариантах составило 43,9 и 34,8 % соответственно. Значительно увеличилась масса 1000 семян в вариантах с применением Азотовита для обработки семян и подкормки, а также его применение совместно с Фосфатовитом (обработка семян +подкормка).

2. Наибольшее влияние на урожайность гороха микробиологических удобрений установлено в варианте, где применялась совместная обработка семян Азотовитом и Фосфатовитом (3,53 т/га), значительно повысилась урожайность в варианте обработки семян Азотовитом — 3,48 т/га, что превысило контроль на 1,10 и 1,05 т/га соответственно.

3. Обработка семян микробиологическими удобрениями повлияла на полевую всхожесть: вариант совместной обработки Азотовитом и Фосфатовитом обеспечил 86,4 % всходов. Наибольшую сохранность растений в опыте обеспечил вариант, где применялись обработка семян и подкормка совместно Азотовитом и Фосфатовитом.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что совместное использование микробиологических удобрений Азотовита и Фосфатовита дают наибольший эффект при возделывании гороха сорта Спартак на серых лесных почвах Волго-Вятского региона.

#### Список источников

1. Trade Map. Trade statistics for international business development-[Электронный ресурс]. URL: <https://www.trademap.org/> / (дата обращения: 30.11.2023).
2. Thomas L., Singh I. Microbial biofertilizers: types and applications //Biofertilizers for sustainable agriculture and environment. 2019. С. 1-19.
3. Stamford N. P. et al. Interactive effectiveness of microbial fertilizer enriched in N on lettuce growth and on characteristics of an Ultisol of the rainforest region //Scientia Horticulturae. 2019. Т. 247. С. 242-246.
4. Wambacq E. et al. Aerobes and phototrophs as microbial organic fertilizers: Exploring mineralization, fertilization and plant protection features // PLoS One. 2022. Т. 17. №. 2. С. e0262497.
5. Елисеева Л. В., Глинский И. Ю., Филиппова С. В. Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество семян сои // Вестник КрасГАУ, 2021. № 7(172). С. 3-10.
6. Азотовит и Фосфатовит - природа может больше // АгроСнабФорум. 2017. № 7(155). С. 56-57.
7. Сазонкин, К. Д. Урожайность озимого рапса при использовании микробиологических удобрений в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2023. Т. 15, № 1. С. 90-98.
8. Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Серкова Г. А. Новые биоудобрения в технологии возделывания яровых зерновых культур // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 2(67). С. 125-132.
9. Беляев Н. Н., Дубинкина Е. А. Эффективность микробиологических удобрений при обработке семян и растений сои на северо-востоке ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 67-72.

10. Игнатъев А. В. Эффективность биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании ячменя на дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики // *Агрехимический вестник*. 2021. № 2. С. 73-77.

11. Игнатъев А. В., Иудин В. А., Бортник Т. Ю. [и др.] Эффективность биологических удобрений Азотовит и Фосфатовит при возделывании картофеля на дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики // *Пермский аграрный вестник*. 2021. № 2(34). С. 31-41.

12. Ludmila Eliseeva, Ivan Eliseev, Vladislav Dimitriev, Alexander Lozhkin and Nadezhda Mikhailova. The role of bacterial fertilizers in the formation of legume crops // International Scientific and Practical Conference "From Modernization to Advanced Development: Ensuring Competitiveness and Scientific Leadership of the Agro-Industrial Complex" (IDSISA 2022). BIO Web Conf. Vol. 51, 0411 (2022).

13. Михайлова Н.Н., Елисеева Л. В., Елисеев И. П. Применение подкормки микробиологическими препаратами "Азотовит" и "Фосфатовит" на посевах гороха // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 2(217). С. 12-22.

14. Бортник, Т. Ю. Игнатъев А. В. Эффективность биологических удобрений азотовит и фосфатовит при возделывании ячменя в условиях вятско-камской провинции / *Плодородие*. 2021. № 5(122). С. 80-83.

15. Реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. –URL: <https://gossortrf.ru/> (дата обращения: 30.11.2023).

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985.

## THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS METHODS OF APPLYING MICROBIOLOGICAL FERTILIZERS ON PEAS IN CONDITIONS OF THE CHUVASH REPUBLIC

©2024. Nadezhda N. Mikhaylova<sup>1</sup>, Lyubov' V. Eliseeva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

<sup>1</sup>[cool.gordeeva@list.ru](mailto:cool.gordeeva@list.ru)

<sup>2</sup>[ludmilaval@yandex.ru](mailto:ludmilaval@yandex.ru)

**Abstract.** The article presents the results of the study on the use of microbiological fertilizers Azotovit and Phosphatovit on gray forest soils of the Vurnarsky district of the Chuvash Republic during 2021-2022 when growing peas of the Spartak variety. The weather conditions in 2021 were unfavorable, which affected the yield, but the combined use of microbiological fertilizers Azotovit and Phosphatovit in various combinations increased the yield of peas, so fertilizing with Azotovit and Phosphatovit increased the yield by 0.49 t/ha, which amounted to 2.41 t/ha at control 1.92 t/ha. The variant Azotovit + Phosphatovit (seed treatment + fertilizing) increased the yield by 0.62 t/ha, which amounted to 2.54 t/ha. In general, the variants were not less effective than in the control group. In 2022, the weather conditions were more favorable, which had a positive effect on the effectiveness of microbiological fertilizers. The yield in the control was 2.93 t/ha, seed treatment significantly increased it in the variant with Azotovit by 1.81 t/ha, and by 1.89 t/ha with the combined use of two preparations. In option with seed treatment and fertilizing with Azotovit and Phosphatovit the yield increased by 0.95 t/ha. On average, over two years, the maximum yield was obtained in the variant with seed treatment with Azotovit and Phosphatovit - 3.53 t/ha. The influence of microbiological fertilizers on field germination and safety of plants was established. The maximum value of field germination was obtained in the variant with seed treatment with Azotovit and Phosphatovit - 86.4-86.7%, the safety of plants was maximum with the combined use of fertilizers for seed treatment and subsequent fertilizing - 90%.

**Key words:** peas, microbiological fertilizers, Azotovit, Phosphatovit, seed treatment, foliar feeding, yield, field germination, safety

### References

1. Trade Map. Trade statistics for international business development [Electronic resource]. –URL: <https://www.trademap.org/> // (access date: 11/30/2023).

2. Thomas L., Singh I. Microbial biofertilizers: types and applications // *Biofertilizers for sustainable agriculture and environment*. – 2019. – P. 1-19.

3. Stamford N. P. et al. Interactive effectiveness of microbial fertilizer enriched in N on lettuce growth and on characteristics of an Ultisol of the rainforest region // *Scientia Horticulturae*. – 2019. – T. 247. – P. 242-246.

4. Wambacq E. et al. Aerobes and phototrophs as microbial organic fertilizers: Exploring mineralization, fertilization and plant protection features // *PLoS One*. – 2022. – T. 17. – No. 2. – P. e0262497.

5. Eliseeva L.V., Glinsky I.Yu., Filippova S.V. Vliyaniye guminovykh preparatov na produktivnost' i kachestvo semyan soi (The influence of humic preparations on the productivity and quality of soybean seeds) // *Vestnik KrasGAU*. – 2021. – No. 7(172). – P. 3-10. (In Russian)

6. Azotovit I Fosfatovit – priroda mozhet bol'she (Azotovit and Phosphatovit - nature can do more) // AgroSnabForum.2017. No. 7(155).pp. 56-57. (In Russian)
7. Sazonkin, K. D. Urozhajnost' ozimogo rapsa pri ispol'zovanii mikrobiologicheskikh udobrenij v usloviyah Ryazanskoj oblasti (Yield of winter rapeseed when using microbiological fertilizers in the conditions of the Ryazan region) // VestnikRyazanskogogosudarstvennogoagrotekhnologicheskogouniversitetaim. P.A. Kostycheva.– 2023. – T. 15, No. 1. – P. 90-98. (In Russian)
8. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M., Serkova G.A. Novye bioudobreniya v tekhnologii vozdelevaniya yarovyh zernovykh kul'tur (New biofertilizers in the technology of cultivating spring grain crops) // Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet).– 2023. – No. 2(67).– pp. 125-132. (In Russian)
9. Belyaev N.N., Dubinkina E.A. Effektivnost' mikrobiologicheskikh udobrenij pri obrabotke semyan i rastenij soi na severo-vostoke CChR (Efficiency of microbiological fertilizers in the treatment of soybean seeds and plants in the north-east of the Central Black Sea region) // Zernobobovyeikrupnyanyekul'tury.–2019. – No. 2(30).– pp. 67-72. (In Russian)
10. Ignatiev A.V. Effektivnost' biologicheskikh udobrenij Azotovit I Fosfatovit pri vozdelevanii yachmenya na derno-podzolistyhpochvahUdmurtskojRespubliki (Efficiency of biological fertilizers Azotovit and Phosphatovit when cultivating barley on sod-podzolic soils of the Udmurt Republic) // Agrohimicheskij vestnik.– 2021. – No. 2. – P. 73-77. (In Russian)
11. Ignatiev A.V., Iudin V.A., BortnikT.Yu. [et al.] Effektivnost' biologicheskikh udobrenij Azotovit I Fosfatovit privozdelevanii kartofelya na derno-podzolistykh pochvah Udmurtskoj Respubliki (Efficiency of biological fertilizers Azotovit and Phosphatovit when cultivating potatoes on sod-podzolic soils of the Udmurt Republic) // Permskij Agrarnyj vestnik.– 2021. – No. 2(34).– P. 31-41. (In Russian)
12. Bortnik, T. Yu., Ignatiev A. V. Effektivnost' biologicheskikh udobrenij azotovit I fosfatovit privozdelevanii yachmenya v usloviyah Vyatsko-Kamskoj provincii (Efficiency of biological fertilizers azotovit and fosfatovit when cultivating barley in the conditions of the Vyatka-Kama province) // Plodorodie.– 2021. – No. 5(122).– P. 80-83. (In Russian)
13. Ludmila Eliseeva, Ivan Eliseev, VladislavDimitriev, Alexander Lozhkin and NadezhdaMikhailova.The role of bacterial fertilizers in the formation of legume crops // International Scientific and Practical Conference “From Modernization to Advanced Development: Ensuring Competitiveness and Scientific Leadership of the Agro-Industrial Complex” (IDSISA 2022).BIO Web Conf.Vol.51, 0411 (2022).
14. Mikhailova N.N., Eliseeva L.V., Eliseev I.P. Primenenie podkormki mikrobiologicheskimi preparatami Azotovit I Fosfatovit na posevah goroha (Application of fertilizing with microbiological preparations “Azotovit” and “Phosphatovit” on pea crops) // Agrarnyj vestnik Urala.– 2022. – No. 2(217).– P. 12-22.– DOI 10.32417/1997-4868-2022-217-02-12-22.– EDN DYCTTB. (In Russian)
15. Reestr selekcionnyh dostizhenij (Register of selection achievements) [Electronic resource].–URL: <https://gossortrf.ru/> (access date: 11/30/2023). (In Russian)
16. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)).5-e izd., dop. I prerab.—M.: Agropromizdat, 1985. (InRussian)

#### *Сведения об авторах*

**Н.Н. Михайлова**<sup>1</sup> – аспирант, старший преподаватель кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства,ORCID 0000-0003-3245-3656;

**Л.В. Елисева**<sup>2</sup> – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства,ORCID 0000-0002-2414-5947.

<sup>1,2</sup>Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

<sup>1</sup>[cool.gordeeva@list.ru](mailto:cool.gordeeva@list.ru)

<sup>2</sup>[ludmilaval@yandex.ru](mailto:ludmilaval@yandex.ru)

#### *Information about the authors*

**N.N. Mikhaylova**<sup>1</sup> – Postgraduate Student, Senior Lecturer;

**L.V. Eliseeva**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci., Associate Professor.

<sup>1,2</sup>Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

<sup>1</sup>[cool.gordeeva@list.ru](mailto:cool.gordeeva@list.ru)

<sup>2</sup>[ludmilaval@yandex.ru](mailto:ludmilaval@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 28.12.2023; одобрена после рецензирования 08.02.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 28.12.2023; approved after reviewing 08.02.2024; accepted for publication 10.05.2024*

## ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ РАПСА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

©2024. Татьяна Яковлевна Прахова

Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь, Россия  
prakhova.tanya@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлена экологическая оценка сортов и гибридов ярового рапса по продуктивности семян в климатических условиях лесостепи Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2020-2023 годах на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ЛК (Пензенский НИИСХ). Объектом исследований являлись 10 сортов и 5 гибридов ярового рапса отечественной и зарубежной селекции. Метеорологические условия в годы исследований колебались от засушливых – в 2020 году (ГТК 0,70) до увлажненных – в 2022 году (ГТК 1,24). В среднем за 2020-2023 гг. урожайность сортов и гибридов ярового рапса была достаточно высокой и варьировала в пределах 1,63-1,94 т/га. Изменчивость урожайности варьировала в диапазоне от 5,8 до 23,4 %. Наибольшая продуктивность отмечена у сортов Руян (1,86 т/га), Риф (1,85 т/га) и у гибридов Сиеста (1,94 т/га), Дороти (1,87 т/га), Калибр (1,86 т/га). Данные сорта на 0,11-0,20 т/га превышали урожайность стандарта (сорт Галант). Содержание масла в семенах изменялось от 37,96 % – в 2022 году у сорта Неман до 49,25 % – в 2020 году у сорта Руян. В среднем, максимальное содержание масла в семенах выявлено у сорта Таврион (46,90 %) и у гибрида Калибр (43,42 %). Все изучаемые сорта и гибриды отличались высокими показателями устойчивости и стабильности (ПУСС) по отношению к стандарту. Наиболее высокими показателями экологической пластичности как по формированию урожая, так и по маслоснакоплению, обладали сорт Таврион (1,02-1,10) и гибрид Калибр (1,03-1,02), что указывает на их большую ценность при выращивании. Высокой степенью адаптированности по урожайности обладают сорта Таврион, Руян, Риф, гибриды Сиеста и Дороти, индекс которой находится в интервале от 1,8 до -5,6. По масличности высокая адаптированность к условиям возделывания отмечена у Тавриона, Руяна, Хантера, Смиллы и Калибра, интервал которой составил от 8,5 до -4,2. Высокая экологическая устойчивость по урожайности отмечена у стандарта Галант (-0,24 т/га), по масличности – у сорта Хантер (-2,17 %) и гибрида Дороти (-2,18 %).

**Ключевые слова:** рапс яровой, сорта, гибриды, урожайность, масличность, экологическая устойчивость, генетическая гибкость, пластичность, агроэкологическая адаптированность

**Введение.** Рапс принадлежит к древнейшим ценным масличным и кормовым культурам, является важным источником производства растительного масла и белка в сочетании с высокой потенциальной урожайностью семян [1, 2].

В семенах рапса ярового, по данным различных источников, содержится до 40-48 % пищевого масла [3, 4] и до 21-33 % протеина [5, 6]. Ценность рапсового масла определяется, в первую очередь, содержанием биологически-ценных жирных кислот, которые находятся в оптимальном соотношении, и в зависимости от этого

используются для разнообразных целей, как пищевых, так и технических [1, 7].

Спектр использования масла из семян рапса для технических целей очень широк - от исходного материала для химического синтеза до применения в виде смазочных средств и топлива, а также в металлургической, лакокрасочной, мыловаренной, химической и текстильной промышленности [8]. Кроме этого, в европейских странах рапсовое масло используют в качестве сырья для биотоплива [9]. Масло, получаемое из семян современных сортов рапса, не содержит эруковой кислоты

и используется непосредственно в пищу, в хлебопекарном и кондитерском производстве, для изготовления маргарина и других кулинарных изделий [1, 6]. После переработки семян на масло рапс дает полноценные жмых и шрот, которые являются высокобелковыми концентратами для кормления животных [4, 6].

Сегодня, с учетом биологических особенностей культуры, посеvy рапса ярового расширяются, его возделывают практически во всех регионах России, и по прогнозу ИКАР, в 2024 году площади под рапсом достигнут 2,0 миллионов гектар [1].

За последние несколько десятилетий изменились многие позиции в технологии возделывания ярового рапса, а также изменился и сортовой состав. И сейчас происходит активная замена традиционных сортов зарубежными гибридами, которые обладают высокой продуктивностью и более качественными показателями [6].

Однако, внедрение и освоение новых сортов и гибридов может быть полностью оправдано лишь при условии соответствия их биоклиматическим ресурсам регионов произрастания. В связи с этим, правильный выбор сорта рапса ярового для получения стабильных и высоких урожаев, с учетом условий почвенно-климатической зоны, является актуальной задачей.

Цель исследований – провести экологическую оценку сортов и гибридов рапса ярового по продуктивности семян в климатических условиях лесостепи Среднего Поволжья.

**Методика.** Исследования проводили в 2020-2023 годах на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ЛК (ОП Пензенский НИИСХ). Почвы опытного участка представлены среднемоющими, выщелоченными черноземами с содержанием гумуса 5,8 % (по Тюрину).

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований отличались. В период вегетации рапса 2020 года был отмечен небольшой дефицит влаги (ГТК – 0,70) при среднемноголетней норме 1,10 единиц. Сумма выпавших осадков составила 129,1 мм, при среднесуточной температуре 18,0 °С. Вегетационный период рапса, в среднем по сортам, составил 83 дня с вариативностью от 80 до 84 дней. В 2021 году климатические условия вегетационного периода рапса, в целом, были более

благоприятными для развития культуры и характеризовались как умеренно засушливые, ГТК составлял 0,82. Продолжительность вегетационного периода варьировал от 81 до 85 дней, в зависимости от сорта. Погодные условия в 2022 году резко отличались по водному режиму. Уровень выпадения осадков был выше, по сравнению с другими годами, и составил 185,6 мм, ГТК равнялся 1,24 единицы. Продолжительность вегетационного периода культуры в среднем по сортам составила 89 дней. Разница отмечалась в 1-2 дня. В 2023 году период от всходов до полного созревания рапса отличался более благоприятными условиями (ГТК 0,98), однако продолжительность его в среднем составила 96 дней.

Объектом исследований являлись 10 сортов и 5 гибридов рапса ярового отечественной и зарубежной селекции: сорта Таврион, Руян и Галант (ФНЦ ВНИИМК им. В. С. Пустовойта, г. Краснодар); Риф (ВНИИ рапса, г. Липецк); Неман и Герцог (НПЦ НАН Беларуси по земледелию); Новосел (ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса, г. Москва); Надежный 92 (ФГБНУ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН); Абилити (Германия); Хантер (США); гибриды Смилла, Калибр, Сиеста, Хидалго (Германия); Дороти (Австрия). Сорт Галант использовали в качестве стандарта.

Закладка питомника сортоиспытания и учет урожайности проводились согласно методике проведения агротехнических опытов с масличными культурами [10]. Посев рапса осуществляли в первой декаде мая рядовым способом, с нормой высева 2,5 миллиона всхожих семян на гектар, площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность опыта 3-кратная, предшественник – чистый пар. Посев проводили селекционной сеялкой СН-16, уборку – комбайном Сампо-130. Определение масличности семян проводили методом экстракции в аппарате Сокслета в агрохимической лаборатории Пензенского НИИСХ.

Параметры экологической устойчивости и генетическую гибкость определяли по уравнениям А.А. Rossielle и J. Hamblin [11]. Индекс стабильности (ИС) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) определяли по методике, описанной Э.Д. Неттевичем [12]. Меру превосходства сорта определяли по методу Lin C.S. и Binns

М.Р. [13]. Агроэкологическую адаптированность рассчитывали по методу, предложенному А.И. Кинчаровым с соавторами [14]. Экологическую пластичность и стабильность рассчитывали по методу S.A. Eberhart и W.A. Russel [15].

**Результаты.** Оценка изучаемых сортов и гибридов ярового рапса показала, что в среднем за 4 года урожайность семян была достаточно высокой и варьировала в пределах 1,63-1,94 т/га (табл. 1).

Среди сортов наибольшая продуктивность отмечена у сортов Руян (1,86 т/га) и Риф (1,85 т/га), среди гибридов максимальная урожайность отмечена у Сиесты (1,94 т/га), Дороти (1,87 т/га) и Калибра (1,86 т/га). Данные образцы существенно (на 0,11-0,20 т/га) превышали сорт-стандарт Галант. Наиболее низкой урожайностью отличались сорта Надежный

92 и Герцог, урожайность которых на 0,04 и 0,11 т/га была ниже относительно стандарта и составила всего 1,63 и 1,70 т/га.

Оценка изучаемых сортов и гибридов ярового рапса показала, что в среднем за 4 года урожайность семян была достаточно высокой и варьировала в пределах 1,63-1,94 т/га (табл. 1).

Среди сортов наибольшая продуктивность отмечена у сортов Руян (1,86 т/га) и Риф (1,85 т/га), среди гибридов максимальная урожайность отмечена у Сиесты (1,94 т/га), Дороти (1,87 т/га) и Калибра (1,86 т/га). Данные образцы существенно (на 0,11-0,20 т/га) превышали сорт-стандарт Галант. Наиболее низкой урожайностью отличались сорта Надежный 92 и Герцог, урожайность которых на 0,04 и 0,11 т/га была ниже относительно стандарта и составила всего 1,63 и 1,70 т/га.

Таблица 1

Варьирование урожайности сортов и гибридов рапса ярового

Сорт/Гибрид	Урожайность, т/га					Коэффициент вариации, %
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	
Галант, st	1,71	1,63	1,87	1,76	1,74	5,8
Надежный 92	1,32	1,53	2,03	1,63	1,63	18,3
Таврион	1,82	1,72	1,61	2,15	1,83	12,8
Руян	1,71	1,80	2,13	1,78	1,86	10,1
Риф	1,65	1,74	1,89	2,14	1,85	11,5
Герцог	1,58	1,64	1,99	1,58	1,70	11,6
Неман	1,57	1,85	1,98	1,92	1,83	9,9
Новосел	1,56	1,81	1,97	1,82	1,79	9,5
Абилити	1,49	1,78	1,98	2,02	1,82	13,3
Хантер	1,44	1,78	1,89	1,92	1,76	12,5
Смилла	1,46	1,78	1,95	1,87	1,77	12,2
Сиеста	2,58	1,51	1,92	1,77	1,94	23,4
Калибр	1,57	1,87	2,04	1,95	1,86	10,9
Хидалго	1,62	1,71	1,89	2,01	1,81	9,7
Дороти	2,08	1,65	1,78	1,96	1,87	10,2
Среднее	1,68	1,72	1,93	1,88	1,80	-
НСР <sub>0,5</sub>	0,06	0,07	0,11	0,08	0,10	-
Индекс условий среды	-0,12	-0,08	0,13	0,09	-	-

При этом, изменчивость урожайности сортов и гибридов рапса по годам варьировала в диапазоне от 5,8 до 23,4 %. Наибольшей изменчивостью характеризовались сорт Надежный 92 ( $C_v = 18,3$  %) и гибрид Сиеста ( $C_v = 23,4$  %), размах варьирования урожая которых составил 1,32-2,03 т/га и 1,51-2,58 т/га соответственно.

Наиболее стабильными по годам были сорта Неман, Новосел и гибрид Хидалго, коэффициент вариации которых равнялся 9,5-

9,9 %, а также стандартный сорт Галант, диапазон урожайности которого изменялся в пределах от 1,63 до 1,87 т/га, размах варьирования составил 5,8 %.

Также относительно небольшие колебания урожайности отмечены у сорта Руян ( $C_v = 10,1$  %) и у гибридов Калибр ( $C_v = 10,9$  %) и Дороти ( $C_v = 10,2$  %). При средней урожайности 1,86 и 1,87 т/га, изменения данного показателя по годам составили соответственно 1,71-2,13 т/га, 1,57-2,04 т/га и 1,65-2,08 т/га.

Наиболее благоприятные условия для формирования урожайности рапса сложились в 2022 году, при положительном индексе условий среды 0,13, где в среднем по сортам она составила 1,93 т/га. Максимальная урожайность отмечена у гибрида Калибр (2,04 т/га) и у сортов Надежный 92 (2,03 т/га) и Руян (2,13 т/га). Минимальное значение данного показателя отмечено в 2020 году при отрицательном индексе условий среды (-0,12). Средняя по опыту урожайность здесь составила всего 1,68 т/га с диапазоном варьирования от 1,44 т/га у сорта Хантер (США) до 2,58 т/га у гибрида Сиеста (Германия). При этом, следует отметить достаточно высокие показатели урожайности (1,82 и 2,08 т/га) у сорта Таврион (ВНИИМК) и австрийского гибрида Дороти, которые существенно (на 0,11 и 0,32 т/га) превышали сорт Галант.

Сравнительный анализ результатов накопления масла показал, что содержание его в семенах изменялось от 37,96 % – в 2022 году у сорта Неман до 49,25 % – в 2020 году у

сорта Руян. У гибридов данный признак варьировал от 39,67 % – у Сиесты (2021 г.) до 44,97 % – у Хидалго (2023 г.) (табл. 2).

В 2023 году, при более благоприятных условиях среды (индекс = 1,52), отмечена наибольшая масличность семян, которая составила в среднем по опыту 44,22 % в диапазоне от 40,96 % (сорт Абилити) до 47,53 % (сорт Руян).

В среднем за годы исследований максимальное содержание масла в семенах выявлено у сортов Таврион и Руян – 46,90 и 46,60 % соответственно. При этом масличность гибридов варьировала в пределах 41,81-43,42 %, с наибольшими показателями у сортов Смилла (43,28 %), у Калибра (43,42 %) и у Хидалго (43,10 %).

Следует отметить, что изменчивость показателя маслонакопления по годам слабая, коэффициент вариации составляет от 2,2 до 6,0 %. Наиболее низкая вариабельность содержания масла отмечена у сортов Таврион (2,5 %), Абилити (2,6 %), Хантер (2,6 %) и у гибрида Дороти (2,2 %).

Таблица 2

Содержание масла в семенах сортов и гибридов рапса ярового

Сорт/Гибрид	Масличность, %					Коэффициент вариации, %
	2020	2021	2022	2023	среднее	
Галант, st	41,87	39,14	41,68	44,11	41,70	4,9
Надежный 92	45,18	40,94	40,55	43,64	42,58	5,2
Таврион	48,64	46,02	46,55	46,39	46,90	2,5
Руян	49,25	43,51	46,12	47,53	46,60	5,2
Риф	40,87	39,28	40,98	45,10	41,56	6,0
Герцог	41,67	38,70	41,71	44,20	41,57	5,4
Неман	40,96	40,86	37,96	43,98	40,94	6,0
Новосел	41,76	40,02	40,31	44,52	41,65	4,9
Абилити	41,23	39,89	42,53	40,96	41,15	2,6
Хантер	40,92	40,86	42,36	43,03	41,79	2,6
Смилла	42,06	42,39	45,21	43,48	43,28	3,3
Сиеста	41,29	39,67	43,71	44,77	42,36	5,5
Калибр	41,69	43,49	44,80	43,71	43,42	3,0
Хидалго	40,43	43,13	43,89	44,97	43,10	4,5
Дороти	41,94	40,78	41,56	42,96	41,81	2,2
Среднее	42,65	41,24	42,66	44,22	42,70	-
НСР <sub>0,5</sub>	2,75	2,46	3,07	3,48	2,71	-
Индекс условий среды	-0,05	-1,46	-0,04	1,52	-	-

Ценность сортов сельскохозяйственных растений зависит не только от абсолютных значений урожайности и других хозяйственно-полезных признаков, но и в значительной степени – от их устойчивости и способности формировать стабильно высокий урожай в различных внешних условиях. В

условиях лесостепи Среднего Поволжья, с резкими изменениями климатических условий, одним из важных параметров является экологическая устойчивость сортов, которая определяется как разность минимального и максимального показателей продуктивности.

Следует сказать, что наиболее высокой экологической устойчивостью по урожайности обладает стандартный сорт Галант, значения которой составили -0,24 т/га. У сортов Герцог, Неман, Новосел и гибрида Хидалго стрессоустойчивость была ниже, чем

у стандарта, но выше по сравнению с другими сортами и составила -0,41 и -0,39 т/га. По содержанию масла, в среднем за годы, наиболее устойчивыми были сорт Хантер (-2,17 %) и гибрид Дороти (-2,18 %) (табл. 3).

Таблица 3

Параметры стрессоустойчивости и пластичности сортов и гибридов рапса по продуктивности маслосемян (2020-2023 гг.)

Сорт / гибрид	Экологическая устойчивость		Генетическая гибкость		Экологическая пластичность		Мера превосходства сорта	
	ур-ть*	мас-ть*	ур-ть	мас-ть	ур-ть	мас-ть	ур-ть	мас-ть
Галант, st	-0,24	-4,97	1,75	41,6	0,97	0,98	0,39	17,2
Надежный 92	-0,71	-4,63	1,67	42,9	0,90	1,00	0,62	11,7
Таврион	-0,54	-2,62	1,88	47,3	1,02	1,10	0,25	1,02
Руян	-0,42	-5,74	1,92	46,4	1,03	1,09	0,19	1,02
Риф	-0,49	-5,82	1,89	42,2	1,03	0,97	0,21	19,1
Герцог	-0,41	-5,50	1,78	41,4	0,94	0,97	0,47	18,2
Неман	-0,41	-6,02	1,77	40,9	1,02	0,96	0,25	22,7
Новосел	-0,41	-4,50	1,75	42,3	0,99	0,97	0,31	17,5
Абилити	-0,53	-2,64	1,75	41,2	1,01	0,96	0,27	20,2
Хантер	-0,48	-2,17	1,68	41,9	0,98	0,98	0,36	16,7
Смилла	-0,49	-3,15	1,70	43,6	0,98	1,03	0,35	10,4
Сиеста	-1,07	-5,10	2,04	42,2	1,08	0,99	0,13	14,9
Калибр	-0,47	-3,11	1,80	43,2	1,03	1,02	0,20	10,1
Хидалго	-0,39	-4,54	1,81	42,7	1,01	1,01	0,28	12,5
Дороти	-0,43	-2,18	1,86	41,9	1,04	0,98	0,20	15,8

**Примечание:** ур-ть – параметры по урожайности; мас-ть – параметры по содержанию масла

Низкими значениями стрессоустойчивости характеризовались по урожайности гибрид Сиеста (-1,07 т/га), по масличности – сорт Неман (-6,02 %). При этом Сиеста характеризовался наиболее высокой генетической гибкостью при формировании урожайности, показатель которой составил 2,04 т/га, при варьировании данного признака от 1,67 до 1,92 т/га у других сортов. Высоким генетическим потенциалом (47,3 и 46,4 %) по содержанию масла обладают Таврион и Руян.

Оценка изучаемых сортов и гибридов рапса по экологической пластичности показала, что наиболее высокими показателями как по формированию урожая, так и по маслосемянности обладают сорта Таврион (1,02-1,10) и Руян (1,03-1,09), из гибридов – Калибр (1,03-1,02) и Хидалго (1,01-1,01), что указывает на их большую ценность при выращивании.

Сравнение исследуемого сорта с лучшим в данных условиях среды позволяет определить степень превосходства сорта. Сравнивая наши сорта, можно отметить, что все они обладали более высокой мерой превосходства по урожайности относительно

стандарта, за исключением сортов Надежный 92 и Герцог, значения данного показателя у которых составили 0,62 и 0,47. Наилучшими показателями данного критерия отличались Руян (0,19) и Сиеста (0,13). По масличности наибольшей степенью превосходства обладали сорта Таврион (1,02) и Руян (1,02), гибриды – Калибр (10,1) и Смилла (10,4).

Одновременно и уровень стабильности сорта, и его способность отзываться на улучшение условий выращивания характеризует показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) по отношению к стандарту. Все изучаемые сорта и гибриды отличались высокими показателями ПУСС и превышали стандарт на 14,7-48,7 % – по урожайности и на 8,5-39,8 % – по масличности. Наиболее высокие значения ПУСС по урожаю были у сорта Руян (33,5 %) и гибрида Сиеста (48,7 %), по содержанию масла – у Тавриона (33,7 %) и Смиллы (39,8 %) (табл. 4).

По стабильности формирования продуктивности семян рапса (в среднем за годы исследований) отличались сорт Надежный 92 и гибрид Сиеста, индекс стабильности которых составил 0,09 и 0,08.

Несмотря на то, что урожайность сорта Надежный 92 была несколько ниже относительно стандарта и других изучаемых сортов, она менее изменялась по годам и была более стабильной при различных

климатических условиях. По накоплению масла в семенах, максимальной стабильностью отличались Риф (6,9), Неман (6,8) и Сиеста (7,7).

Таблица 4

Параметры стабильности и адаптивности сортов и гибридов рапса по продуктивности маслосемян (2020-2023 гг.)

Сорт / гибрид	Коэффициент адаптивности		Индекс стабильности		ПУСС		Агроэкологическая адаптированность	
	ур-ть	мас-ть	ур-ть	мас-ть	ур-ть	мас-ть	ур-ть	мас-ть
Галант, st	96,7	97,6	0,30	8,5	-	-	-8,9	-8,0
Надежный 92	90,5	99,7	0,09	8,2	14,7	17,2	-22,1	-4,4
Таврион	101,7	109,8	0,14	18,7	25,6	33,7	-5,6	8,5
Руян	103,3	109,1	0,18	9,0	33,5	25,3	-1,4	3,7
Риф	102,8	97,3	0,16	6,9	29,6	20,7	-4,0	-7,3
Герцог	94,4	97,3	0,15	7,7	25,5	23,1	-10,0	-8,9
Неман	101,7	95,9	0,18	6,8	32,9	12,2	-10,7	-10,7
Новосел	99,4	97,5	0,19	8,5	34,0	8,5	-11,3	-5,8
Абилити	101,1	96,4	0,14	15,8	25,5	20,5	-14,0	-6,6
Хантер	97,8	97,9	0,14	16,1	24,6	32,2	-18,3	-4,2
Смилла	98,3	101,3	0,15	13,1	26,6	39,8	-16,8	-1,2
Сиеста	107,8	99,2	0,08	7,7	28,7	12,3	1,8	-6,6
Калибр	103,3	101,7	0,17	14,5	31,6	39,4	-9,7	-2,0
Хидалго	100,5	100,9	0,19	9,6	34,4	31,7	-7,8	-4,8
Дороти	103,9	97,9	0,18	19,0	33,7	19,0	-5,1	-4,5

Для получения объективной информации об адаптивности сортов к условиям выращивания использовали коэффициент адаптивности. В наших исследованиях он варьировал от 90,5 % – у сорта Надежный 92 до 107,8 % – у гибрида Сиеста. По содержанию масла коэффициент адаптивности максимальным был у сортов Таврион и Руян и составил 109,8 и 109,1 % соответственно.

Максимальную устойчивость генотипов к меняющимся факторам среды в сочетании с отзывчивостью сорта на улучшение агроклиматических условий характеризует комплексный показатель – агроэкологическая адаптированность. Полученные результаты показывают, что значения агроэкологической адаптированности сортов рапса находятся в интервале по урожайности – от 1,8 до -22,1; по масличности – от 8,5 до -10,7.

Высокой степенью агроэкологической адаптированности по урожайности обладают сорта Таврион, Руян, Риф, гибриды Сиеста и Дороти, индекс адаптированности которых находится в интервале от 1,8 до -5,6. По масличности высокая адаптированность отмечена у Тавриона, Руяна, Хантера, Смиллы и Калибра, интервал которой составил от 8,5 до -4,2. Низкая

адаптированность по урожаю отмечена у сортов Надежный 92 (-22,1), Хантер (-18,3) и гибрида Смилла (-16,8), по содержанию масла – у сорта Неман (-10,7). Остальные сорта и гибриды характеризовались средней степенью адаптированности как по урожаю, так и по масличности, значения адаптированности которых имели градацию от -7,8 до -14,0 и от -4,4 до -8,9 соответственно.

**Выводы.** Таким образом, проведенное экологическое испытание сортов и гибридов рапса ярового в условиях лесостепи Среднего Поволжья показало, что наибольшая урожайность в среднем за 2020-2023 годы отмечена у сортов Руян (1,86 т/га) и Риф (1,85 т/га), у гибридов Сиеста (1,94 т/га), Дороти (1,87 т/га) и Калибр (1,86 т/га), которые на 0,11-0,20 т/га превышали сорт-стандарт Галант. Наибольшее содержание масла отмечено у сортов Таврион и Руян (46,90 и 46,60 %), у гибридов Смилла (43,28 %) и Калибр (43,42 %).

Наиболее высокими показателями экологической пластичности, как по формированию урожая так и по маслосемянности, характеризовались сорта Таврион (1,02-1,10) и Руян (1,03-1,09), гибриды Калибр (1,03-1,02) и Хидалго (1,01-1,01), что указывает на их большую ценность

при выращивании. Наиболее высокими показателями устойчивости и стабильности по урожайности отличались сорта Руян и Новосел, значения ПУСС которых составил 33,5 и 34,0 % по отношению к стандарту, из гибридов – Хидалго (ПУСС – 34,4 %). По масличности выделены сорт Таврион (33,7 %) и гибрид Смилла (39,8 %).

Высокой степенью агроэкологической адаптированности по урожайности обладают сорта Таврион, Руян, Риф, гибриды Сиеста и

Дороти, индекс адаптированности которых находится в интервале от 1,8 до -5,6. По масличности высокая адаптированность отмечена у Тавриона, Руяна, Хантера, Смиллы и Калибра, интервал которой составил от 8,5 до -4,2.

*Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).*

#### Список источников

1. Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С., Лошкокойников И.А., Рабканов С.В. Масличные капустные культуры в Западной Сибири. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2023. 130 с.
2. Вафина Э.Ф. Оценка производства ярового рапса в Удмуртской республике // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (64). С. 4-12. DOI: 10.48012/1817-5457\_2020\_4\_4
3. Полякова Р.С., Кузнецова Г.Н. Экологическое испытание рапса ярового в условиях Омской области // International agricultural journal. 2022. № 2. С. 872-889. DOI 10.55186/25876740\_2022\_6\_2\_27
4. Зубкова Т.В. Результаты агроэкологического испытания сортов ярового рапса в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона и анализ качества масла, полученного из его семян // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 69-75. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75
5. Кузнецова Г.Н. Перспективные сорта капустных культур для условий Западной Сибири // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2022. № 2. С. 10–15. DOI: 10.31563/1684-7628-2022-62-2-10-15
6. Гулидова В.А. Рапс – высококачественная культура России. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2019. 310 с.
7. Старикова Д.В., Горлова Л.А., Полякова Р.С., Кузнецова Г.Н. Оценка экологической пластичности и стабильности генотипов рапса ярового в различных зонах возделывания // Масличные культуры. 2023. № 2 (194). С. 34-39. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-34-39
8. Пальчиков Е.В., Волков С.А., Щукин Р.А., Манаенкова Ю.С., Палфитов В.Ф. Сравнительная оценка сортов ярового рапса отечественной селекции по хозяйственно-биологическим признакам // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 2. С. 159-165. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-2-159-165
9. Sagirova, R.A., Vlasova T.B., Shapenkova S.V. Comparative evaluation of seed productivity rapeseed (*Brassica napus*), camelina (*Camelina sativa*) and white mustard (*Sinapis alba*) in conditions forest-steppe zone of Prebaikalia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548. P. 22083. DOI:10.1088/1755-1315/548/2/022083
10. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2010. 323 с.
11. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and no stress environments // Crop Sci. 1981. №. 6. P. 12-23. DOI: 10.2135/CROPSCI1981.0011183X002100060033X
12. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в Центральном районе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. 2001. № 3. С. 50-55.
13. Lin C.S., Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data // Canad. J. Plant Sci. 1988. № 1 (68). P. 193-198. DOI: 10.4141/cjps88-018
14. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Кинчарова М.Н., Таранова Т.Ю., Муллаянова О.С., Чекмасова К.Ю. Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 4 (183). С. 39-47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47
15. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol.6. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

## ASSESSMENT OF ADAPTABILITY OF RAPESEED VARIETIES AND HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

©2024. Tatyana Ya. Prakhova

FSBSI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops», Tver, Russia

e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

**Abstract.** The article presents an environmental assessment of spring rapeseed varieties and hybrids for seed productivity in the climatic conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The research was carried out in 2020-2023 on the experimental field of the FSBSI (Penza Research Institute of Agriculture). The objects of research were 10 varieties and 5 hybrids of spring

rapeseed of domestic and foreign selection. Meteorological conditions during the years of research ranged from dry in 2020 (GTC 0.70) to humid in 2022 (GTC 1.24). On average for 2020-2023, the yield of spring rapeseed varieties and hybrids was quite high and varied between 1.63-1.94 t/ha. Yield variability ranged from 5.8 to 23.4%. The highest productivity was observed in the varieties Ruyan (1.86 t/ha), Rif (1.85 t/ha) and in the hybrids Siesta (1.94 t/ha), Dorothy (1.87 t/ha), Caliber (1.86 t/ha). The yields of these varieties were 0.11-0.20 t/ha higher than the yield of the standard Galant variety. The oil content in the seeds varied from 37.96% in 2022 for the Neman variety to 49.25% in 2020 for the Ruyan variety. On average, the maximum oil content in seeds was found in the Tavriion variety (46.90%) and the Caliber hybrid (43.42%). All studied varieties and hybrids were distinguished by high indicators of resistance and stability (PUSS) in relation to the standard. The highest indicators of ecological plasticity, both in terms of yield formation and oil accumulation, were characterized by the Tavriion variety (1.02-1.10) and the Caliber hybrid (1.03-1.02), which shows their great value when grown. The varieties Tavriion, Ruyan, Rif, hybrids Siesta and Dorothy have a high degree of adaptation in terms of yield, the index of which is in the range from 1.8 to -5.6. In terms of oil content, high adaptation to cultivation conditions was noted in Tavriion, Ruyan, Hunter, Smilla and Caliber, the range of which was from 8.5 to -4.2. High environmental sustainability in terms of yield was noted in the Galant standard (-0.24 t/ha), in terms of oil content - in the Hunter variety (-2.17%) and the Dorothy hybrid (-2.18%).

**Key words:** spring rapeseed, varieties, hybrids, yield, oil content, environmental sustainability, genetic flexibility, plasticity, agroecological adaptability

#### References

1. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S., Loshkomoinikov I.A., Rabkanov S.V. Maslichnyye kapustnyye kul'tury v Zapadnoy Sibiri (Oilseed cabbage crops in Western Siberia), Omsk, Izd-vo IP MaksheyevoyYe.A., 2023. 130 p.
2. Vafina E.F. Otsenka proizvodstva yarovogo rapsa v Udmurtskoy respublike (Assessment of spring rapeseed production in the Udmurt Republic), Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii, 2020, № 4 (64), pp. 4-12. DOI: 10.48012/1817-5457\_2020\_4\_4
3. Polyakova R.S., Kuznetsova G.N. Ekologicheskoye ispytaniye rapsa yarovogo v usloviyakh Omskoy oblasti (Ecological testing of spring rape in the conditions of the Omsk region), International agricultural journal, 2022, No. 2, pp. 872-889. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_6\_2\_27
4. Zubkova T.V. Rezul'taty agroekologicheskogo ispytaniya sortov yarovogo rapsa v usloviyakh lesostepi Tsentral'no-Chernozemnogo regiona i analiz kachestva masla, poluchennogo iz yego semyan (Results of agroecological testing of spring rapeseed varieties in the forest-steppe conditions of the Central Black Earth region and analysis of the quality of oil obtained from its seeds), VestnikKrasGAU, 2022, No. 1, pp. 69-75. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-69-75
5. Kuznetsova G.N. Perspektivnyye sorta kapustnykh kul'tur dlya usloviy Zapadnoy Sibiri (Promising varieties of cabbage crops for the conditions of Western Siberia), Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022, No. 2, pp. 10-15. DOI: 10.31563/1684-7628-2022-62-2-10-15
6. Gulidova V.A. Raps – vysokomarginal'naya kul'tura Rossii (Rapeseed is a high-margin crop in Russia), Yelets, Yeletskiy gosudarstvennyy universitet im. I.A. Bunina, 2019, 310 p.
7. Starikova D.V., Gorlova L.A., Polyakova R.S., Kuznetsova G.N. Otsenka ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti genotipov rapsa yarovogo v razlichnykh zonakh vozdeleyvaniya (Assessment of ecological plasticity and stability of spring rapeseed genotypes in different cultivation zones), Maslichnyye kul'tury, 2023, No. 2 (194), pp. 34-39. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-34-39
8. Pal'chikov E.V., Volkov S.A., Shchukin R.A., Manaenkova Yu.S., Palfitov V.F. Sravnitel'naya otsenka sortov yarovogo rapsa otechestvennoy seleksii po khozyaystvenno-biologicheskim priznakam (Comparative assessment of spring rape varieties of domestic selection according to economic and biological characteristics), Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya, 2022, No. 2, pp. 159-165. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-2-159-165
9. Sagirova, R.A., Vlasova T.B., Shapenkova S.V. Comparative evaluation of seed productivity rapeseed (*Brassica napus*), camelina (*Camelina sativa*) and white mustard (*Sinapis alba*) in conditions forest-steppe zone of Prebaikalia, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, V. 548, P. 22083. DOI:10.1088/1755-1315/548/2/022083
10. Metodika provedeniya polevykh i agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami (Methodology for conducting field and agrotechnical experiments with oilseeds), Krasnodar, VNIIMK, 2010, 323 p.
11. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and no stress environments, Crop Sci, 1981, No. 6, pp. 12-23. DOI: 10.2135/CROPSCI1981.0011183X002100060033X
12. Nettevich E.D. Potentsial urozhaynosti rekomendovannykh dlya vozdeleyvaniya v Tsentral'nom rayone RF sortov yarovoy pshenitsy i yachmenya i yego realizatsiya v usloviyakh proizvodstva (Yield potential of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the Central region of the Russian Federation and its implementation under production conditions), Doklady RASKHN, 2001, No. 3, pp. 50-55.
13. Lin C.S., Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data, Canad. J. Plant Sci, 1988, No. 1 (68), pp. 193-198. DOI: 10.4141/cjps88-018
14. Kincharov A.I., Demina E.A., Kincharova M.N., Taranova T.Yu., Mullayanova O.S., Chekmasova K.Yu. Metodika otsenki agroekologicheskoy adaptirovannosti genotipov v usloviyakh global'nogo potepeniya klimata (Methodology for

assessing the agroecological adaptability of genotypes in conditions of global warming), Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii, 2022, No. 4 (183), pp. 39-47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47

15. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties, Crop Science, 1966, Vol.6, pp. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

### *Сведения об авторах*

**Т.Я. Прахова** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь, Россия,  
[prakhova.tanya@yandex.ru](mailto:prakhova.tanya@yandex.ru)

### *Information about the authors*

**T.Ya. Prakhova** – Dr. Agr. Sci., Chief Researcher  
Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia  
[prakhova.tanya@yandex.ru](mailto:prakhova.tanya@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 19.01.2024; одобрена после рецензирования 09.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 09.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

Научная статья  
УДК 631.8:632.51:632.934.1:633.11  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_77

## ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

©2024. Марат Мансурович Сабитов

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.С. Немцева, 433315 Россия, Ульяновская область, Ульяновский район, пос. Тимирязевский, ул. Институтская, 19, [m\\_sabitov@mail.ru](mailto:m_sabitov@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы влияния минеральных удобрений на защиту растений от сорняков, болезней и вредителей, на качественные показатели зерна яровой пшеницы и её урожайность. Исследования проведены в 2018-2020 гг. на опытных полях лаборатории «Севооборотов» Ульяновского-НИИСХ им. Н.С. Немцева – филиала Самарского НЦ РАН. Изучались четыре варианта удобрений, включая контроль,  $N_{30}$  – под предпосевную культивацию,  $N_{16}P_{16}K_{16}$  – в посев,  $N_{30}$  в некорневую подкормку с наложением фактора защиты от сорняков, болезней и вредителей. Результаты показали, что запасы влаги были достаточны для хороших всходов и дальнейшего развития пшеницы, в 30-см слое они составили 38,4-39,7 мм, в 0-100 см – 135,6-137,8 мм, а в фазе кущения и полной спелости они оценивались, как плохие и недостаточные. Количество малолетних сорняков снизилось на 72,9-77,4 %, многолетних – на 50,0-70,3 %. Снижение поражения мучнистой росой составило 73,8-76,9 %; бурой ржавчиной – 78,1-82,0 %; септориозом – 77,9-84,7 %. Наибольшее содержание нитратного азота перед посевом отмечено в слоях 0-30 и 30-50 см (44,8 и 45,2 мг/кг почвы), а ниже по профилю 50-100 см наблюдался существенный спад до 28,9 мг/кг почвы. Содержание азота по градации было очень низким (слой 0-30 см – 19,2-21,0 и слой 30-50 см – 26,1-28,6 мг/кг почвы), а в слоях 50-75 и 75-100 см содержание его снижалось на 5,7-8,5 и 29,9-35,8 % соответственно. Максимальная урожайность яровой пшеницы в опытах за три года получена на фоне  $N_{16}P_{16}K_{16}$  при посеве  $+N_{34}$  под культивацию  $+N_{30}$  внекорневой подкормки с комплексной борьбы с сорняками и болезнями – 3,55 т/га, где прибавка составила 0,62 т/га или 21,2 % к абсолютному контролю. Наименьшие затраты пришлось на варианты без удобрений и средств защиты растений – 23922 руб./га. Затраты на комплексную защиту растений составили 25,8 %, а на комплексное применение удобрений – 74,2 % от общих расходов на средства химизации. Наибольший доход был получен на вариантах с комплексным применением удобрений и средств защиты растений 7730-7771 руб./га с рентабельностью 19,4-20,6 %.

**Ключевые слова:** удобрения, засоренность, листостебельные заболевания, пищевой режим почвы, урожайность

**Введение.** Важной задачей земледельца остается борьба с засоренностью, вредителями и болезнями на полях. Если на участках плотность популяций вредного организма превышает экономический порог вредоносности, то необходимо применять пестициды, где затраты на их применение окупаются прибавкой урожая. Засоренность посевов в сильной степени приводит к снижению продуктивности зерновых культур до 30% и более. Последние десятилетия в России от вредителей и сорных растений

теряются миллионы тонн высшего качества зерна озимых и яровых культур [1].

Валовой сбор различных культур с площади более 11,4 млн га был оценен на сумму 464,1 млрд руб., где потенциальные потери от вредных организмов составили 172,0 млрд рублей или 37,1 %. Потери урожая от сорной растительности в агроэкосистемах составили 16,1, от болезней – 12,3, а от вредителей – 8,69 %.

Ежегодные потенциальные потери продуктивности зерновых культур в

агрэкосистемах России в среднем составляют 8,37 %, от болезней – 12,9 %, сорной растительности – 15,5 %; потери сахарной свеклы соответственно 8,68, 9,81, 23,0 %; подсолнечника – 10,3, 10,4, 16,5 %; сои – 9,28, 11,4, 16,5 %; рапса – 11,3, 9,37, 16,5 %; льна-долгунца – 7,30, 9,23, 21,1 % [2].

В АПК Ульяновской области применение средств химизации из года в год возрастает, но баланс питательных веществ пока остается невысоким, так как потребность в минеральных удобрениях удовлетворяется не полностью. Наилучшим и эффективным приемом внесения минеральных удобрений является дробное их внесение, что позволяет экономить средства, снизить экологический вред окружающей среде, а также на каждом этапе развития растений обеспечить культуру необходимым питанием [3-5].

Содержание азота в почве в нужной степени, особенно в начале развития культур, положительно влияет на размер урожая [6, 7].

Как известно, ежегодное и неправильное применение гербицидов и инсектицидов несет с собой пестицидную нагрузку, которая служит причиной ухудшения экологической обстановки. Поэтому необходимо применять новые или усовершенствованные самые современные агротехнологии, используя знания и опыт науки Ближнего и Дальнего зарубежья [8-10].

Цель исследований – определить степень эффективности комплексного применения минеральных удобрений и средств защиты растений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

**Методика.** Исследования проводились в течение трёх лет (2018-2020 гг.) на чернозёмной тяжелосуглинистой почве в Ульяновском научно-исследовательском институте сельского хозяйства - филиала Самарского федерального исследовательского центра РАН.

Агрохимическая характеристика почвы по первой закладке характеризовалась следующими показателями:  $pH_{KCl}$  – 6,81; содержание гумуса – 6,30 % (по Тюрину); сумма поглощенных оснований – 49,1 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) составила соответственно 221 и 115 мг/кг почвы; по второй закладке:  $pH_{KCl}$  – 6,72; содержание гумуса – 6,38 % (по Тюрину); сумма поглощенных оснований – 48,2 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора и

калия (по Чирикову) составила соответственно 228 и 122 мг/кг почвы; по третьей закладке:  $pH_{KCl}$  – 6,88; содержание гумуса – 6,36 % (по Тюрину); сумма поглощенных оснований – 48,5 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) составила соответственно 226 и 120 мг/кг почвы.

Объектом исследований являлась яровая пшеница сорта Ульяновская 100, идущая после предшественника озимой пшеницы по чистому пару. Опыт был проведен 3-мя закладками. Площадь участка составила 8,25 га (321x257 м). Площадь внесения минеральных удобрений составила 8025 м<sup>2</sup> (321x25 м), а комплексное применение средств защиты растений – 5397 м<sup>2</sup> (257x21 м). Учетная площадь делянок 125 м<sup>2</sup> (5x25 м). Опытные делянки размещались методом расщепленных делянок, где каждая градация фактора А расщеплялась на В градацию фактора В, размещение вариантов – систематическое, в трехкратной повторности.

Поставленные задачи в полевом опыте решались по принятым методикам, где проводились основные учеты, наблюдения и анализы [11, 12].

Схема опыта: Фактор А: минеральные удобрения; А<sub>1</sub> – без применения удобрений (контроль); А<sub>2</sub> – N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> – при посеве (фон); А<sub>3</sub> – Фон+N<sub>34</sub> – под культивацию; А<sub>4</sub> – Фон+N<sub>34</sub> – под культивацию+N<sub>30</sub> внекорневая подкормка. Фактор В: защита растений; В<sub>1</sub> – без средств защиты (контроль); В<sub>2</sub> – комплексное применение средств защиты от сорняками, болезней и вредителей.

Предпосевные и весенне-летние обработки почвы на всех вариантах были одинаковыми и общепринятыми для условий Ульяновской области. Основную обработку почвы в опытах проводили в оптимальные сроки, орудием ПН–4,35 на глубину 23-25 см. Ранневесеннее боронование проводили тяжелыми зубowymi боронами БЗТС–1,0 в два следа, предпосевную культивацию – культиватором КПС-4,0 на 5-6 см.

Посев проводили в третьей декаде апреля сеялкой СЗ-5,4 с рекомендуемой нормой высева 5,0 млн штук на га.

Минеральные удобрения использовали в форме азофоски, аммиачной селитры, водного раствора карбамида. Для внесения минеральных удобрений в опыте использовались: разбрасыватель AMAZONE, сеялка зерновая СЗ-5,4. Мочевинной растения

обрабатывали в вечернее время агрегатом МТЗ-82 + ОП-1200.

Против однолетних двудольных и некоторых многолетних корнеотпрысковых сорняков использовали гербицид Гранстар Про, ВДГ (750 г/кг) в дозе 0,015 г/га, против злаковых сорняков – гербицид Ластик Экстра в дозе 0,8 л/га. Фунгицид Колосаль Про вносили для борьбы с комплексом заболеваний стебля, листьев и колоса с нормой расхода препарата 0,3 л/га, обработку фунгицидами проводили в фазе флагового листа культуры. Двухкомпонентный инсектицид Борей в дозе 0,1 л/га использовали для борьбы с широким спектром грызущих и сосущих вредителей, включая скрытоживущих. Препараты вносили в фазе кущения агрегатом МТЗ-82 + ОП-1200.

Учет урожая проводился путем сплошного обмолота всей массы с учетной делянки комбайном Нива-Эффект с пересчетом на 100 % чистоту и 14% влажность.

Экономическую эффективность приемов рассчитывали по технологическим картам на 100 га с учетом накладных расходов 30%. Нормы и расценки использовались за 2020 год, действовавшие в Ульяновском НИИСХ – филиале Самарского НЦ РАН.

В 2018 году отмечалась повышенная температура с дефицитом осадков. Так, за апрель-сентябрь сумма осадков составила 228,7 мм при норме 307 мм, в результате ГТК составил 0,60.

Вегетационный период 2019 года отмечен повышенным температурным режимом, приведшим сначала мая до конца второй декады июля к засушливой погоде и осадками в отдельные дни. Сумма осадков за апрель – сентябрь составила 276,0 мм при норме 307 мм, в результате гидротермический коэффициент составил 0,80 единиц.

2020 год отмечался как теплый и увлажненный. Сумма осадков за апрель-сентябрь составила 351,7 мм, в результате ГТК составил 1,3 единицы.

**Результаты.** Получение хороших всходов яровых культур в основном зависит от количества влаги в 30-см слое и выпавших осадков после посева. [13]. Запасы продуктивной влаги к моменту посева яровой пшеницы были практически на одном уровне. Существенной разницы между вариантами как в пахотном, так и метровом слое не наблюдалось. В среднем запасы продуктивной влаги в слое 0-30 см составили 39,0, в метровом – 136,6 м (табл. 1).

Таблица 1

Запасы продуктивной влаги в почве, за 2018-2020 гг., мм

Вариант	Перед посевом		Фаза кущения		Фаза полной спелости	
	0-30 см	0-100 см	0-30 см	0-100 см	0-30 см	0-100 см
Контроль – без удобрений	38,4	135,6	22,1	118,5	18,2	52,4
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> при посеве (фон)	39,2	136,1	20,2	120,3	16,8	50,4
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию	38,8	136,9	23,4	125,4	15,4	49,8
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию+N <sub>30</sub> внекорневая подкормка	39,7	137,8	22,9	124,6	16,3	50,1
В среднем	39,0	136,6	22,2	122,2	16,7	50,7
НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	2,1	0,7	1,6

При достижении фазы кущения пшеницы, содержание влаги отмечено как неудовлетворительное. Так, в пахотном слое почвы оно варьировало от 20,2 до 23,4 мм без существенной разницы. Наибольшее содержание влаги в метровом слое было отмечено в вариантах Фон+N<sub>34</sub> под культивацию – 125,4 мм и с внекорневой подкормкой – 124,6 мм.

В фазе полной спелости, запасы влаги квалифицировались, как плохие и недостаточные. Так, в пахотном слое почвы запасы доступной влаги снизились на 16,8-34,2 %, а в метровом – на 55,8-60,3 %.

Следует отметить, что в фазе полной спелости, запасы доступной влаги для растений пшеницы в пахотном и метровом слоях почвы снижались за счет большего потребления растениями на удобренных вариантах.

Проведенные исследования за три года показали, что в посевах яровой пшеницы из однолетних яровых сорняков доминировали просо куриное, щетинник сизый, марь белая, из многолетников – бодяк полевой и осот желтый.

Проведенный учет засорённости посевов показал, что среднее их количество в опыте

составило 19,0 шт./м<sup>2</sup>, из 15,7 – малолетних и 3,2 шт./м<sup>2</sup> – многолетних (табл. 2).

Таблица 2

Засоренность посевов яровой пшеницы в зависимости от удобрений и применения средств защиты, шт./м<sup>2</sup>, за 2018-2020 гг.

А. Варианты удобрений	В. Защита растений						Среднее		
	Без средств защиты (контроль)			Комплексное применение средств защиты					
	Малолетние	Многолетние	Всего	Малолетние	Многолетние	Всего	Малолетние	Многолетние	Всего
Контроль – без удобрений	14,0	2,2	16,2	3,8	1,1	4,9	8,9	1,7	10,6
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> при посеве (фон)	15,8	3,1	18,9	3,9	1,2	5,1	9,9	2,2	12,0
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию	16,4	3,7	20,1	3,7	1,1	4,8	10,1	2,4	12,5
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию+N <sub>30</sub> внекорневая подкормка	16,7	3,9	20,6	3,8	1,5	5,3	10,3	2,7	13,0
Среднее	15,7	3,2	19,0	3,8	1,2	5,0	9,8	2,2	12,0
НСР <sub>05</sub>	Главных эффектов			Частных различий					
	Фактора А			Фактора В			Фактора А		
по малолетним сорнякам	0,6			0,5			0,9		
по многолетним сорнякам	1,2			1,0			1,7		

Общее количество сорняков на абсолютном контроле составило 16,2 шт./м<sup>2</sup>, где из малолетних было 14,0 шт., а многолетних – 2,2 шт./м<sup>2</sup>. Из таблицы 2 видно, что при применении удобрений

засоренность в опытах увеличивалась (малолетние на 12,9-19,3 %, многолетние–40,9-77,3 %) и на всех вариантах она превышала порог вредности в 1,2-1,4 и 1,1-1,9 раза соответственно.

Таблица 3

Влияние удобрений и применения фунгицида на основные болезни яровой пшеницы, за 2018-2020 гг.

Варианты удобрений	Защита растений						Биологическая эффективность, %		
	До обработки, %			Через 20 дней, %					
	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	Септориоз	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	Септориоз	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	Септориоз
Без удобрений (контроль)	22,4	21,5	20,4	5,5	4,9	4,9	75,4	77,2	76,0
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> при посеве (фон)	24,1	22,8	21,8	5,8	5,2	5,1	75,9	77,2	76,6
Фон + N <sub>34</sub> под культивацию	26,8	25,1	24,4	6,2	5,7	6,1	76,8	77,3	75,0
Фон + N <sub>34</sub> под культивацию + N <sub>30</sub> внекорневая подкормка	27,9	26,7	26,2	7,3	6,4	6,0	73,8	76,0	77,1
НСР <sub>05</sub>	1,9	3,1	2,4	0,5	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	0,7			

Применение препаратов против малолетних и многолетних сорняков совместно с гербицидом от злаковых сорных растений был эффективным приёмом, где количество малолетних сорняков снизилось на 72,9-77,4 %, многолетних – на 50,0-70,3 %.

На отдельных территориях может проявляться массовое инфекционное заболевание растений, что может привести к гибели посевов. Поэтому необходимо проводить

все мероприятия по сдерживанию развития болезней на начальном этапе [14, 15].

Метеорологические условия в период вегетации растений в годы исследований трактовались как подходящие для формирования различных листостебельных заболеваний. Фунгицидную обработку выполняли в фазе флагового листа пшеницы.

Интенсивность заболевания мучнистой росой до обработки фунгицидом в контроле

составила 22,4, бурой ржавчиной – 21,5 и септориозом – 20,4 % (табл. 3).

На необработанных делянках фунгицидами на фоне удобрений увеличивалось число заболевание мучнистой росой на 1,7-5,5 %, ржавчиной – на 1,3-5,2 % и септориозом – на 1,4-5,8 % от контрольного варианта.

Через 20 дней после применения фунгицида Колосаль Про в дозе 0,3 л/га заболевание мучнистой росой снижалось до 5,5-7,3 %, бурой ржавчиной – до 4,9-6,4 %, септориозом – до 4,9-6,0 %, где эффективность препарата составила 73,8–77,3 %.

Содержание в почвах достаточного количества нитратного азота является основной формой питания растений, особенно в начальных фазах их развития, которое зависит от многих факторов, таких как климатические условия, тип почв, количество внесенных минеральных удобрений и др. Так, количество нитратного азота, под посевами яровой пшеницы в 30-см слое было 44,8 мг/кг. В полуметровом слое шло некоторое его увеличение на 0,4 мг/кг и составило 45,2 мг/кг. На глубине 50 и 100 см содержание нитратного азота снижалось на 6,1 и 16,9 мг/кг почвы соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Влияние удобрений на содержание нитратного азота в посевах яровой пшеницы, мг/кг почвы, за 2018-2020 гг.

Варианты удобрений	Фаза взятия образцов, глубина, см											
	Перед посевом				Кущение				Полной спелости			
	0-30	30-50	50-75	75-100	0-30	30-50	50-75	75-100	0-30	30-50	50-75	75-100
1	44,8	45,2	38,4	28,9	19,2	26,1	24,6	18,3	19,1	21,4	18,9	16,5
2	45,2	45,8	38,9	28,3	20,8	28,2	25,8	18,1	20,1	20,1	19,3	16,2
3	45,0	45,1	38,2	29,0	21,0	27,9	26,1	18,6	20,7	20,2	19,9	16,0
4	45,1	45,4	39,0	28,8	19,7	28,6	26,4	19,0	19,6	19,2	18,3	15,8
HCP <sub>05</sub>	Fф<F <sub>05</sub>	Fф<F <sub>05</sub>	0,4	Fф<F <sub>05</sub>	Fф<F <sub>05</sub>	1,5	0,9	Fф<F <sub>05</sub>	0,8	1,1	0,5	Fф<F <sub>05</sub>

\*1. Без применения удобрений (контроль); 2. N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> – при посеве (фон); 3. Фон+N<sub>34</sub> под культивацию; 4. Фон+N<sub>34</sub> под культивацию+N<sub>30</sub> внекорневая подкормка.

Хорошая развитая корневая система яровой пшеницы может достигать до глубины одного метра и более, поэтому она способна из толщи чернозёма потреблять не только влагу, но и полезные азотистые вещества.

Так, содержание нитратного азота в фазе кущения пшеницы в слое 0-30 см на всех изучаемых вариантах удобрений составило 19,2-21,0 мг/кг почвы, а ниже по профилю в полуметровом слое оно увеличивалось на 32,8-45,2 % и составило 26,1-28,6 мг/кг. В

основном вся концентрация нитратного азота сосредотачивалась в слое 30-50 см, а с увеличением глубины взятия образцов до 50-75 и 75-100 см содержание азота снижалось на 5,7-8,5 и 29,9-35,8 % соответственно.

В конце вегетации яровой пшеницы содержание азота в 30-см слое снижалось на всех изучаемых вариантах, а ниже по профилю шло постепенное его сокращение за счет потребления культурой.

Таблица 5

Урожайность яровой пшеницы в зависимости от удобрений и средств защиты, т/га за 2018-2020 гг.

А. Варианты удобрений	В. Применение средств защиты	Урожайность, т/га		
Без удобрений (контроль)	Без средств защиты	2,93		
	Комплексная защита	3,05		
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> при посеве (фон)	Без средств защиты	3,02		
	Комплексная защита	3,17		
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию	Без средств защиты	3,19		
	Комплексная защита	3,39		
Фон + N <sub>34</sub> под культивацию + N <sub>30</sub> внекорневая подкормка	Без средств защиты	3,41		
	Комплексная защита	3,55		
HCP <sub>05</sub>	Главных эффектов		Частных различий	
	Фактор А	Фактор В	Фактор А	Фактор В
	0,10	0,05	0,20	0,09

Содержание влаги и нитратного азота в почве под яровой пшеницей находилось в достаточной степени для появления хороших всходов, но в фазе кущения культуры отмечено как недостаточное и низкое, что отразилось в дальнейшем на урожайности культуры. Следует отметить, что метеорологические условия за все годы исследований были различными: два года из трёх отмечалась засушливость, не позволившая получить более высокий урожай яровой пшеницы. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что урожайность яровой пшеницы зависела от технологий возделывания, а, именно, от комплексного применения удобрений и использования средств защиты растений. В 2018 году урожайность составила 2,46-3,09 т/га, в 2019 – 2,71-3,42 и в 2020 г. – 3,62-4,14 т/га, прибавка на этих вариантах сложилась соответственно 0,63; 0,71 0,52 т/га по сравнению с абсолютным контролем. В среднем за годы исследований по вариантам опыта урожайность яровой пшеницы была получена от 2,93 до 3,55 т/га (табл. 5).

Комплексное применение удобрений и средств защиты способствует увеличению урожайности на 0,62 т/га при НСР<sub>05</sub>, частных различий по фактору А – 0,2 т/га. Применение N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> при посеве и под культивацию в

дозе N<sub>34</sub> с комплексной защитой растений способствует прибавке урожайности на 0,24 и 0,46 т/га. Урожайность яровой пшеницы на абсолютном контроле в среднем за 3 года составила 2,93 т/га, а комплексная борьба с сорняками и болезнями – 3,05 т/га, что выше на 0,12 т/га. При применении минеральных удобрений в посеве, под культивацию и внекорневую подкормку урожайность увеличивалась до 3,10-3,48 т/га, что на 0,11-0,49 т/га выше контрольного варианта (НСР<sub>05</sub> главных эффектов по фактору А – 0,09 т/га). При использовании комплексной защиты растений от сорняков, болезней и вредителей на всех изучаемых вариантах удобрений получена прибавка урожайности пшеницы 0,12, 0,34 и 0,50 т/га соответственно при НСР<sub>05</sub> главных эффектов по фактору В – 0,05 т/га.

Использование минеральных удобрений в различные фазы развития растений с применением средств защиты оказывают влияние не только на получение максимального урожая яровой пшеницы, но и на высококачественные показатели зерна. Так, в вариантах без удобрений содержание сырой клейковины было 22,7 %, а в вариантах, где применяли удобрения в посев, под культивацию и подкормку она была выше на 0,7-2,9 % (табл. 6).

Таблица 6

Влияние удобрений и средств защиты на содержание белковых веществ в зерне яровой пшеницы, % за 2018-2020 гг.

Варианты удобрений (А)	Варианты средств защиты (В)		Среднее	
	Без средств защиты (контроль)	Комплексное применение средств защиты от сорняков, болезней и вредителей		
Клейковина, %				
Без удобрений (контроль)	22,7	23,2	22,9	
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> при посеве (фон)	23,4	24,2	23,8	
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию	24,8	25,4	25,1	
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию+N <sub>30</sub> внекорневая подкормка	25,6	26,8	26,2	
Среднее	24,1	24,9	24,5	
НСР <sub>05</sub>	Главных эффектов		Частных различий	
	Фактора А	Фактора В	Фактора А	Фактора В
	0,6	0,4	0,8	0,7
Белок, %				
Без удобрений (контроль)	12,8	13,0	12,9	
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> при посеве (фон)	13,1	13,4	13,2	
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию	13,6	13,8	13,7	
Фон+N <sub>34</sub> под культивацию+N <sub>30</sub> внекорневая подкормка	13,9	14,2	14,1	
Среднее	13,4	13,6	13,5	
НСР <sub>05</sub>	Главных эффектов		Частных различий	
	Фактора А	Фактора В	Фактора А	Фактора В
	0,3	0,1	0,4	0,3

Без применения удобрений клейковина увеличивалась на 0,5 % и составила 23,2 %, а с применением удобрений в посеве она становится выше на 1,0. При фоновом применении удобрений при посеве  $N_{16}P_{16}K_{16}$  и под культивацию  $N_{34}$ , с комплексом борьбы с сорняками и болезнями, содержание клейковины составило 25,4 % с прибавкой 2,2 %. Применение дополнительной подкормки карбамидом в виде водного раствора в дозе  $N_{34}$  в фазе колошения, содержание клейковины увеличивалось и составило 26,8 %, где прибавка к контролю была наибольшей – 3,6 %.

Содержание белка в зерне яровой пшеницы, во всех исследуемых вариантах

удобрений и комплексе борьбы с сорняками, болезнями, вредителями соответствовало требованиям, предъявляемым к ценным сортам пшеницы (13,1-14,2 %). Содержание сырого белка в зерне пшеницы увеличивалось на 0,3-1,2 % по сравнению с контролем. Поэтому, для улучшения качественных показателей сырой клейковины и белка в зерне яровой пшеницы необходимо применять минеральные удобрения в комплексе со средствами защиты растений.

При возделывании яровой пшеницы наименьшие затраты наблюдались на контрольных вариантах без удобрений и средств защиты растений и составили 23922 рубля с гектара (табл. 7).

Таблица 7

Экономическая эффективность применения удобрений и средств защиты растений под яровую пшеницу (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Варианты средств защиты	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Себестоимость, 1 т зерна, руб.	Рентабельность, %
Без удобрений (контроль)	1	23922	3912	8164	16,4
	2	28803	4136	9443	14,4
$N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве (фон)	1	27430	5789	9082	21,1
	2	32656	6017	10301	18,4
Фон+ $N_{34}$ под культивацию	1	32918	7564	10319	23,0
	2	37654	7771	11107	20,6
Фон+ $N_{34}$ под культивацию+ $N_{30}$ внекорневая подкормка	1	37941	6388	11126	16,8
	2	39839	7730	11222	19,4

Примечание: 1. Без средств защиты (контроль); 2. Комплексное применение средств защиты от сорняков, болезней и вредителей

Наибольшие производственные затраты были отмечены при комплексном использовании удобрений и средств защиты растений – 39839 руб./га. Общие затраты на средства химизации составили 18900 рублей на один гектар, на защиту растений от сорняков, болезней и вредителей они повышались на 25,8 %, а при комплексном применении удобрений – на 74,2 %.

Наибольший условно чистый доход был получен по варианту Фон+ $N_{34}$  под культивацию с комплексом применения средств защиты растений – 7771 рубль с одного гектара, что на 98,6 % выше абсолютного контроля с рентабельностью 20,6 %. Проведение дополнительно на этом варианте внекорневой подкормки в дозе  $N_{30}$  с комплексом применения средств защиты чистый доход составил 7730 рублей с гектара с рентабельностью 19,4 %.

Наименьшая себестоимость одной тонны зерна яровой пшеницы составила 8164

рубля на абсолютном контроле. Применение минеральных удобрений в варианте  $N_{16}P_{16}K_{16}$  при посеве обеспечило увеличение себестоимости одной тонны зерна на 2137 рублей или на 26,1 % и составило 10301 рубль, при культивации увеличилась на 2943 рубль или на 36,0 %, составив 11107 рублей, а при некорневой подкормке выросла на 3058 рублей или на 37,4 % (11222 рубля) от абсолютного контроля.

Снижение производственных затрат на применение средств защиты в варианте Фон+ $N_{34}$  под культивацию способствовало увеличению прибыли до 7564 руб./га чистого дохода с рентабельностью данного варианта 23,0 %.

**Выводы.** Обеспеченность влагой, перед посевом яровой пшеницы была достаточной для всходов и создания стеблестоя растений, в слое 0-30 см она составила 38,4-39,7 мм, а слое 0-100 см – 135,6-137,8 мм. В фазе кушения и полной спелости пшеницы запасы

продуктивной влаги снижались за счет испарения и потребления растениями и оценивались как плохие и недостаточные.

Применяемые гербициды на посевах яровой пшеницы снижали засоренность малолетними сорняками на 72,9-77,4 %, многолетними – на 50,0-70,3 %. При применении фунгицида Колосаль Про в дозе 0,3 л/га поражение мучнистой росой снизилось на 73,8-76,9, бурой ржавчиной – на 78,1-82,0, септориозом – на 77,9-84,7 %.

Наибольшее содержание нитратного азота в пахотном слое было отмечено перед посевом 44,8-45,2 мг/кг почвы, в слое 30-50 см – 45,1-45,8 мг/кг, а ниже на глубине 50-100 см оно существенно снижалось на 6,1 и 16,9 мг/кг почвы. При достижении фазы кушения растений пшеницы содержание азота в пахотном, полуметровом и метровом слоях отмечено как очень низкое (19,2-21,0 и 26,1-28,6 мг/кг), а в слоях 50-75 и 75-100 см (24,6-26,4 мг) и (18,1-19,0 мг) соответственно. К периоду уборки пшеницы содержание азота в 30-см слое почвы снизилось на 54,0-57,4 %, а ниже по профилю на – 42,8-57,7 %, где шло постепенное его сокращение за счет потребления культурой.

Наибольшая урожайность яровой пшеницы отмечена на фоне  $N_{16}P_{16}K_{16}$  при посеве +  $N_{34}$  под культивацию +  $N_{30}$  внекорневой подкормки при комплексной

борьбе с сорняками и болезнями и составила 3,55 т/га.

Наилучшие качественные показатели зерна по белку и клейковине яровой пшеницы были отмечены в вариантах при комплексном взаимодействии удобрений и средств защиты растений.

Наименьшие затраты потребовали варианты без удобрений и средств защиты растений 23922 руб./га. Затраты на средства химизации составили 18900 руб./га, из них на комплексную защиту растений ушло 25,8 %, а на комплексное применение удобрений – 74,2 %. Наибольший доход был получен в вариантах с комплексным применением удобрений и средств защиты растений 7730-7771 руб./га с рентабельностью 19,4-20,6 %.

Поэтому, для появления хороших всходов яровой пшеницы рекомендуется вносить аммиачную селитру в дозе  $N_{34}$  под предпосевную культивацию, посев проводить со стартовыми дозами  $N_{16}P_{16}K_{16}$  минеральных удобрений, а для получения сильной и ценной пшеницы – проводить внекорневую подкормку карбамидом в дозе  $N_{30}$ . Применение селективных препаратов против сорной растительности в фазе кушения яровой пшеницы и системного фунгицида против заболеваний стебля, листьев и колоса на фоне минеральных удобрений позволяет улучшить фитосанитарное состояние посевов.

#### Список источников

1. Стрижков Н.И., Лебедев В.Б., Каменченко С.Е., Долгополов Ю.И., Якушева Л.Д., Власенко Г.И. Влияние различных факторов на формирование видового состава сорняков и уровень засоренности культур в севооборотах Поволжья // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 15–17.
2. Захаренко В. А. Современное состояние и перспективы экономики применения пестицидов в агроэкосистемах России // Агрохимия. 2021. № 5. С. 68-83. – DOI 10.31857/S0002188121050148. – EDN BUMWVK.
3. Сабитов М.М., Науметов Р.В. Влияние засоренности посевов овсягом и осотом желтым на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 70-76. DOI 10.31367/2079-8725-2022-79-1-70-76. EDN YMZNLN.
4. Awan T.H, Iqbal S, Saleem M.U [et al.] Herbicide Options for Effective and Economical Weed Management for Sustainable Wheat Production // International Journal of Agriculture and Biology. 2021. Vol. 26, No. 4. P. 479-489. DOI 10.17957/IJAB/15.1859. EDN AANIZM.
5. Бычкова В.В., Сазонова И.А., Пиденко П.С. [и др.] Негативные эффекты применения гербицидов группы имидазолинов: проблемы и решения // Агрохимия. 2023. № 2. С. 87-96. DOI 10.31857/S0002188123020060. EDN MSAXSU.
6. Petit S.,Cordeau S.,Chauvel B.,Bohan D., Guillemain J.P., Steinberg C. Biodiversity-based options for arable weed management. A review // Agronomy for sustainable development. Том: 38: №5. 2018. С. 48.
7. Strizhkov N.I., Azizov Z.M., Suminova N.B., Eskov I.D., Nikolaichenko N.V., Molchanova A.V. The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of nicanthopyrum biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga region // J. Pharmaceut. Sci. Res. 2018. Т. 10. № 4. С. 323-329.
8. Lee N., Thierfelder C. Weed control under conservation agriculture in dryland smallholder farming systems of southern Africa // Agronomy for sustainable development. Т. 37: №5. 2017. P. 48.
9. Медведева И.Н., Чирков С.В., Упилкова Ж.А. Эффективность применения регуляторов роста из группы халконов против болезней яровых зерновых культур в Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2022. № 1(37). С. 58-67. DOI 10.47737/2307-2873.2022.37.58. EDN JIGFQN.
10. Zarzycki J., Kopeć M. The scheme of nutrient addition affects vegetation composition and plant species richness in different ways: results from a long-term grasslands experiment // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2020. Т. 291. С. 106789.

11. Юрина А.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / А. В. Юрина. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 1985. 110 с. EDNXCORKX.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов; Б. А. Доспехов. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс. 2011. ISBN 978-5-903034-96-3. EDN QLCQEP.
13. Сабитов М.М. Влияние разных уровней интенсификации на продуктивность яровой пшеницы // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4(16). С. 48-55. EDN XDZOB.
14. Харина А.В., Волкова Л.В. Анализ комбинационной способности гибридов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к септориозу листьев и продуктивности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24. № 2. С. 231-239. DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.2.231-239. EDN AGMFSV.
15. Антипова Т.А., Бабайцева Т.А. Влияние предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов на формирование урожайности ярового ячменя // Пермский аграрный вестник. 2022. № 2(38). С. 49-56. DOI 10.47737/2307-2873.2022.38.49. EDN DWVEXZ.

## THE EFFECT OF CHEMICALIZATION AGENTS ON THE CONTAMINATION, YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN

©2024. Marat M. Sabitov

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev, Ulyanovsk region, Russia

[m\\_sabitov@mail.ru](mailto:m_sabitov@mail.ru)

**Abstract.** The article discusses the impact of mineral fertilizers on weed crop protection, diseases and pests, on the quality indicators of spring wheat grain and its yield. The research was carried out in 2018-2020 on the experimental fields of the laboratory "Crop Rotation" of the Ulyanovsk-NIISKH named after N.S. Nemtsev - a branch of the Samara Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences. Four variants of fertilizers were studied, including control, N<sub>30</sub> for pre-sowing cultivation, N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> for sowing, N<sub>30</sub> for foliar feeding with the imposition of the protection factor against weeds, diseases and pests. The results showed that the moisture reserves were sufficient to obtain the best shoots and further development of wheat, in the 30-cm layer they amounted to 38.4-39.7 mm, in 0-100 cm 135.6-137.8 mm, and in the phase of tillering and full ripeness they were assessed as poor and insufficient. The number of juvenile weeds decreased by 72.9-77.4%, perennial – by 50.0-70.3%. The level of reduction in powdery mildew was 73.8-76.9, brown rust – 78.1-82.0, septoria – 77.9-84.7%. The highest content of nitrate nitrogen before sowing was observed in layers 0-30 and 30-50 cm (44.8 and 45.2 mg/ kg of soil), and below the profile of 50-100 cm there was a significant decline to 28.9 mg/ kg of soil. In the tillering phase, the nitrogen content by gradation was very low (layer 0-30 cm – 19.2-21.0 and layer 30-50 cm – 26.1-28.6 mg/kg of soil), and in layers 50-75 and 75-100 cm, its content decreased by 5.7-8.5 and 29.9-35.8%, respectively. The maximum yield of spring wheat in experiments, for three years, was obtained against the background of N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub> when sowing + N<sub>34</sub> for cultivation + N<sub>30</sub> foliar top dressing using integrated weed and disease control – 3.55 t/ha, where the increase was 0.62 t/ha or 21.2% to absolute control. The lowest costs were for options without fertilizers and plant protection chemicals – 23,922 rubles/ha. The costs of comprehensive plant protection amounted to 25.8%, and the complex use of fertilizers - 74.2% of the total costs of chemicals. The greatest income was obtained from options with the integrated use of fertilizers and plant protection products, 7,730-7,771 rubles/ha with the profitability of 19.4-20.6%.

**Key words:** fertilizers, contamination, leaf-stem diseases, food regime of the soil, yield

### References

1. Strizhkov N.I. Lebedev V.B. Kamenchenko S.E. Dolgoplov YU.I. Yakusheva L.D. Vlasenko G.I. Vlijanie razlichnykh faktorov na formirovanie vidovogo sostava sornjakov i uroven' zasorennosti kul'tur v sevooborotakh Povolzh'ja (The influence of various factors on the formation of weed species composition and the level of crop contamination in crop rotations of the Volga region), Dostizhenie nauki i tekhniki APK, 2010, No. 5, pp. 15-17.
2. Zakharenko V. A. Sovremennoe sostojanie i perspektivy jekonomiki primenenija pesticidov v agrojekosistemakh Rossii (Current state and prospects for the economics of pesticide use in Russian agroecosystems), Agrohimiya, 2021, No. 5, pp. 68-83. – DOI 10.31857/S0002188121050148.
3. Sabitov M.M., Naumetov R.V. Vlijanie zasorennosti posevov ovsjugom i osotom zhelytm na urozhajnost' jarovoj pshenicy v uslovijakh lesostepi Srednego Povolzh'ja (The influence of the contamination of crops with oatmeal and yellow

osot on the yield of spring wheat in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region), *Zernovoe khozyajstvo Rossii*, 2022, No. 1(79). P. 70-76. DOI 10.31367/2079-8725-2022-79-1-70-76.

4. Awan T.H., Iqbal S.Saleem M.U [et al.]. (Herbicide Options for Effective and Economical Weed Management for Sustainable Wheat Production), *International Journal of Agriculture and Biology*, 2021, Vol. 26, No. 4. P. 479-489. DOI 10.17957/IJAB/15.1859.

5. Bychkova V.V., Sazonova I.A., Pidenko P.S. [i dr.]. Negativnye jeffekty primeneniya gerbicidov gruppy imidazolinonov: problemy i resheniya (Negative effects of the use of imidazolinone group herbicides: problems and solutions), *Agrokimiya*, 2023, No. 2, pp. 87-96. DOI 10.31857/S0002188123020060.

6. Petit S. Cordeau S. Chauvel B. Bohan D. Guillemain J.P. Steinberg C. Biodiversity-based options for arable weed management. A review, *Agronomy for sustainable development*, Vol. 38: No. 5. 2018. P. 48.

7. Strizhkov N.I. Azizov Z.M. Suminova N.B. Eskov I.D. Nikolaichenko N.V. Molchanova A.V. The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of nicandrophysalodes biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga region, *J. Pharmaceut. Sci. Res.* 2018. T. 10. No 4. P. 323-329.

8. Lee N., Thierfelder C. Weed control under conservation agriculture in dryland smallholder farming systems of southern Africa, *Agronomy for sustainable development*, T. 37: No 5. 2017.p. 48.

9. Medvedeva I.N., Chirkov S.V., Upilkova Zh.A. Jefferktivnost' primeneniya reguljatorov rosta iz gruppy halkonov protiv boleznej jarovykh zernovykh kul'tur v Predural'e (The effectiveness of the use of growth regulators from the group of halcons against diseases of spring grain crops in the Urals), *Permskij agrarnyj vestnik*, 2022.No 1(37). P. 58-67. DOI 10.47737/2307-2873.2022.37.58.

10. Zarzycki J., Kopeć M. The scheme of nutrient addition affects vegetation composition and plant species richness in different ways: results from a long-term grasslands experiment, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2020, Vol. 291. P. 106789.

11. 11. Yurina A.V. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur (Methodology for state variety testing of agricultural crops) / A. V. Yurina. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 1985. 110 s.

12. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovaniy) (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results), M.: KnigapoTrebovaniyu, 2012. 352 p.

13. Sabitov M.M. Vlijanie raznyh urovnej intensifikacii na produktivnost' jarovoj pshenicy (The influence of different levels of intensification on the productivity of spring wheat), *Permskij agrarnyj vestnik*, 2016. No. 4(16), pp. 48-55.

14. Kharina A.V., Volkova L.V. Analiz kombinacionnoj sposobnosti gibridov jarovoj mjagkoj pshenicy po ustojchivosti k septoriozu list'ev i produktivnosti (Analysis of the combinational ability of spring soft wheat hybrids in terms of resistance to leaf septoria and productivity), *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2023, Vol. 24, No. 2, pp. 231-239. DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.2.231-239.

15. Antipova T.A., Babajceva T.A. Vlijanie predposevnoj obrabotki semjan i opryskivaniya posevov na formirovanie urozhajnosti jarovogo jachmenja (The influence of pre-sowing seed treatment and spraying of crops on the formation of spring barley yield), *Permskij agrarnyj vestnik*, 2022, No. 2(38), pp. 49-56. DOI 10.47737/2307-2873.2022.38.49.

#### *Сведения об авторах*

**М.М. Сабитов** – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом земледелия и технологий возделывания с.-х. культур

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 433315 Ульяновская область, Ульяновский район, пос. Тимирязевский, ул. Институтская 19, Россия  
[m\\_sabitov@mail.ru](mailto:m_sabitov@mail.ru)\*

#### *Information about the authors*

**M.M. Sabitov** – Cand. Agr. Sci., Head of the department of agriculture and technologies of agricultural crops cultivation Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev, 19, Institutskaya St., village Timiryazevsky, Ulyanovsk district, Ulyanovsk region, 433315 Russia  
[m\\_sabitov@mail.ru](mailto:m_sabitov@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 01.07.2023; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*  
*The article was submitted 01.07.2023; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

Научная статья  
УДК 631.527.14  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_87

## МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ТЕТРАПЛОИДНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

©2024. Ирина Владимировна Сафонова<sup>1</sup>, Николай Иванович Аниськов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>isafonova@vir.nw.ru

**Аннотация.** Озимая рожь – важная продовольственная культура, особенно в районах с недостатком влаги. В связи с периодическими весенне-летними засухами в Северо-Западном регионе России проблеме засухоустойчивости озимой ржи отводится особое место. Была изучена реакция сортов тетраплоидной ржи на неоднозначность погодных условий, которые наблюдали в годы изучения с 2018 по 2022 годы. Цель настоящей работы – изучить 10 сортов озимой ржи по уровню устойчивости к засушливым условиям Северо-Западного региона. Опыты закладывали с 2018 по 2022 годы на полевом участке, расположенном в г. Пушкине (Санкт-Петербург). Материалом для изучения послужили 10 коллекционных сортов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения. Для определения засухоустойчивости использовали показатели, которые наиболее часто применяются в агрономической практике, а именно: МР – средняя продуктивность, ТОЛ – индекс выносливости, YSI – индекс стабильности урожайности, ДІ – индекс засухоустойчивости, STI – индекс толерантности, СМР – геометрическая средняя продуктивность, DSI – индекс засухоустойчивости, Аз – агрономическая засухоустойчивость, Хз – параметр снижения степени урожайности. Лучшие условия для получения высокого уровня урожайности были сформированы в 2020 и 2021 гг. ( $I_j = +2,2; +1,68$ ). Максимальный урожай получен в 2020 году у тетраплоидных сортов ржи: Сибирь 4 (8,5 т/га) и Пралеска (7,8 т/га). 2018, 2019 и 2022 годы являлись засушливыми в изучении ( $I_j = -0,56; -1,94; -1,35$ ). Анализ данных изучения выявил, что по количеству рангов высокий уровень устойчивости к засухе был отмечен у сортов Сибирь 3 ( $\Sigma$  ранг = 37), Сибирь ( $\Sigma$  ранг = 39), Веросим ( $\Sigma$  ранг = 39), Сибирская универсальная ( $\Sigma$  ранг = 41).

**Ключевые слова:** озимая рожь, урожайность, показатели засухоустойчивости, ранг

**Введение.** В настоящее время в связи с резкими колебаниями климатических условий выявление уровня приспособленности сортов в России является одной из приоритетных задач сельскохозяйственной науки. Часто повторяющиеся засухи являются причиной значительного снижения урожая, что ставит стрессоустойчивость растений на первые позиции в качестве направления отечественной селекции, наряду с повышением продуктивности [1]. Озимая рожь считается сравнительно засухоустойчивой культурой, которая эффективно использует воду благодаря хорошо развитой корневой системе. Однако недостаток влаги в каждый из критических

периодов водопотребления (фаза всходов, осеннего кущения, период от выхода в трубку до колошения, налив зерна) приводит к замедлению процессов морфогенеза и снижению урожая, в том числе за счёт уменьшения длины колоса, количества зёрен в колосе, массы 1000 зёрен. Кроме того, засушливая погода в фазах всходов и осеннего кущения снижает готовность посевов к перезимовке [2, 3]. Наиболее надежен прямой метод оценки засухоустойчивости – полевой, то есть непосредственное изучение поведения растений в засушливых условиях. В этом случае отбор засухоустойчивых генотипов проводится, как правило, по урожайности.

Засуха – неблагоприятное сочетание метеорологических условий, характеризующихся длительным и значительным недостатком осадков, чаще при повышенной температуре и пониженной влажности воздуха, при которых растения испытывают водный дефицит. Однако данный подход основан на многолетних испытаниях, поскольку во многих регионах засуха нерегулярна. Вместе с тем, селекционный процесс требует отбраковки растений по результатам одного года исследований, что делает применение полевой оценки не всегда возможным [4, 5, 6]. Для сельскохозяйственных культур засухоустойчивость – это не только способность выживать или расти в условиях дефицита воды, но и минимальная потеря урожая в результате стресса [7, 8, 9].

Существуют следующие типы засухоустойчивости. Тип первый – растения спасаются от влияния засухи за счет сокращения или удлинения периода вегетации. Тип второй – наличие у растений способности переносит уровень обезвоживания без необратимых последствий [10, 11]. В то же время, для производителей наиболее интересны сорта, которые обладают более высоким уровнем устойчивости к недостатку влаги и способны хорошо применять ее для образования высокого урожая [12, 13, 14, 15].

Цель исследования – изучить коллекционные образцы тетраплоидной озимой ржи, определить уровень их засухоустойчивости и выделить перспективные сорта, обладающие способностью получать высокий урожай зерна.

**Методика.** Полевые опыты были проведены с 2018 по 2022 годы, на полях экспериментальной базы ВИР, находящиеся в г. Пушкин (Санкт-Петербург). Объектом исследования являлись сорта озимой ржи – тетраплоидная форма (*Secale cereale tetraploidum nudipaleatum*) различного происхождения из коллекции ВИР. **Ленинградская область** (Веросим, Сибирская универсальная, Зернофуражная тетра), **Беларусь** (Пламя, Пралеска, Крыжачок), **Омская область** (Сибирь, Сибирь 3, Сибирь 4). Почвы опытного участка хорошо окультуренные, легкосуглинистые, дерново-подзолистые, чистый пар – предшественник. В летний период под посев

озимой ржи, для борьбы с сорной растительностью была проведена послойная обработка поля дисковыми культиваторами. За 3-4 недели до посева вносили минеральные удобрения (NPK), на глубину 5-6 см, затем производили предпосевную культивацию (МТЗ-82+ плуг). В Северо-Западном регионе сроки посева озимой ржи – с 25 августа по 5 сентября. Изучаемые образцы были высеяны в эти же оптимальные сроки с помощью селекционной сеялки ССФК-7, из расчёта 400 всхожих зёрен на 1 м<sup>2</sup>. Стандартом служил тетраплоидный сорт Верасень. Уборку производили в фазе полной спелости, вручную, серпом в течение одной недели с середины августа. Для анализа засухоустойчивости использовали ряд показателей, позволяющих оценить их пластичность и стабильность в Северо-Западном регионе: МР – средняя продуктивность [16], ТОЛ – индекс выносливости [16], YSI – индекс стабильности урожайности [17], ДИ – индекс засухоустойчивости [18], STI – индекс толерантности [19], СМР – геометрическая средняя продуктивность [19], DSI – индекс засухоустойчивости [20], Аз – агрономическая засухоустойчивость [9], Хз – параметр снижения степени урожайности [9].

Агрометеорологические условия в 2018-2022 гг. отличались друг от друга и от уровня среднелетней нормы в Северо-Западном регионе. Годы 2018, 2019, 2022 были неблагоприятными (засушливыми), 2020 и 2021 гг. – были оптимальными (благоприятными) (табл.1).

Вегетация растений в 2018 году проходила в условиях повышенных температур, что значительно сократило сроки созревания. Дефицит осадков в период «выход в трубку–колошение» негативно повлиял на продуктивность зерна. Предпосевной и посевной периоды в 2019 году были довольно засушливыми, а недостаточное количество осадков сопровождалось повышенными температурами, что отрицательно повлияло на уровень продуктивности. Вегетационный период в 2022 году отмечен как сухой и холодный. Недостаток тепла отмечен в мае, июне, августе. Высокий уровень увлажнения наблюдался во время вегетации 2020 года, при высоком температурном режиме. Погодные условия 2021 года отличались повышенным температурным режимом,

сумма выпавших осадков была на уровне среднеголетних показателей.

Таблица 1

Условия времени активной вегетации (метеорология)

Годы	Месяцы				Σ
	май	июнь	июль	август	
Средняя температура воздуха за месяц, °С					
Среднеголетнее	11,3	15,7	18,8	16,9	62,7
2018	14,3	16,1	20,9	19,2	70,5
2019	12,1	18,7	16,6	17,0	64,4
2020	10,0	19,1	17,6	17,2	63,9
2021	12,1	21,4	23,1	16,9	73,5
2022	10,0	17,6	19,9	20,6	68,1
Количество осадков, мм					
Среднеголетнее	46	71	79	83	279
2018	13,7	23,1	95,8	78,7	211,3
2019	73	23	93	49	238
2020	25	66	94	104	289
2021	139,4	22,1	50,3	135,1	346,9
2022	25,6	47	75,5	112,6	260,7

**Результаты.** За пять лет изучения (2018-2022) сорта тетраплоидной озимой ржи по-разному реализовали свой генетический потенциал продуктивности. Урожайность в годы изучения в среднем колебалась от 2,6 т/га до 5,8 т/га. Неблагоприятными для

выращивания озимой тетраплоидной ржи были условия 2018, 2019 и 2022 гг. ( $lj = -0,56; -1,94; -1,35$  соответственно), а в 2020 и 2021 ( $lj = +2,2; +1,68$  соответственно) сложились оптимальные условия (табл.2).

Таблица 2

Урожайность зерна тетраплоидных сортов ржи озимой, т/га

Сорт	Неблагоприятные годы				Оптимальные годы			В среднем по сорту	% к стандарту
	2018 г.	2019 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2022 г.	среднее		
Верасень (ст.)	2,6	1,7	3,3	2,5	6,7	6,9	6,8	4,2	100
Сибирь 3	3,3	2,7	1,6	2,5	4,3	3,9	4,1	3,2	74
Пламя	3,7	2,0	2,7	2,8	7,3	7,2	7,2	5,0	107
Пралеска	3,5	1,9	2,1	2,5	7,8	7,3	7,6	5,1	106
Крыжачок	2,3	0,8	3,8	2,3	4,8	4,1	4,5	4,8	74
Сибирь	3,2	2,6	2,6	2,8	6,2	5,8	6,0	4,4	95
Сибирь 4	3,6	2,9	1,8	2,8	8,5	6,4	7,5	5,2	109
Зернофуражная тетра	3,4	1,3	3,3	2,7	6,4	5,6	6,0	4,4	94
Сибирская универсальная	3,7	2,1	2,0	2,6	5,3	6,0	5,7	4,2	89
Веросим	3,6	1,1	1,9	2,2	3,2	2,1	2,7	2,5	56
Σ Yi	32,9	19,1	25,1	25,7	60,5	55,3	58,1	-	-
Yi	3,29	1,91	2,5	2,6	6,05	5,53	5,81	-	-
lj	-0,56	-1,94	-1,35	-	+2,2	+1,68	-	-	-

Максимальная урожайность была отмечена в оптимальные годы у сортов Пралеска (7,6 т/га), Сибирь 4 (7,5 т/га), Пламя (7,2 т/га). В неблагоприятные годы – Пламя (2,8 т/га), Сибирь (2,8 т/га), Сибирь 4 (2,8 т/га). Из этого следует, что испытание сортов озимой ржи как в оптимальных, так и в неблагоприятных годах, способствует

выявлению сорта с высокой нормой засухоустойчивости.

При этом, применяли показатели засухоустойчивости, расчёт которых основан на урожайности зерна.

Индекс выносливости (TOL) указывает, на сколько снижается уровень продуктивности в стрессовый год по сравнению с благоприятным. Основываясь на

этом показателе, считается, что сорта с низкими значениями индекса толерантности наиболее устойчивы к засухе. Установлено, что к ним относятся: Веросим (TOL= 0,5) Сибирь 3 (TOL= 1,6), Крыжачок (TOL=2,2), Сибирская универсальная (TOL=3,1), Сибирь (TOL=3,2).

Индекс средней продуктивности (MP) равен средней арифметической урожайности в благоприятных и стрессовых годах. Высокий уровень засухоустойчивости отмечен у сортов Сибирь 4, Пралеска, Пламя, Верасень (MP= 5,2; 5,1; 5,0; 4,7 соответственно) (табл. 3).

Таблица 3

Индексы засухоустойчивости тетраплоидных сортов озимой ржи

Сорт	Параметры устойчивости к засухе								
	MP	TOL	YSI	DI	STI	СМР	DSI	Аз	Хз
Верасень (ст.)	4,7	4,3	2,7	0,37	0,94	4,1	1,15	36,8	63,2
Сибирь 3	3,3	1,6	1,6	0,61	1,0	3,2	0,70	61,0	39,0
Пламя	5,0	4,4	2,6	0,39	0,81	4,5	1,1	38,9	61,1
Пралеска	5,1	5,1	3,0	0,33	0,73	4,3	1,2	32,9	67,1
Крыжачок	3,4	2,2	2,0	0,51	0,45	3,2	0,48	51,1	48,9
Сибирь	4,4	3,2	2,1	0,47	0,87	4,1	1,03	46,7	53,3
Сибирь 4	5,2	4,7	2,7	0,37	0,77	4,6	1,1	37,3	62,7
Зернофуражная тетра	4,4	3,3	2,2	0,45	0,84	4,0	1,0	45,0	55,0
Сибирская универсальная	4,2	3,1	2,2	0,46	0,84	3,8	1,2	45,6	54,4
Веросим	2,5	0,5	1,2	0,81	0,95	2,4	0,34	81,5	18,5

Индекс стабильности урожайности (YSI) показывает, во сколько раз урожайность в стрессовый год, меньше урожайности в благоприятный. Результаты расчетов выявили, что чем больше этот параметр, тем чаще сорт может образовывать высокий урожай в благоприятных условиях возделывания, что свойственно сортам Пралеска (YSI=3,0), Верасень (YSI=2,7), Сибирь 4 (YSI=2,7), Пламя (YSI=2,6).

Индекс засухоустойчивости (DI) демонстрирует, во сколько раз снизилась урожайность в стрессовый год по сравнению с благоприятным и во сколько раз урожайность в стрессовый год превышает среднюю по выборке. В нашем изучении высокий уровень (DI) отмечен у сортов Веросим (DI=0,81), Сибирь 3 (DI=0,61), Крыжачок (DI=0,51), Сибирь (DI=0,47), Сибирская универсальная (DI=0,46).

Индекс толерантности (STI) является отношением произведения урожайностей в стрессовых и благоприятных условиях к среднему значению урожайности в благоприятных условиях. Высокий уровень выше указанного индекса был характерен для сортов Сибирь 3, Веросим, Верасень, Сибирь, Зернофуражная тетра (STI= 1,0; 0,95; 0,94; 0,87; 0,84). В качестве следующего параметра был использован показатель «геометрическая средняя продуктивность» (СМР). Образцы с высокими значениями (СМР) – самые лучшие.

В нашем изучении это сорта Сибирь 4 (СМР= 4,6), Пламя (СМР=4,5), Пралеска (СМР=4,3), Сибирь (СМР=4,1).

Одним из наиболее распространённых методов вычисления засухоустойчивости образца к условиям возделывания, является величина (DSI), рекомендованная Fischer, Mauget (1978). Она базируется на поведении образца в засушливых и благоприятных условиях. Повышенной засухоустойчивостью обладают образцы Пралеска (DSI=1,2), Сибирская универсальная (DSI=1,2), Верасень (DSI=1,15), Пламя (DSI=1,1), Сибирь 4 (DSI=1,1).

Для определения уровня устойчивости к засухе также возможно использовать агрономическую засухоустойчивость (Аз), которая характеризуется колебаниями продуктивности в оптимальной и неблагоприятной среде. Лидерами по этому параметру в наших опытах являются образцы Веросим, Сибирь 3, Крыжачок, Сибирь, Сибирская универсальная (Аз= 81,5; 61,0; 51,1; 46,7; 45,6 соответственно).

Параметры степени снижения урожайности (Хз) определяет уровень изменчивости засухоустойчивости. Чем он меньше, тем выше устойчивость сорта. Относительно небольшая вариация данного параметра зафиксирована у сортов Веросим, Сибирь 3, Крыжачок, Сибирь, Сибирская универсальная (18,5; 39,0; 48,9; 53,3; 54,4). На

данном этапе изучения рекомендуется применять ряд индексов засухоустойчивости, стрессоустойчивости. Но следует учитывать, что большинство из них имеют свои характерные особенности, которые не позволяют выявить устойчивость к засухе сорта, применяя один параметр. Поэтому, только используя ряд оценочных показателей, можно получать достоверную оценку. Для

сравнения и получения окончательного результата необходимо провести ранжирование сортов. С учетом меньшей суммы рангов наиболее засухоустойчивыми являются сорта: Сибирь 3 ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 37$ ), Сибирь ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 39$ ), Веросим ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 39$ ), Сибирская универсальная ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 41$ ), Сибирь 4 ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 47$ ) (рис.1).

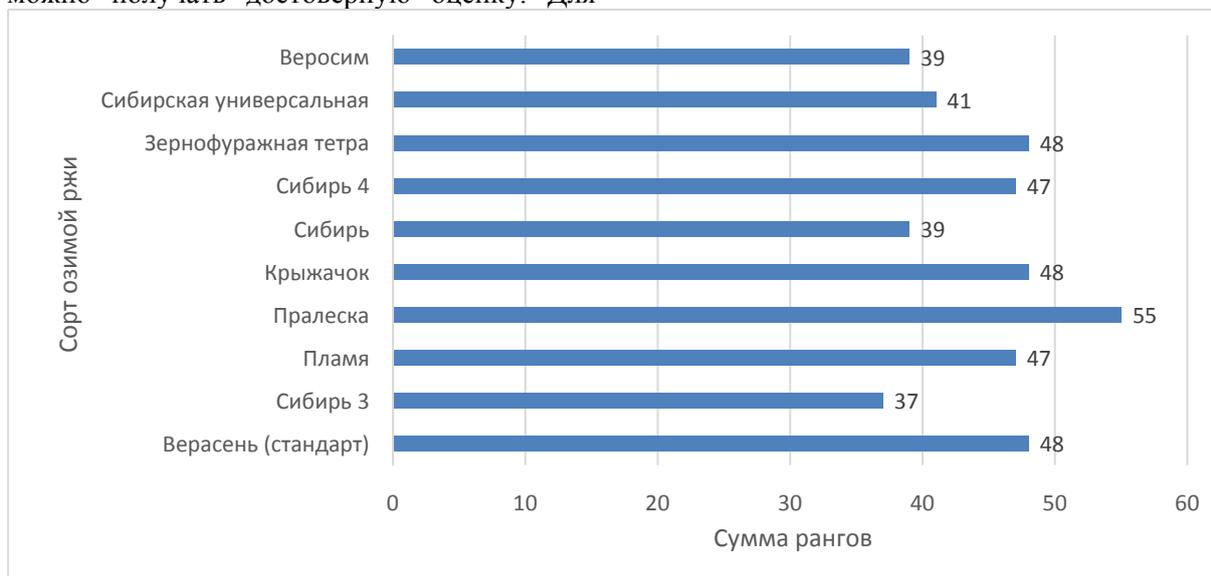


Рис 1. Ранжирование тетраплоидных сортов озимой ржи по устойчивости к засухе  
Fig.1. Ranking of tetraploid varieties of winter rye by drought resistance

#### Выводы.

1. В среднем за период изучения максимальная урожайность была отмечена в оптимальные (благоприятные) годы у сортов Пралеска (7,6 т/га), Сибирь 4 (7,5 т/га), Пламя (7,2 т/га). В неблагоприятные (засушливые) годы Пламя (2,8 т/га), Сибирь (2,8 т/га), Сибирь 4 (2,8 т/га).

2. По уровню урожайности можно выделить сорта Сибирь 4 (109%), Пламя (107%), Пралеска (106%) которые превысили стандартный сорт Верасень.

3. По результатам проведенного изучения нужно обратить внимание для выявления уровня устойчивости к засухе на такие показатели, как DSI – индекс засухоустойчивости, YSI – величина

стабильности урожайности, СМР – геометрическая средняя продуктивность, STI – индекс толерантности.

4. По сумме рангов в нашем исследовании наиболее засухоустойчивыми являются сорта Сибирь 3 ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 37$ ), Сибирь ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 39$ ), Веросим ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 39$ ), Сибирская универсальная ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 41$ ), Сибирь 4 ( $\Sigma_{\text{рангов}} = 47$ ).

Согласно плану ВИР по ГЗ FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

#### Список источников

- Газе В.Л., Лиховидова В.А., Ионова Е.В. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямым и косвенными методами. //Зерновое хозяйство России. 2018. №2. С.25-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-56-2-25-29
- Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Набатова Н.А., Псарева Е.А. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. №11-2. С.347-351
- Семенова Е.В., Косарева И.А. Диагностика засухоустойчивости образцов гороха (*Pisum sativum* L.) из коллекции ВИР. // Биотехнология и селекция растений. 2021. № 4 (2). С.5-14. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-01

4. Манукян И.Р., Басиева М.А., Мирошникова Е.С., Гасиева В.И., Абиева Т.С. Методы оценки устойчивости озимого тритикале к засушливым условиям Предгорной зоны Северного Кавказа // Нива Поволжья. 2020. № 2 (55). С.22-25
5. Малокостова Е.И. Основные направления селекции яровой пшеницы на засухоустойчивость // Земледелие. 2018. №3. С.37-39
6. Розова М.А., Зиборова А.И. Корреляционные связи урожайности яровой твердой пшеницы с элементами ее структуры в зависимости от уровня продуктивности генотипов и погодных условий в Приобской лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского края ГАУ. 2016. №2 (136). С.44-49
7. Патурицкий А.В. Оценка засухоустойчивости и потенциальной продуктивности пшеницы и ячменя. //Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С.197-201
8. Костылев П.И., Краснова Е.В., Аксенов А.В. Оценка засухоустойчивости образцов риса по изменению урожайности при нехватке влаги // Аграрная наука. 2020. № 343 (11). С.56-59
9. Пакуль В.Н., Плиско Л.Г. Засухоустойчивость сортов яровой мягкой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. №2 (789). С.49-52
10. Василевский В.Д. Индексная оценка засухоустойчивости сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости в южной лесостепи Западной Сибири // Аграрная наука-сельскому хозяйству. Сборник материалов международной научно-практической конференции. 2019. С.159-161
11. Василевский В.Д. Индексы засухоустойчивости сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Материалы научно-практической конференции. 2019. С.82-89
12. Ержебаева Р.С., Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С. [и др.] Поиск источников засухоустойчивости среди новой коллекции сои в условиях Юго-Востока Казахстана // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». 2019. №3 (31). С.63-73
13. Полонский В.И., Сумина А.В., Количенко А.А. Адаптивность образцов яровой пшеницы по элементам продуктивности в условиях Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ. 2022. №3. С.30-37. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-30-37
14. Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Моргунов А.И., Зеленский Ю.И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников Казахстанско-Сибирской селекции пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. №21 (5). С. 515-522. DOI:10.18699/VJ 17.23.o
15. Фатыхов И.Ш., Борисов Б.Б., Корепанова Е.В., Рябова Т.Н. Реакция ячменя Раушан на абиотические условия химическим составом зерна // Пермский аграрный вестник. 2017. №3 (19). С.118-124
16. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment // Crop Science. 1978. №21 (6). – P.943-946
17. Bouslama M. and Schapaugh W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Sci. 1984. Vol.24. P. 933-937. DOI:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
18. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica. 1998. №7. P.85-87
19. Fernandez G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water stress tolerance // Asian Vegetable Research and development Centre. Taiwan. 1992. P. 257-270
20. Fisher R.A. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grainyield responses / R.A. Fisher, R. Maurer. – Text: direct // Aust. J. Agric. Rec. – V.29. – 1978. – P. 897-912

## METHODS OF DIAGNOSTICS OF DROUGHT RESISTANCE OF TETRAPLOID VARIETIES OF WINTER RYE IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN REGION OF RUSSIA

©2024. Irina V. Safonova<sup>1✉</sup>, Nikolay I. Aniskov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>All-Russian Institute of Genetic Resources of Plants named after N.I. Vavilov, Saint-Petersburg, Russia

<sup>1</sup>isafonova@vir.nw.ru

**Abstract.** Winter rye is an important food crop, especially in areas with a lack of moisture. Due to periodic spring and summer droughts in the conditions of the North-Western region of the Russian Federation, the problem of drought resistance of winter rye is given a special place. The reaction of tetraploid rye varieties to the ambiguity of weather conditions observed during the years of study from 2018 to 2022 was studied. The purpose of this work is to study 10 varieties of winter rye according to the level of resistance to the arid conditions of the North-Western region of the Russian Federation. The experiments was conducted from 2018 to 2022 at a field site located in Pushkin (St. Petersburg). The material for the study was 10 collectible varieties of tetraploid winter rye of various ecological and geographical origin. To determine drought resistance, we used indicators that are most

often used in agronomic practice, namely: MP – average productivity, TOL – endurance index, YSI – yield stability index, DI – drought resistance index, STI - tolerance index, GMR - geometric average productivity, DSI – drought resistance index, Az – agronomic drought resistance, Хз – parameter for reducing the degree of yield. The best conditions for obtaining a high level of yield were formed in 2020 and 2021 ( $I_j = +2.2; +1.68$ ). The maximum yield was obtained in 2020 from tetraploid rye varieties: Sibir 4 (8.5 t/ha) and Praleska (7.8 t/ha). 2018, 2019 and 2022 were dry years in the study ( $I_j = -0.56; -1.94; -1.35$ ). Analysis of the study data revealed that, by the number of ranks, a high level of resistance to drought was noted in the following varieties: Sibir 3 ( $\Sigma$  rank = 37), Sibir ( $\Sigma$  rank = 39), Verosim ( $\Sigma$  rank = 39), Sibirskaya universal'naya ( $\Sigma$  rank = 41).

**Key words:** winter rye, yield, drought resistance indices, rank

#### References

1. Gaze V.L., Likhovidova V.A., Ionova E.V. Opredelenie urovnya zasukhoustojchivosti obraztsov ozimoy myagkoj pshenitsy pryamym i kosvennymi metodami (Determination of the level of drought resistance of winter soft wheat samples by direct and indirect methods), *Zernovoe khozyajstvo Rossii*, 2018, No. 2, pp.25-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-56-2-25-29.
2. Parfenova E.S., Shamova M.G., Nabatova N.A., Psareva E.A. Otsenka odnositel'noj zasukhoustojchivosti sortov ozimoy rzhii sposobom prorashhivaniya na rastvore sakharozy (Assessment of the relative drought resistance of winter rye varieties by germination on sucrose solution), *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij*. 2018, No. 11-2, pp. 347-351.
3. Semenova E.V., Kosareva I.A. Diagnostika zasukhoustojchivosti obraztsov gorokha (*Pisum sativum* L.) iz kolleksii VIR (Diagnostics of drought resistance of pea (*Pisum sativum* L.) samples from the VIR collection), *Biotekhnologiya i selektsiya rastenij*. 2021, No. 4 (2), pp.5-14. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-01
4. Manukyan I.R., Basieva M.A., Miroshnikova E.S., Gasieva V.I., Abieva T.S. Metody otsenki ustojchivosti ozimogo tritikale k zasushlivym usloviyam Predgornoj zony Severnogo Kavkaza (Methods for assessing the resistance of winter triticale to the arid conditions of the Foothill zone of the North Caucasus), *Niva Povolzh'ya*, 2020, No. 2 (55), pp.22-25.
5. Malokostova E.I. Osnovnye napravleniya selekcii yarovoj pshenicy na zasukhoustojchivost' (The main directions of spring wheat breeding for drought resistance), *Zemledelie*, 2018, No. 3, pp.37-39.
6. Rozova M.A., Ziborova A.I. Korrelyacionnye svyazi urozhajnosti yarovoj tverdoj pshenicy s elementami ee struktury v zavisimosti ot urovnya produktivnosti genotipov i pogodnykh uslovij v Priobskoj lesostepi Altajskogo kraja (Correlations of the yield of spring durum wheat with elements of its structure depending on the level of productivity of genotypes and weather conditions in the Priobskaya forest-steppe of the Altai Territory), *Vestnik Altajskogo kraja GAU*, 2016, No. 2 (136), pp.44-49.
7. Paturinskij A.V. Otsenka zasukhoustojchivosti i potencial'noj produktivnosti pshenicy i yachmenya (Assessment of drought resistance and potential productivity of wheat and barley), *Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2018, pp.197-201.
8. Kostylev P.I., Krasnova E.V., Aksenov A.V. Ocenka zasukhoustojchivosti obraztsov risa po izmeneniyu urozhajnosti pri nekhvatke vlagi (Assessment of drought resistance of rice samples by yield changes in case of lack of moisture), *Agrarnaya nauka*, 2020, No. 343(11), pp.56-59.
9. Pakul' V.N., Plisko L.G. Zasukhoustojchivost' sortov yarovoj myagkoj pshenicy (Drought resistance of spring soft wheat varieties), *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2018, No. 2 (789), pp.49-52.
10. Vasilevskij V.D. Indeksnyaya ocenka zasukhoustojchivosti sortov myagkoj yarovoj pshenicy raznykh grupp spelosti v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri (Index assessment of drought resistance of varieties of soft spring wheat of different maturity groups in the southern forest-steppe of Western Siberia), *Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2019, pp.159-161.
11. Vasilevskij V.D. Indeksy zasukhoustojchivosti sortov myagkoj yarovoj pshenicy raznykh grupp spelosti v usloviyakh yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri (Indices of drought resistance of varieties of soft spring wheat of different maturity groups in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia), *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2019, pp.82-89.
12. Erzhbaeva R.S., Didorenko S.V., Kudajbergenov M.S. [i dr.]. Poisk istochnikov zasukhoustojchivosti sredi novoj kolleksii soi v usloviyakh Yugo-Vostoka Kazakhstana (Search for sources of drought resistance among the new soybean collection in the conditions of South-East Kazakhstan), *Nauchno-proizvodstvennyj zhurnal «Zernobovoye i krupyanye kul'tury»*, 2019, No. 3(31), pp.63-73
13. Polonskij V.I., Sumina A.V., Kolichenko A.A. Adaptivnost' obraztsov yarovoj pshenicy po elementam produktivnosti v usloviyakh Prienisejskoj Sibiri (Adaptability of spring wheat samples by productivity elements in conditions of Yenisei Siberia), *Vestnik KrasGAU*, 2022, No. 3, pp.30-37. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-30-37.
14. Evdokimov M.G., Yusov V.S., Morgunov A.I., Zelenskij Yu.I. Zasukhoustojchivyy genofond tverdoj yarovoj pshenicy, identifikirovannyj v mnogoletnikh ispytaniyakh pitomnikov Kazakhstansko-Sibirskoy selekcii pshenicy (Drought-resistant gene pool of durum spring wheat, identified in long-term tests of nurseries of Kazakh-Siberian wheat breeding), *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2017, No. 21 (5), pp. 515-522. DOI:10.18699/VJ 17.23.o.
15. Fatykhov I.Sh., Borisov B.B., Korepanova E.V., Ryabova T.N. Reaktsiya yachmenya Raushan na abioticheskie usloviya khimicheskim sostavom zerna (Reaction of Raushan barley to abiotic conditions by chemical composition of grain), *Permskij agrarnyj vestnik*, 2017, No. 3(19), pp. 118-124.
16. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*. 1978. №21 (6). Pp.943-946

17. Bouslama M. and Schapaugh W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Sci. 1984. Vol. 24. Pp. 933-937 DOI:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
18. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica. 1998. №7. Pp.85-87
19. Fernandez G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water stress tolerance. Asian Vegetable Research and development Centre. Taiwan. 1992. Pp. 257-270
20. Fisher R.A. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grainyield responses / R.A. Fisher, R. Maurer. – Text: direct // Aust. J. Agric. Rec. – V.29. – 1978. - Pp. 897-912

### *Сведения об авторах*

**И. В. Сафонова**<sup>1</sup> – канд. с.-х. наук;

**Н. Н. Аниськов**<sup>2</sup> – д-р с.-х. наук.

<sup>1,2</sup>Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190031 г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская 42-44, отдел Генетических ресурсов овса, ржи и ячменя

<sup>1</sup>isafonova@vir.nw.ru, ORSID 0000-0001-8138-930X

<sup>2</sup>n.anisikov@vir.nw.ru, ORSID 0000-0002-7819-8286

### *Information about the authors*

**I. V. Safonova**<sup>1</sup> – Cand. Agr. Sci.;

**N. I. Aniskov**<sup>2</sup> – Dr. Agr. Sci.

<sup>1,2</sup>All-Russian Institute of Genetic Resources of Plants named after N.I. Vavilov, Saint-Petersburg, 190031, Russia

<sup>1</sup>isafonova@vir.nw.ru, ORSID 0000-0001-8138-930X

<sup>2</sup>n.anisikov@vir.nw.ru, ORSID 0000-0002-7819-8286

*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 15.01.20234; одобрена после рецензирования 21.02.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 15.01.2024; approved after reviewing 21.02.2024; accepted for publication 10.05.2024*

Научная статья  
УДК 635.21:631.527  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_95

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ ПЛАСТИЧНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

©2024. Алексей Геннадьевич Тулинов

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

**Аннотация.** В Республике Коми одной из основных сельскохозяйственных овощных культур, возделываемых агропредприятиями, крестьянско-фермерскими хозяйствами и населением в частном секторе, является картофель. Продовольственная безопасность России в Арктической зоне и получение конкурентоспособных сортов для районов Крайнего Севера нашей страны является одной из основных задач, решаемой сельскохозяйственной наукой в области селекции. Новые, перспективные сорта картофеля должны отвечать современным требованиям по высокой урожайности, получаемой в различных природных, почвенных и климатических условиях их возделывания. Кроме того, сорта должны обладать высокой стабильностью по товарно-хозяйственным признакам и давать равноценный урожай в постоянно изменяющихся, как в лучшую (благоприятную), так и в худшую (неблагоприятную) стороны условиях среды. Применение современных методов математического, статистического анализа, расчета оценки экологической стабильности, пластичности, адаптивности, а также проведение объективно-полной оценки потенциала геномов картофеля, жесткого отбора перспективных линий и гибридов и отсеивание по различным негативным признакам, особенно на первых этапах селекции, сортообразцов, не соответствующих и не удовлетворяющих данным параметрам, позволяют в кратчайшие сроки получить новые сорта, адаптированные к Арктической зоне Российской Федерации. С целью усиления селекционной работы, направленной на выведение перспективных сортов картофеля, в 2020–2022 годах внедрена исследовательская программа в селекционных питомниках динамического конкурсного первого, второго и третьего годов испытаний (гибриды шестого, седьмого и восьмого клубневых поколений) на базе Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). В качестве объекта исследования выбраны новые перспективные гибриды (сортообразцы) картофеля: 2341-265 (Амур х Гала), 2339-8 (Оксания х Гала), 2339-9 (Оксания х Гала), 1992-14 (Удача х Элмундо), 2000-60 (Колетте х FZ 1867); в качестве стандартов выступали районированные и рекомендованные для данного региона сорта двух групп спелости: Удача – ранний, раннеспелый, Невский – среднеранний. В результате проведения научно-исследовательской работы в ходе комплексной оценки экологической пластичности и стабильности выделен перспективный гибрид картофеля 2000-60. Данный гибрид характеризуется стабильностью в условиях среды выращивания, отзывчивостью на улучшение условий возделывания, высокой средней урожайностью (33,7 т/га).

**Ключевые слова:** картофель (*Solanum tuberosum* L.), гибрид, урожайность, пластичность, стабильность

**Введение.** Создание и подбор сортов сельскохозяйственных культур для возделывания в Северных регионах Российской Федерации и ее Арктической зоны является важной научной проблемой. Наиболее актуальной для Республики Коми является такая культура, как картофель на продовольственные цели. Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – наиболее распространенная пропашная культура, возделываемая в данном

регионе [1]. Для отбора наиболее перспективных гибридов и создания новых сортов необходима всесторонняя их оценка по показателям урожайности, стабильности их получения при неблагоприятных погодных условиях. Предпочтение в дальнейшей селекции для создания перспективных сортов для Арктической зоны России следует отдавать генотипам картофеля, имеющим высокую среднюю урожайность за весь

период селекционного процесса, высокую отзывчивость на улучшение условий выращивания и стабильность получаемых урожаев [2].

Цель исследований – выделить и отобрать перспективные селекционные линии и гибриды для создания новых высокоурожайных сортов картофеля для возделывания в северных регионах Российской Федерации.

Задачи исследований – изучить пять образцов из селекционных питомников картофеля по параметру урожайности клубней, провести оценку экологической пластичности и стабильности гибридов в условиях Севера.

**Методика.** Для комплексной оценки пяти гибридов картофеля динамического питомника конкурсного испытания (гибридизация родительских форм выполнена в ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха), была проведена научно-исследовательская работа, которая включала в себя оценку экологической пластичности и стабильности изучаемых образцов по результатам полевых испытаний 2020–2022 гг. Схема опыта питомника конкурсного испытания картофеля и их родительские формы: 2341-265 (Амур х

Гала); 2339-8 (Оксания х Гала); 2339-9 (Оксания х Гала); 1992-14 (Удача х Элмундо); 2000-60 (Колетте х FZ 1867); с. Невский, st. (Кандидат х Веселовская); с. Удача, st. (Анока х Вильня).

Испытания сортообразцов картофеля проводили на экспериментальных полях Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (кадастровый номер – 11:05:0104001:115; координаты – 61.661897, 50.762800; учетная площадь экспериментального участка – 1400 м<sup>2</sup>, площадь учетной делянки – 50 м<sup>2</sup>, в четырехкратной повторности и в шестипольном культурном севообороте. Предшественник – однолетние травы (вика, овес).

Агрохимические анализы почвы выполнены по общепринятым в системе агрохимслужбы методикам в аналитических лабораториях института и ФГБУ «Станция агрохимической службы «Сыктывкарская» (г. Сыктывкар). Отбор проб почвы опытного участка выполнен по ГОСТ 17.4.4.02-2017. Почва опытного участка дерново-подзолистая, по гранулометрическому составу среднесуглинистая, характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика почвенного участка (в среднем)

Показатель	Значение показателя	Методика определения показателя
Органическое вещество, %	4,8	ГОСТ 26213-91
Гумус, %	3,5	ГОСТ 26213-91
Кислотность почвы (рН <sub>сол.</sub> ), ед.	6,2	ГОСТ 26483-85
Гидролитическая кислотность (Нг), ммоль/100 г	1,5	ГОСТ 26212-91
Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг почвы	671,0	ГОСТ 54650-2011
Подвижный калий (K <sub>2</sub> O), мг/кг почвы	250,0	ГОСТ 54650-2011
Обменный кальций, ммоль/100 г почвы	13,8	ГОСТ 26487-85
Обменный магний, ммоль/100 г почвы	3,5	ГОСТ 26487-85

Обработка почвы опытных селекционных питомников проведена механизированным способом по общепринятой в Республике Коми технологии возделывания картофеля в агропромышленных и сельскохозяйственных предприятиях [3]. Основная весенняя обработка почвы проведена методом вспашки (ПЛН-4-35), а поверхностная обработка – боронование дисковой тяжелой бороной (БДТ-3) на глубину пахотного слоя 15–20 см. Внесение минеральных удобрений, рассчитанных по выносу на планируемый урожай в 30 т/га, произведено ручным способом перед посадкой (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>).

Предпосадочное нарезание гребней выполнено культиватором окучником навесным КОН-2,8. Посадка семян картофеля произведена навесной четырехрядной сажалкой СН-4Б, модернизированной под селекционные задачи, на оптимальную глубину 8-10 см, с расчетной густотой стояния растений в среднем 50000 на один гектар при схеме возделывания 70x30 см. Защита против сорных растений осуществлялась механизированным способом – двукратной междурядной обработкой культиватором (КОН-2,8). Химические защитные мероприятия против болезней и вредителей картофеля не проводились.

Картофель высаживали в третьей декаде мая – первой декаде июня, при прогреве почвы на 8-10 °С, учет общей урожайности осуществляли на 85–90-й день от посадки, уборка осуществлялась вручную сплошным поделяночным способом.

В качестве стандарта выбран районированный сорт картофеля Невский, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений по Республике Коми (I «Северный» регион), относящийся к среднеранней группе спелости, обладающий отзывчивостью к условиям среды, близкой к линейному и рекомендованному сорту – Удача по группе спелости раннему, раннеспелому, слабо реагирующему на изменения внешних условий среды (не пластичный) [4–7].

Оценка экологической пластичности и стабильности гибридов картофеля селекционных питомников проведена на

основе методик S.A. Eberhart, W.A. Russell [8], В.А. Зыкина, В.В. Мешкова, В.А. Сапеги [9]. Испытание гибридов, сортов, учет их урожайности проведены согласно методическим указаниям [10–13]. Статистическую и математическую обработку данных проводили путем дисперсионного анализа [14] и пакета анализа данных Microsoft Office Excel 2019 на персональном компьютере.

**Результаты.** Для оценки перспективности возделывания гибридов картофеля в условиях Республики Коми и Арктической зоны России проведен анализ их экологической пластичности и стабильности, который определяет зависимость урожая от погодно-климатических факторов среды выращивания [9].

Для данного анализа использовались результаты урожайности за последние три года (2020–2022 гг.), таблица 2.

Таблица 2

Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных гибридов и сортов стандартов картофеля в 2020–2022 гг.

Гибрид / сорт	Родительские формы	Урожайность картофеля, т/га				b <sub>i</sub>	σ <sub>d</sub> <sup>2</sup>
		2020	2021	2022	в среднем (Хср)		
1992-14	Удача х Элмундо	30,0	60,8	40,8	43,9	1,51	77,1
2000-60	КоLETTE х FZ 1867	22,3	43,2	35,5	33,7	1,11	1,7
2341-265	Амур х Гала	30,2	51,5	38,3	40,0	1,06	31,0
2339-8	Оксания х Гала	29,3	41,3	45,0	38,5	0,75	32,5
2339-9	Оксания х Гала	28,7	45,7	47,5	40,6	1,02	28,5
с. Невский, st.	Кандидат х Веселовская	26,4	39,0	37,4	34,3	0,71	2,7
с. Удача, st.	Анока х Вильня	21,4	35,7	35,3	30,8	0,83	8,9
НСР <sub>05</sub>					8,4		
I <sub>j</sub> (коэффициент среды)		-10,5	7,9	2,6			

Средняя урожайность клубней картофеля, рассматриваемых за период изучения гибридов, варьировала от 33,7 до 43,9 т/га, у сортов стандартов – 30,8–34,3 т/га (НСР<sub>05</sub> – 8,4 т/га). Следует выделить образец 1992-14 (Удача х Элмундо), достоверно превысивший значения сортов Невский и Удача на 9,6 и 13,1 т/га соответственно (НСР<sub>05</sub> – 8,4 т/га) и сортообразец КоLETTE × FZ 1867 на 10,2 т/га. С остальными сортообразцами урожайность была одинакова. Однако для более полной оценки гибридов следует рассматривать не только показатель

урожайности, но и рассчитанные по полученным данным значениям коэффициенты линейной регрессии (b<sub>i</sub>) и дисперсии (σ<sub>d</sub><sup>2</sup>), характеризующие адаптивность сортов к внешним условиям среды.

В основе расчета экологической пластичности и стабильности проведена оценка реакции урожая сортов и гибридов на условия выращивания [8, 9].

Поскольку почвенные условия, сроки посадки и агротехника во все года исследования практически не отличались друг

от друга, то основными параметрами, влияющими на урожай, становятся погодно-климатические факторы, а, именно, температура вегетационного периода и количество выпадающих за это время осадков.

С 2020 по 2022 гг. условия возделывания сортов и гибридов картофеля были неоднородны. Наихудшим годом для возделывания картофеля был 2020 – коэффициент среды  $I_j = -10,5$ , что отрицательно сказалось на урожайности во всех вариантах; лучший год – 2021, коэффициент среды  $I_j = 7,9$ . В этот год отмечена максимальная урожайность картофеля у гибрида 1992-14 – 60,8 т/га. Данный показатель был почти в два раза выше, чем в худшем 2020 году. При этом прибавка к урожайности у сортов-стандартов составила всего в среднем 50 %.

На основании расчетной модели, предложенной S.A. Eberhart и W.A. Russell, определяется группа изучаемого генотипа по

его реакции на различные изменения условий его возделывания [8]. Приняв за основу расчета значения линейной регрессии ( $b_i$ ), характеризующей отзыв генотипа растения на изменения условий выращивания в лучшую сторону, дисперсию ( $\sigma_d^2$ ), описывающую стабильность рассматриваемого образца, сорта или гибрида в тех или иных условиях среды, и, как в нашем случае, один из важнейших параметров – среднюю урожайность, формируем и даем описание собственной полученной расчетной модели.

Учитывая прямую взаимосвязь между системой показателей  $b_i$  и  $\sigma_d^2$ , а также исходя из условия, при котором генотипы с коэффициентом линейной регрессии ( $b_i$ ) больше единицы относятся к высокопластичным, а при меньшем или равном единице – к относительно низкопластичным, изучаемые генотипы можно характеризовать и отнести к следующим условным шести группам или рангам, представленным в таблице 3.

Таблица 3

Группы генотипов растений (по S.A. Eberhart и W.A. Russell [8])

Тип	$b_i$	$\sigma_d^2$	Характеристика урожайности
нестабильный	$b_i < 1$	$\sigma_d^2 > 0$	Значение урожайности стремится к максимуму в неблагоприятных условиях внешней среды
нестабильный	$b_i = 1$	$\sigma_d^2 > 0$	Значение урожайности прямо пропорционально изменению в лучшую сторону условий внешней среды
нестабильный	$b_i > 1$	$\sigma_d^2 > 0$	Значение урожайности достигает максимального значения при благоприятных условиях внешней среды
стабильный	$b_i < 1$	$\sigma_d^2 = 0$	Значение урожайности максимально при неблагоприятных условиях внешней среды
стабильный	$b_i = 1$	$\sigma_d^2 = 0$	Значение урожайности хорошо отзывается на изменение в лучшую сторону условий внешней среды
стабильный	$b_i > 1$	$\sigma_d^2 = 0$	Лучшее значение по урожайности достигается при благоприятных условиях внешней среды

В период с 2020 по 2022 гг. в селекционных питомниках динамического конкурсного первого, второго и третьего годов испытаний (гибриды шестого, седьмого и восьмого клубневого поколения) проведен учет общей и средней урожайности клубней гибридов картофеля.

На основании данных показателей был рассчитан коэффициент экологической пластичности ( $b_i$ ) и стабильности ( $\sigma_d^2$ ) новых перспективных гибридов картофеля.

Гибрид 1992-14 показал самый высокий коэффициент  $b_i = 1,51$  и  $\sigma_d^2 = 77,1$ . Данный сорт способен значительно повышать урожайность при улучшении условий

выращивания, однако при неблагоприятных погодно-климатических условиях в вегетационный период, урожайность также будет заметно снижаться. Однако, поскольку урожайность данного гибрида даже в худший год выше, чем у сортов-стандартов, он может рекомендоваться для возделывания в условиях Республики Коми [15, 16]. Гибриды 2000-60, 2341-265, 2339-9 имеют коэффициент экологической пластичности, близкий к единице ( $b_i = 1,02-1,11$ ). Данный показатель говорит о том, что урожайность данных гибридов находится в линейной зависимости от погодно-климатических условий среды, как следствие, при их

ухудшении или улучшении, урожайность будет изменяться в прогнозируемом коридоре значений. У гибрида 2339-8 коэффициент  $b_i = 0,75$  ( $< 1$ ),  $\sigma_d^2 = 32,5$  ( $> 0$ ), что находится на уровне сортов стандартов Удача и Невский. Эти показатели говорят о нестабильности типа данного сорта и при этом способности давать высокие урожаи даже при неблагоприятных условиях. Урожайность данного сорта выше стандартов, что делает его наиболее перспективным для возделывания в условиях Республики Коми и Арктической зоны России.

Исходя из модели, предложенной S.A. Eberhart и W.A. Russell ( $X_{cp} \rightarrow \max$ ,  $b_i \rightarrow 1$ ,  $\sigma_d^2 \rightarrow 0$ ), наиболее близким гибридом, соответствующим данной формуле, является 2000-60, который можно охарактеризовать

как стабильный тип сорта, хорошо отзывающийся на улучшение условий [8, 9, 17–19].

**Выводы.** По результатам проведенных исследований и комплексной оценки экологической пластичности и стабильности из пяти перспективных для Республики Коми гибридов картофеля выделен один образец – 2000-60 (КоLETTE x FZ 1867). Данный гибрид характеризуется стабильностью к условиям выращивания внешней среды, отзывчивостью на улучшение условий возделывания, высокой средней урожайностью (33,7 т/га).

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

#### Список источников

1. Шморгунов Г.Т., Тулинов А.Г., Конкин П.И., Коковкина С.В., Юдин А.А., Облизов А.В. Развитие агротехнологий повышения продуктивности картофелеводства в условиях Севера: монография. Сыктывкар: ФГБНУ НИИСХ Республики Коми; ГОУ ВО КРАГСиУ, 2016. 127 с.
2. Котова З.П., Евдокимова З.З., Калашник М.В., Головина Л.Н., Челнокова В.В. Подбор перспективных гибридов картофеля по параметрам их адаптивности для условий Европейского Севера // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7(186). С. 26–32. doi: 10.32417/article\_5d52af44264156.24918284.
3. Коршунов А.В. Картофель России. Том 3. М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2003. 332 с.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 631 с.
5. Глаз Н.В., Васильев А.А., Дергилева Т.Т., Мушинский А.А. Оценка экологической пластичности среднеранних и среднеспелых сортов картофеля // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1(49). С. 10–19. doi: 10.24411/1999-6837-2019-11002.
6. Попова Л.А., Головина Л.Н., Шаманин А.А., Маслова В.М. Оценка продуктивности и адаптивности сортов картофеля различных групп спелости в условиях Архангельской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3. С. 26–31.
7. Тулинов А.Г. Результаты испытания перспективных сортов картофеля в условиях Республики Коми // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 4(47). С. 21–28. doi: 10.30766/2072-9081.2015.47.4.21-28.
8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varie-ties // Crop Science. 1966. № 6. Pp. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
9. Зыкин В.А., Мешков В.В., Сапега В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.
10. Писарев Б.А., Яшина И.М., Макаров П.П., Логинов И.Я. Методические указания по технологии селекции картофеля. Москва: Россельхозакадемия; ВНИИКС, 1994. 24 с.
11. Симаков Е.А., Склярова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО «Ре-дакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. 70 с.
12. Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ГНУ ГНЦ ВИР РФ, 2010. 29 с.
13. Коршунов А.В. Многофакторные опыты по картофелю. Планирование, проведение, анализ. Москва: ВНИИКС, 2002. 100 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. Москва: Колос, 1979. 416 с.
15. Tulinov A.G., Lobanov A.Yu. Assessment of environmental plasticity of new potato varieties of the Komi Republic, Russia // Research on Crops. 2021. № 22. Pp. 118–121. doi: 10.31830/2348-7542.2021.028.
16. Тулинов А.Г., Лобанов А.Ю. Изучение нового сорта картофеля Вычегодский по комплексу хозяйственно ценных признаков // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(3). С. 283–292. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.283-292.
17. Tai G.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials // Crop Science. 1971. № 11(2). Pp. 184–190. doi: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100020006x.
18. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–112.
19. Пакудин В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов // Теория отбора в

## DETERMINATION OF THE PLASTICITY GROUP OF PROMISING POTATO HYBRIDS OF THE KOMI REPUBLIC

©2024. **Aleksei G. Tulinov**

Institute of Agrobiotechnologies Komi SC of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Komi Republic, Russia  
toolalgen@mail.ru

**Abstract.** In the Komi Republic, one of the main agricultural vegetable crops cultivated on agricultural enterprises, peasant farms and by the population in the private sector is potato. Food security of Russia in the Arctic zone and obtaining competitive varieties for the Far North of our country is the main task solved by agricultural science in the field of selection. New, promising potato varieties must meet modern requirements for high yields obtained in various natural, soil and climatic conditions of their cultivation. In addition, varieties must have high stability in terms of commercial and economic characteristics and produce an equivalent yield in constantly changing environmental conditions, both for the better (favorable) and for the worse (unfavorable). Application of modern methods of mathematical and statistical analysis, calculation of assessment of environmental stability, plasticity, adaptability, as well as carrying out an objective and complete assessment of the potential of potato genomes, strict selection of promising lines and hybrids and screening for various negative characteristics, especially in the first stages of selection, variety samples, not those that meet and those that do not satisfy these parameters allow us to obtain new varieties adapted to the Arctic zone of the Russian Federation in the shortest possible time. In order to strengthen breeding work aimed at developing promising potato varieties, in 2020–2022 a research program was carried out in dynamic competitive breeding nurseries for the first, second and third years of testing (hybrids of the sixth, seventh and eighth tuber generations) on the basis of the Institute of Agrobiotechnology Federal Research Center Komi Scientific Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktyvkar). New promising potato hybrids (variety samples) were selected as the object of study: 2341-265 (Amur x Gala), 2339-8 (Oksania x Gala), 2339-9 (Oksania x Gala), 1992-14 (Udacha x Elmundo), 2000-60 (Colette x FZ 1867); the varieties of two ripeness groups were zoned and recommended for the given region as standards: Udacha variety – early, early ripening, Nevsky variety – mid-early. As a result of research work during a comprehensive assessment of environmental plasticity and stability, a promising potato hybrid 2000-60 was identified. This hybrid is characterized by stability to growing environmental conditions, responsiveness to improved growing conditions, and high average yield (33.7 t/ha).

**Key words:** potato (*Solanumtuberosum* L.), hybrid, productivity, plasticity, stability

### References

1. Shmorgunov G.T., Tulinov A.G., Konkin P.I., Kokovkina S.V., Yudin A.A., Oblizov A.V. Razvitie agrotekhnologii povysheniya produktivnosti kartofelevodstva v usloviyakh Severa: monografiya (The development of agricultural technologies to increase the productivity of potato growing in the North: a monograph), Syktyvkar, FGBNU NIISKh Respubliki Komi, GOU VO KRAGSiU, 2016, 127 p.
2. Kotova Z.P., Evdokimova Z.Z., Kalashnik M.V., Golovina L.N., Chelnokova V.V. Podbor perspektivnykh gibridov kartofelja po parametram ih adaptivnosti dlja uslovij Evropejskogo Severa (Selection of promising potato hybrids according to their adaptability parameters for the conditions of the European North), Agrarnyj vestnik Urala, 2019, No. 7(186), pp. 26–32. doi: 10.32417/article\_5d52af44264156.24918284.
3. Korshunov A.V. Kartofel'Russii. Tom 3 (Russian potatoes. Volume 3), Moscow, LLC «Redaktsiya zhurnala «Dostizheniya nauki i tekhniki APK», 2003, 332 p.
4. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenii (ofitsial'noe izdanie) (State register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. «Plant varieties» (official edition)), Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2023, 631 p.
5. Glaz N.V., Vasil'ev A.A., Dergileva T.T., Mushinskii A.A. Ocenka jekologicheskoy plastichnosti srednerannih i srednespelykh sortov kartofelja (Evaluation of the ecological plasticity of mid-early and mid-ripening potato varieties), Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik, 2019, No. 1(49), pp. 10–19. doi: 10.24411/1999-6837-2019-11002.
6. Popova L.A., Golovina L.N., Shamanin A.A., Maslova V.M. Ocenka produktivnosti i adaptivnosti sortov kartofelja razlichnykh grupp spelosti v usloviyah Arhangel'skoj oblasti (Evaluation of the productivity and adaptability of potato varieties of different ripeness groups in the conditions of the Arkhangelsk region), Agrarian science of the Euro-North-East, 2017, No.

3(58), pp. 26–31.

7. Tulinov A.G. Rezul'taty ispytaniya perspektivnykh sortov kartofelya v usloviyakh Respubliki Komi (Results of testing promising varieties of potatoes in the conditions of the Komi Republic), *AgrarnayanaukaEvro-Severo-Vostoka*, 2015, No. 4(47), pp. 21–28. doi: 10.30766/2072-9081.2015.47.4.21-28.

8. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties, *Crop Science*, 1966, No. 6, pp. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.

9. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A. Parametry ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaystvennykh rastenii, ikh raschet i analiz: metodicheskie rekomendatsii (Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodological recommendations), Novosibirsk, Sibirskoe otделение VASKhNIL, 1984, 24 p.

10. Pisarev B.A., Yashina I.M., Makarov P.P., Loginov I.Ya. Metodicheskie ukazaniya po tehnologii selekcii kartofelja (Methodological instructions according to potato breeding technology), Moscow: Rossel'khozakademiya, 1994, 22 p.

11. Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M. Metodicheskie ukazaniya po tehnologii selektsionnogo protsessa kartofelya (Methodical instructions on the technology of selection process of potato), Moscow, LLC «Redaktsiyazhurnal «Dostizheniyanauki i tekhniki APK», 2006, 70 p.

12. Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteeva N.M., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Metodicheskie ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoi kolleksii kartofelya (Methodological instructions for the maintenance and study of the world collection of potatoes), Saint Petersburg, GNU GNTs VIR RF, 2010, 29 p.

13. Korshunov A.V. Mnogofaktornye opyty po kartofelyu. Planirovaniye, provedeniye, analiz (Multivariate experiments on potatoes. Planning, conducting, analysis), Moscow, VNIKKh, 2002, 100 p.

14. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya (Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results), Moscow, Kolos, 1979, 416 p.

15. Tulinov A.G., Lobanov A.Yu. Assessment of environmental plasticity of new potato varieties of the Komi Republic, Russia, *Research on Crops*, 2021, No. 22, pp. 118–121. doi: 10.31830/2348-7542.2021.028.

16. Tulinov A.G., Lobanov A.Yu. Izuchenie novogo sorta kartofelya Vychevodskii po kompleksu khozyaystvenno tsennyykh priznakov (The study of the new potato variety Vychevodsky according to a complex of economically valuable traits), *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020, No. 21(3), pp. 283–292. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.283-292.

17. Tai G.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials, *Crop Science*, 1971, No. 11(2), pp. 184–190. doi: 10.2135/cropsci1971.0011183X001100020006x.

18. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties), *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 1984, No. 4, pp. 109–112.

19. Pakudin V.Z. Parametry otsenki ekologicheskoi plastichnosti sortov i gibrinov (Parameters for assessing the ecological plasticity of varieties and hybrids), *Teoriya otbora v populyatsii rastenii, Sbornik nauchnykh rabot*, Novosibirsk, Nauka, 1976, pp. 178–189.

#### *Сведения об авторах*

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

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

toolalgen@mail.ru

#### *Information about the author*

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

Institute of Agrobiotechnologies Komi SC of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya St., Syktyvkar, Komi Republic, Russia, 167023

toolalgen@mail.ru

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 31.01.2024; одобрена после рецензирования 28.02.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 31.01.2024; approved after reviewing 28.02.2024; accepted for publication 10.05.2024*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ РАННИХ И СРЕДНЕРАННИХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ СЕЛЕКЦИИ УРАЛЬСКОГО НИИСХ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

©2024. Антонина Марсовна Турлакова<sup>1</sup>, Сергей Алексеевич Быков<sup>2</sup>, Александра Николаевна Пожирицкая<sup>3</sup>, Владимир Габдуллович Зайнуллин<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Институт агробиотехнологий им.А.В.Журавского ФИЦ КНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

<sup>1</sup> [turlakova100krapt@mail.ru](mailto:turlakova100krapt@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты трехлетних испытаний сортов картофеля селекции Уральского НИИСХ в условиях Республики Коми. При оценке качества сортов и сортообразцов по результатам экологического испытания выделился по показателям урожайности и товарности в раннеспелой группе сорт Терра. Оптимальные для Республики Коми по количеству клубней на куст показатели были выявлены у сортов Легенда, Мишка и Шах. В метеорологических условиях 2021-2023 гг. резко контрастировавших по отношению друг к другу, хорошей приспособляемостью к внешним факторам и пластичностью по учету фенологического наблюдения выделяются ранние с.Мишка и с/о 15-27-1, среднеспелые с.Аляска, сортообразцы 14-27-6 и 17-33-2. По результатам учета болезней в послеуборочных пробах у ранних сортов Мишка и Люкс были выявлены сухая и мокрая гниль, у сортов Легенда и Арго – мокрая гниль; на клубнях сортов Терра и с/о 15-27-1 отсутствовали признаки поражения болезнями. Высокое поражение мокрой гилью наблюдалось у с. Аляска, сортообразцов 16-10-53, 17-33-2. Сухая гниль отмечена у с. Шах и сортообразцов 14-27-6, 17-47-3. По результатам определения биохимического состава клубней среднее за 2021-2023 гг., содержание нитратов у всех образцов не превышают нормативные значения (ПДК –250 мг/кг) – от 28,7 мг/г до 141 мг/г., сухого вещества – от 17,7 % до 24,1 %, витамина С – от 15,9 % до 22,6 % и крахмала – от 12,1 % до 16,2 %. В образцах картофеля селекции Уральского НИИСХ в почвенно-климатических условиях республики, показатели урожайности, содержания крахмала и товарности, находятся в рамках оценки оригинатора.

**Ключевые слова:** картофель, сорта, урожай, экологическая пластичность, успешность выращивания

**Введение.** На большей части территории Республики Коми (РК) климат умеренно континентальный. Имеются существенные различия климатических характеристик южных и северных районов. Среднегодовая температура на юге 0-1°C, на крайнем северо-востоке – от -4 до -6 С. Зима продолжительная, суровая; лето короткое, но сравнительно тёплое [1, 6]. Основная часть РК расположена в таежно-лесной зоне, для которой характерно господство подзолистых почв (22 % территории). Низкое природное плодородие и дефицит тепла (им характерно длительное сезонное промерзание) определяют слабую продуктивность этих почв [2]. Поэтому, актуальным в условиях РК является подбор сортов, адаптивных к почвенно-климатическим условиям региона, с

сочетанием высокой урожайности, с устойчивостью к основным болезням (фитофтороз, альтернариоз, парша обыкновенная), с высокими потребительскими качествами [7-10]. Целью настоящего исследования служило испытание по показателям урожайности сортов и сортообразцов картофеля селекции различных групп спелости Уральского НИИСХ в условиях Крайнего Севера, которое включало изучение влияния почвенно-климатический условий на урожайность, рост и развитие, устойчивость к болезням и вредителям растений картофеля.

**Методика.** Исследования проводились в 2021-2023 гг. на экспериментальном поле Института агробиотехнологий (ИАБТ) ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (РК, г.Сыктывкар).

Объектами изучения служили 14 сортов и сортообразцов картофеля селекции Уральского НИИСХ, из них шесть сортов (с.) и один сортообразец (с/о) раннеспелой группы: с.Арго, с.Крепыш (стандарт) – оригинатор ФГБНУ "ВНИИКС им. А.Г.Лорха", с.Легенда, с.Люкс, с.Мишка, с.Терра, с/о 15-27-1 и два сорта и четыре с/о среднеранней группы: с.Аляска, с.Шах, с/о 17-47-3, с/о 14-27-6, с/о 16-10-53, с/о 17-33-2; патентообладателем с.Зырянец (стандарт) является ВНИИКС им.Лорха и ИАБТ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН [3]. Клубни представлены оригинатором в рамках научного и творческого сотрудничества. Сорта Крепыш и Зырянец имеют соответствующую группу спелости и допущены к использованию для I (Северного) региона использования, к которой относится РК.

Оценку образцов в полевых условиях проводили согласно методическим рекомендациям ФГБУ ВНИИКС им.А.Г.Лорха и ВИР им.Н.И.Вавилова. Схема посадки – 25 клубней на одну повторность 0,7×0,3 м, повторность – четырехкратная. Посадка картофеля – без применения минеральных и органических удобрений, а также без обработок против болезней и вредителей – производилась вручную, по

общепринятой технологии выращивания в РК [4, 11-13].

Определение характеристик почв опытных делянок и биохимических показателей качества клубней картофеля (содержание сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), крахмала (ГОСТ 26176-91), витамина С (ГОСТ 24556-89), нитратов (МУ 5048-89)) проведено в аналитической лаборатории ИАБТ ФИЦ КНЦ УрО РАН и ФГБУ САС «Сыктывкарская».

Почва дерново-подзолистая с содержанием органического вещества – 6,87 %; рН – 6,18 ед.; гидролитическая кислотность – 1,50 Ммоль/100 г; подвижные соединения фосфора – 929,4 мг/кг, К – 162,9 мг/кг, В – 2,70 мг/кг; обменный Са – 12,87 Ммоль/100 г, Mg – 3,62 Ммоль/100 г.

Характеристика метеорологических условий 2021-2022 гг. выполнена по данным Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды г.Сыктывкар. Погода вегетационного периода 2021 года заметно отличалась от многолетних наблюдений как по температуре воздуха, так и по атмосферным осадкам (рис.1). Так, среднесуточная температура воздуха за май-август на 2,7 °С выше, то есть 120% от средней многолетней. При этом резких скачков не наблюдалось.



Рис. 1. Количество осадков за май-август 2021-2023 гг., мм

Fig. 1. Precipitation amount for May-August 2021-2023, mm

За май-август 2022 года средняя температура воздуха составила 16,1°С при норме 13,1°С, осадков зарегистрировано в количестве 244 мм при средней многолетней норме 252,0 мм. Характеристика метеорологических условий 2023 года выполнена на основании данных, предоставленных на сайте «Погода и Климат – прогнозы погоды, новости погоды, климатические данные» (<http://www.pogodaiklimat.ru>). В целом за 2023

год (май-август) средняя температура воздуха при норме 13,1°С составила 13,8°С.

Метеорологические условия за изучаемый период достаточно сильно контрастировали по показателям: жаркое лето и недостаток влаги в 2021 г., жаркое лето и достаточное количество влаги в 2022 г., холодное лето и неравномерное распределение большого количества осадков в 2023 г.

**Результаты.** Метеоусловия оказали значительное влияние на рост и развитие изучаемых образцов картофеля. В таблице 1 представлены фенологические наблюдения сортов и сортообразцов картофеля (среднее за 2021-2023 гг.). В благоприятный 2022 год число дней до полных всходов (75 %) варьировало от 12 дней (Крепыш и Мишка) до 15 дней (Арго, Люкс, Терра, 15-27-1); полные всходы сорта Легенда зафиксированы на 18-й

день от посадки. Холодный июнь 2023 г. растянул период всходов от 16 дней (Мишка) до 31 дня (Люкс, Терра, 15-27-1); с. Легенда в среднем за три года испытаний показал самый длительный период появления полных всходов – позже стандарта с. Крепыш на 3,7 дня ( $НСР_{05}=6,0$ ); с. Мишка все три года по показателям полных всходов был самым ранний – раньше контроля на 4,3 дня ( $НСР_{05}=6,0$ ).

Таблица 1

Результаты фенологических наблюдений за сортами и сортообразцами картофеля за 2021-2023 гг.

Сорт, с/о	Число дней до полных всходов (75 %)				Число дней до полного цветения (75 %)				Число дней до полной бутонизации (75 %)			
	2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
Крепыш, st	20	12	28	20,0±4,6	-	43	63	53,0±5,8	43	36	50	43,0±4,0
Арго	19	15	24	19,3±2,6	47	46	57	50,0±3,5	40	39	48	42,3±2,8
Легенда	28	18	28	24,7±3,3	50	50	61	53,7±3,7	45	43	45	44,3±0,6
Люкс	19	15	31	21,7±4,8	45	50	61	52,0±4,7	37	39	48	41,3±3,4
Мишка	19	12	16	15,7±2,0	42	43	50	45,0±2,5*	35	39	45	39,7±2,9
Терра	19	15	31	21,7±4,8	50	55	59	54,7±2,6	42	43	50	45,0±2,5
15-27-1	19	15	31	21,7±4,8	50	55	63	56,0±3,7	42	43	48	44,3±1,9
НСР <sub>05</sub>				6,0				5,7				4,6
Зырянец, st	19	15	34	22,6±5,8	47	46	61	51,3±4,8	37	39	55	43,7±5,9
Аляска	20	18	28	22,0±3,0	50	46	55	50,3±2,6	42	45	45	44,0±1,0
Шах	19	15	28	20,7±3,8	45	46	57	49,3±3,8	40	36	43	39,7±2,0
14-27-6	19	15	24	19,3±2,6	50	43	50	47,7±2,3	33	36	41	36,7±2,3
16-10-53	19	15	28	20,7±3,8	45	50	59	51,3±4,0	33	45	45	41,0±4,0
17-33-2	19	15	24	19,3±2,6	47	43	55	48,3±3,5	37	36	36	36,3±0,3
17-47-3	19	15	28	20,7±3,8	50	50	59	53,0±3,0	42	39	43	41,3±1,2
НСР <sub>05</sub>				3,6				5,1				7,6

\*Разности между средними, которые больше НСР (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.).

Число полных всходов группы среднеспелых отмечены на 15-18 день от всходов в 2022 г. и на 28-34 день – в 2023 г. Полные всходы отмечены у всех испытуемых раньше стандарта с. Зырянец. Число дней полных всходов мало отличалось у с. Аляска и с/о 16-10-53 (соответственно на 0,4 и 0,9 дней при  $НСР_{05}=3,6$ ) и незначительно – у с. Шах и с/о 17-47-3 (на 1,9 дня), сортообразцов 14-27-6 и 17-33-2 (на 2,7 дня) относительно стандарта с. Зырянец. Среднее число дней полного цветения (75 %) зафиксировано на 48-56 день от посадки. У с. Мишка зафиксирована бутонизация незначительно раньше (на 3 дня при  $НСР_{05}=4,6$ ) и

значительно раньше началось цветение – на 8 дней при  $НСР_{05}=5,1$  от стандарта, по фенологическим наблюдениям на уровне стандарта сроки цветения с. Аляска и с/о 16-10-53. Сортообразцы 14-27-6 и 17-33-2 на 2-2,7 дня раньше вступили в фазу полных всходов ( $НСР_{05}=3,6$ ) и цветения ( $НСР_{05}=5,1$ ), что не имеет существенных отличий.

В резко контрастировавших погодных условиях за три года хорошей приспособляемостью к внешним факторам и пластичностью по учету фенологического наблюдения выделяются ранние с. Мишка и с/о 15-27-1, среднеспелые с. Аляска, сортообразцы 14-27-6 и 17-33-2.

Проведенные на 65-й день после посадки биометрические исследования (табл. 2) показали, что сорта Терра, Люкс и Крепыш в среднем за три года наблюдения закладывали наименьшее количество стеблей – по 2-3,6 штуки, при этом масса ботвы среди изучаемых сортов была максимальной. На фоне теплого и влажного лета 2021 г. масса ботвы была в 4-5 раз больше, чем прохладного и неравномерного по осадкам 2023 г. Высота растений сортов Крепыш и Люкс изменилась незначительно (на 0,08 и 0,07 м (НСР<sub>05</sub>=0,1)), у с. Терра значительно уменьшилась высота растений в неблагоприятный 2023 г. – на 0,16 м; с. Люкс в 2023 г. характеризовался наименьшим весом ботвы на 65-й день от посадки среди испытываемых раннеспелых сортов – отклонение от стандарта составило 0,231 кг при НСР<sub>05</sub>=0,152, сорт характеризовался малым числом побегов – 2,8 шт. в среднем за три года. Наибольшее среднее количество стеблей за три года (2,8-6 шт.) заложил с. Мишка, при этом высота растений отличалась

в разные годы на 0,16 м, а масса ботвы – в три раза. Значительно повлияли метеоусловия на с/о 15-27-1, что проявилось в снижении высоты растений от 0,73 м в 2021 году до 0,50 м в 2023 году, количество стеблей соответственно уменьшилось с 4 до 2 шт., вес ботвы – от 0,532 кг до 0,119 кг. У сортов Аляска и Зырянец (стандарт) и сортообразцов 14-27-6, 17-33-2 наблюдается прямая зависимость между количеством выпадаемых осадков и формированием ботвы, у этих образцов количество закладываемых стеблей и масса ботвы уменьшилась почти в два раза. При повышении уровня температуры воздуха и снижении осадков у сортов Аляска и Зырянец высота надземной части растений значительно уменьшалась – соответственно на 0,34 м и 0,35 м при НСР<sub>05</sub>=0,152; у с. Шах и сортообразцов 16-10-53 и 17-47-3 при наступлении засухи надземная масса уменьшалась почти в два раза, однако отмечена стабильность в количестве закладываемых стеблей и их высоте.

Таблица 2

Результаты биометрических наблюдений за сортами и сортообразцами картофеля на 65 день от посадки за 2021-2023 гг.

Сорт, с/о	Высота растений, м				Число основных стеблей, шт.				Масса ботвы, кг			
	2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
Крепыш, st	0,68	0,56	0,59	0,60	3,6	2,5	2,8	2,9	0,851	0,459	0,149	0,486
Арго	0,68	0,53	0,52	0,58	4	3,8	2,0	3,3	0,448	0,196	0,225	0,289
Легенда	0,58	0,65	0,52	0,58	4,7	3,8	3,0	3,8	0,475	0,369	0,130	0,325
Люкс	0,67	0,60	0,53	0,60	3,3	2,3	2,8	2,8	0,470	0,200	0,096	0,255
Мишка	0,67	0,65	0,51	0,61	6	5,3	2,8	4,7	0,619	0,290	0,205	0,371
Терра	0,72	0,52	0,43	0,55	2	1,8	2,0	1,9	0,630	0,250	0,183	0,354
15-27-1	0,73	0,58	0,50	0,60	4	2,3	2,0	2,8	0,532	0,206	0,119	0,286
НСР <sub>05</sub>				0,10				1,22				0,152
Зырянец, st	0,87	0,62	0,52	0,67	5	4,5	2,5	4	0,530	0,319	0,208	0,352
Аляска	0,87	0,57	0,53	0,65	5	2,0	3,0	3,3	0,570	0,351	0,179	0,367
Шах	0,70	0,59	0,59	0,62	5	5,3	3,3	4,5	0,613	0,324	0,160	0,366
14-27-6	0,72	0,58	0,59	0,63	7,6	2,3	3,0	4,3	0,548	0,191	0,174	0,304
16-10-53	0,65	0,55	0,61	0,60	4	4,5	2,0	3,5	0,492	0,257	0,174	0,308
17-33-2	0,62	0,60	0,71	0,64	6,3	2,3	2,8	3,8	0,512	0,241	0,208	0,320
17-47-3	0,72	0,65	0,56	0,64	4,6	5,3	3,5	4,7	0,546	0,335	0,151	0,344
НСР <sub>05</sub>				0,15				2,28				0,07

Почвенно-климатические условия

республики оказали значительное влияние на структуру урожая, что повлияло на урожайность и товарность клубней. В 2021 году при достаточном количестве осадков и высокой сумме среднесуточных температур у большинства сортов и сортообразцов образовалось в 1,5-2 раза больше клубней (от 9,3 клубня у с. Терра до 20 клубней у с. Легенда, в среднем 13,9 клубня), чем в 2022 году – сухом, жарком, холодном и влажном 2023 г. (в среднем по 8,6 клубня).

Для РК оптимальным является формирование 6-10 штук товарных клубней на куст [5]. Несмотря на почвенно-климатические условия РК за три года с. Зырянец стабильно формировал 6-9 штук товарных клубней, на 1-2 товарных клубня больше сформировали с. Легенда и сортообразцы 17-33-2 и 17-47-3; с. Мишка и с. Шах образовали клубни в пределах 6-7-и клубней, что на уровне стандарта.

Сбор урожая изучаемых сортов и сортообразцов картофеля в среднем за 2021-2023 гг. производился на 80-й день от посадки (по техническим причинам). По показателям веса клубней под кустом (кг), урожайности (т/га) (табл.3) и товарности (%) все образцы раннеспелой группы превосходили стандарт; по товарности незначительно уступали сортам Арго и Легенда. Сорта Люкс и Терра значительно реагировали на метеоусловия, так в теплый и влажный 2021 год показали урожайность 39,2 т/га и 43,2 т/га с товарностью 96 % и 93 %, а в холодный и сухой 2023 год почти в 1,5-2 раза уменьшили урожайность (на 15,8 т/га и 16 т/га) с товарностью 82 % и 83 % соответственно; с. Терра выделился значительно и превосходил стандарт по урожайности и незначительно – по товарности: вес клубней больше стандарта на 0,19 кг при НСР<sub>05</sub>=0,169, урожайность – на 10,1 т/га при НСР<sub>05</sub>=8,23, товарность – на 2% при НСР<sub>05</sub>=5,7.

Таблица 3

Урожайность сортов и сортообразцов картофеля (за 2021-2023 гг.)

Сорт, с/о	Масса клубней под кустом, кг				Урожайность, т/га			
	2021	2022	2023	среднее	2021	2022	2023	среднее
Крепыш, st	0,46	0,62	0,27	0,45±0,10	21,8	30,6	13,0	21,8±5,08
Арго	0,81	0,70	0,33	0,61±0,15	38,8	34,5	15,8	29,7±7,06
Легенда	0,58	0,66	0,34	0,53±0,1	27,8	32,2	16,3	25,4±4,74
Люкс	0,82	0,59	0,17	0,53±0,19	39,2	28,8	8,0	25,4±9,16
Мишка	0,70	0,65	0,22	0,52±0,15	33,2	32,2	10,3	25,2±7,47
Терра	0,90	0,69	0,34	0,64±0,16*	43,2	34,1	16,0	31,1±7,99*
15-27-1	0,75	0,55	0,22	0,50±0,15	35,8	26,9	10,6	24,4±7,38
НСР <sub>05</sub>				0,169				8,23
Зырянец, st	0,98	0,73	0,22	0,64±0,22	59,9*	36,1	10,8	26,5±5,78
Аляска	0,77	0,53	0,35	0,55±0,12	36,7	26,1	16,7	29,7±7,88
Шах	0,82	0,73	0,30	0,62±0,16	39,0	36,0	14,0	26,6±6,64
14-27-6	0,66	0,74	0,28	0,56±0,14	31,3	35,0	13,5	19,9±4,82
16-10-53	0,54	0,48	0,22	0,41±0,1*	25,7	23,6	10,3	29,9±7,73
17-33-2	0,94	0,53	0,40	0,62±0,16	44,8	26,2	18,8	31,9±6,17
17-47-3	0,86	0,71	0,42	0,66±0,13	40,8	35,0	20,1	27,4±2,45
НСР <sub>05</sub>				0,189				7,76

\*Разности между средними, которые больше НСР (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.)

В контрастных климатических условиях РК сорта Арго, Легенда и Терра показали большую пластичность и приспособляемость относительно стандарта с. Крепыш. На фоне

неблагоприятного лета 2023 года максимальная товарность отмечена у сортообразца 15-27-1 (87 %), что значительно ниже стандарта (82 %) при НСР<sub>05</sub>=5,7. За три

года по показателям урожайности два сорта Аляска и Шах и сортообразец 17-33-2 проявили себя на уровне стандарта с. Зырянец; с/о 17-47-3 выделился незначительно, превышая показатели стандарта (табл. 2) по массе клубней (на 0,02 кг НСР<sub>05</sub>=0,189) и урожайности (на 1,1 т/га НСР<sub>05</sub> =7,76), незначительно уступая товарности (на 4,9 % НСР<sub>05</sub>=7,8) относительно стандарта Зырянец; с. Аляска и с/о 16-10-53 показали одинаковую урожайность по 29,9 т/га и товарность 89 %; с/о 14-27-6 сформировал наименьшую среднюю урожайность – 13,5-31,3 т/га на фоне стандарта с. Зырянец – 10,8-59,9 т/га; с/о 16-10-53 за три года сформировал массу клубней значительно ниже стандарта – 0,22-0,54 кг. У с/о 17-33-2 отмечена максимальная товарность в группе среднеспелых в среднем за три года – 93 % и в неблагоприятный 2023 год – 92 % (средняя по 2023 году 83 %).

Практически у всех изучаемых сортов и сортообразцов во время вегетации визуально определялись поражения на надземной и подземной частях растений. Выявлена небольшая зараженность фитопатогенами, несмотря на встречаемость поражений на листьях и на клубнях среди изучаемых образцов. Однако следует отметить достаточно высокую устойчивость большинства сортов к выявленным патогенам.

По результатам визуального учета болезней на растениях на 65-й день от посадки среди изучаемых сортов и сортообразцов значительное поражение фитофторозом (*Phytophthora infestans*) и альтернариозом (*Alternaria solani*) наблюдалось у сорта Мишка – 2 балла; у сортообразца 15-27-1 – фитофтороз 2 балла, альтернариоз – 1 балл. Устойчивым к фитофторозу (*Phytophthora infestans*) и альтернариозу (*Alternaria solani*) оказался сорт Арго. Высокое поражение фитофторозом (*Phytophthora infestans*) и альтернариозом (*Alternaria solani*) наблюдалось у с. Шах – 2 балла. Поражение фитофторозом (*Phytophthora infestans*) (2 балла) отмечено у сортообразцов 14-27-6, 16-10-53, 17-33-2, 17-47-3. По результатам учета болезней в послеуборочных пробах в холодном 2023 г. у ранних сортов Мишка и Люкс были выявлены сухая и мокрая гниль, у сортов Легенда и Арго мокрая гниль; на клубнях сортов Крепыш (стандарт), Терра и с/о 15-27-1 отсутствовали признаки поражения

болезнями. Высокое поражение мокрой гилью наблюдалось у с. Аляска, сортообразцов 16-10-53, 17-33-2. Сухая гниль отмечена у с. Шах и сортообразцов 14-27-6, 17-47-3. В жарком и сухом 2022 г. практически на всех изучаемых сортах и сортообразцах (исключение Крепыш, Легенда и 16-10-53) обнаружены бородавки парши обыкновенной (*Streptomyces scabies*).

По результатам определения биохимического состава клубней среднее за 2021-2023 гг. содержание нитратов у всех образцов не превышает нормативные (ПДК – 250 мг/кг) – от 28,7 мг/г до 141 мг/г., сухого вещества – 17,7 % до 24,1 %, витамина С – от 15,9 % до 22,6 % и крахмала – от 12,1 % до 16,2 %. В целом, исследуя сорта и сортообразцы картофеля селекции Уральского НИИСХ в почвенно-климатических условиях РК, показатели урожайности, содержания крахмала и товарности находятся в рамках оценки оригинатора [3]. Снизилось относительно показателей оригинатора товарность у с. Аляска – на 10 % и содержание крахмала – на 2% у с. Шах. У с. Арго на 6 т/га повысилась урожайность, у сорта Люкс на 1-2 % выше содержание крахмала в клубнях, на 5-6 % выше товарность.

**Выводы.** По результатам исследований 14 сортов и сортообразцов раннеспелой и среднеспелой групп спелости селекции Уральского НИИСХ в почвенно-климатических условиях РК (г. Сыктывкар) в 2021-2023 гг. выявлено следующее: 1. Выделились сорта с оптимальным количеством товарных клубней для Республики Коми – 6-10 штук: сорт Легенда и сортообразцы 17-33-2, 17-47-3 – по 7-11 штук, сорта Мишка и Шах – по 6-8 штук на куст; 2. Обладают низкой устойчивостью к фитопатогенам и показали высокую поражаемость заболеваниями с. Мишка и сортообразцы 15-27-1, 14-27-6, 16-10-53 и 17-33-2; 3. По показателям урожайности и товарности незначительно выделились сорта ранней группы спелости: Легенда и Арго; среднеспелой – сорта Аляска и Шах, с/о 17-47-3, существенные различия имеются только между сортами Крепыш (ст.) и Терра.

*Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме «Определение адаптивного потенциала оригинальных сортов и гибридов растений, устойчивости и повышения плодородия почв в системе сельскохозяйственного*

## Список источников

1. Вавилов, Н. И. Ботанико-географические основы селекции. М.: Сельхозгиз, 1935. 60 с.
2. Система ведения сельского хозяйства Коми АССР. Система интенсивного ведения земледелия. Коллектив авторов. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1983. 225 с.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
4. Караваева Н.П. Картофелеводство в Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1984. 96 с.
5. Тулинов А.Г., Лобанов А.Ю., Шлык М.Ю., Косолапова Т.В. Сорта картофеля, адаптированные к условиям Севера // Картофель и овощи. 2019; (8):27-28
6. Bolsheshapova N. I., Burlov S. P., Boyarkin E. V., Ryabinina O. V., Abramova I. N. Promising early potato varieties for the conditions of the Baikal region // Research on Crops. 2021;22(spl):26-30. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.007>
7. Konstantinova S., Fadeev A. Evaluation of potato varieties as a source material for selection. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;548(7):072001. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072001>
8. Ozturk G., Yildirim Z. New potato breeding clones for regional testing in western Turkey // Turkish Journal of Field Crops. 2020;25(2):131-137. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.831907>
9. Keutgen A. J., Wszelaczyńska E., Pobereźny J., Przewodowska A., Przewodowski W., Milczarek D., Tatarowska B., Flis B., Keutgen N. Antioxidant properties of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) as a consequence of genetic potential and growing conditions // PLoS ONE. 2019;14(9):e0222976. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222976>
10. Симаков Е. А., Анисимов Б. В. Приоритеты развития селекции и семеноводства картофеля // Картофель и овощи. 2006. № 8. С. 4-5.
11. Анненков Б. Г., Глаз Н. В. Советы картофелеводам // Картофель и овощи. 2005. № 3. С. 13-14.
12. Старовойтов, В. И. Технология производства картофеля с учетом глобального изменения климата // Перспективы инновационного развития картофелеводства. 2009. С. 27-29.
13. Шанина, Е. П. Оценка исходного материала картофеля в условиях Среднего Урала // Картофелеводство: сб. науч. тр. РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». Минск. 2010. Т. 17. С. 182-188.

**THE RESULTS OF THE ENVIRONMENTAL TESTING OF EARLY AND MEDIUM-EARLY POTATO VARIETIES OF THE URAL RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES IN THE KOMI REPUBLIC**

©2024. Antonina M. Turlakova<sup>1</sup>, Sergey A. Bykov<sup>2</sup>, Alexandra N. Pozhiritskaya<sup>3</sup>, Vladimir G. Zainullin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Institute of Agrobiotechnologies named after A.V. Zhuravsky, Federal Research Center KSC Ural Branch RAS<sup>2</sup>., Syktывkar, Russia

<sup>1</sup>[turlakova100krapt@mail.ru](mailto:turlakova100krapt@mail.ru)

**Abstract.** The article considers the results of three-year testing of potato varieties of selection of the Ural NIISS in the conditions of the Komi Republic. When assessing the quality of varieties and variety samples based on the results of the environmental test, the Terra variety stood out according to the indicators of yield and marketability in the early ripening group. Optimal varieties for the Komi Republic in terms of the number of tubers per bush were identified in the varieties Legend, Mishka and Shakh. In the sharply contrasting meteorological conditions of 2021-2023 the early Mishka variety and the variety sample 15-27-1, the medium-ripening Alaska variety and variety samples 14-27-6 and 17-33-2 were distinguished by good adaptability to external factors and plasticity in terms of phenological observations. Based on the results of disease registration in post-harvest samples, dry and wet rot was detected in the early varieties Mishka and Lux, wet rot in the varieties Legenda and Argo; on the tubers of Terra varieties and variety sample 15-27-1 there were no signs of disease damage. A high incidence of wet rot was observed in the Alaska variety and variety samples 16-10-53, 17-33-2. Dry rot was noted in the Shakh variety and variety samples 14-27-6, 17-47-3. According to the results of the biochemical composition of potato tubers in 2021-2023 the average content of nitrates in all samples does not exceed the standard (MAC -250 mg/kg) - from 28.7 mg/g to 141 mg/g, dry matter - from 17.7% to 24.1%, vitamin C - from 15.9% to 22.6% and starch - from 12.1% to 16.2%. In the samples of potatoes of selection of the Ural NIISKh in the soil and climatic conditions of the Komi Republic, potato productivity, starch content and marketability are within the framework of the assessment of the originator.

**Key words:** potatoes, varieties, harvest, environmental plasticity, cultivation success

#### References

1. Vavilov N. I. Botaniko-geograficheskie osnovy selekcii (Botanical and geographical basis of selection), M., Sel'khozgiz, 1935, 60 p.
2. Sistema vedenija sel'skogo khozjajstva Komi ASSR. Sistema intensivnogo vedenija zemledelija (Agricultural system of the Komi ASSR. Intensive farming system), Kollektiv avtorov, Syktyvkar, Komi knizhnoe izdatel'stvo, 1983, 225 p.
3. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushhennyh k ispol'zovaniju. T.1. «Sorta rastenij» (oficial'noe izdanie) (State register of selection achievements approved for use. Vol. 1. "Plant varieties"), M., FGBNU «Rosinformagroteh», 2021. 719 p.
4. Karavaeva N.P. Kartofelevodstvo v Komi, Komi knizhnoe izdatel'stvo, 1984, 96 p.
5. Tulinov A.G., Lobanov A.Yu., Shlyk M.Yu., Kosolapova T.V. Sorta kartofelja, adaptirovannye k usloviyam Severa (Potato varieties adapted to northern conditions), Kartofel' i ovoshhi, 2019, (8):27-28.
6. Bolsheshapova N. I., Burlov S. P., Boyarkin E. V., Ryabinina O. V., Abramova I. N. Promising early potato varieties for the conditions of the Baikal region. Research on Crops. 2021; 22(spl):26-30. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.007>
7. Konstantinova S., Fadeev A. Evaluation of potato varieties as a source material for selection. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;548(7):072001. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072001>
8. Ozturk G., Yildirim Z. New potato breeding clones for regional testing in western Turkey. Turkish Journal of Field Crops. 2020;25(2):131-137. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.831907>
9. Keutgen A. J., Wszelaczyńska E., Pobereźny J., Przewodowska A., Przewodowski W., Milczarek D., Tatarowska B., Flis B., Keutgen N. Antioxidant properties of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) as a consequence of genetic potential and growing conditions. PLoS ONE. 2019;14(9):e0222976. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222976>.
10. Simakov E. A. Prioritety razvitiya selekcii i semenovodstva kartofelya (Priorities for the development of potato breeding and seed production ), Kartofel' i ovoshhi, 2006, No. 8, pp. 4-5.
11. Annenkov B. G. Sovety kartofeledodam (Tips for potato growers), Kartofel' i ovoshhi, 2005, No. 3, pp. 13-14.
12. Starovoytov V. I. Tekhnologiya proizvodstva kartofelya s uchetom global'nogo izmeneniya klimata (Potato production technology taking into account global climate change), Perspektivy innovacionnogo razvitiya kartofeledodstva, 2009, pp. 27-29.
13. Shanina E.P. Otsenka iskhodnogo materiala kartofelya v usloviyakh Srednego Urala (Evaluation of potato source material in the conditions of the Middle Urals), Kartofelevodstvo: sb. nauch. tr. RUP "Nauch.-prakt. centr NAN Belarusi po kartofeledodstvu i plodoovoshhevodstvu", Minsk, 2010, Vol. 17, pp. 182-188.

#### Сведения об авторах

**А.М. Турлакова**<sup>1</sup> - младший научный сотрудник;

**С.А. Быков**<sup>2</sup> - младший научный сотрудник;

**А.Н. Пожирицкая**<sup>3</sup> - инженер-исследователь;

**В.Г. Зайнуллин**<sup>4</sup> - доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник.

<sup>1,2,3,4</sup>Институт агробиотехнологий им.А.В.Журавского ФИЦ КНЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

[turlakova100krapt@mail.ru](mailto:turlakova100krapt@mail.ru)

[bsa@alteco.tech](mailto:bsa@alteco.tech)

[alexa-rgz@yandex.ru](mailto:alexa-rgz@yandex.ru)

[zainullin.v.g@yandex.ru](mailto:zainullin.v.g@yandex.ru)

#### Information about the authors

**A.M. Turlakova**<sup>1</sup> - Junior Researcher;

**S.A. Bykov**<sup>2</sup> - Junior Researcher;

**A.N. Pozhiritskaya**<sup>3</sup> - Research Engineer;

**V.G. Zainullin**<sup>4</sup> – Dr. Biol. Sci., Professor, Leading Researcher.

<sup>1,2,3,4</sup>Institute of Agrobiotechnologies named after A.V. Zhuravsky, Federal Research Center KSC Ural Branch of RAS, Syktyvkar, Russia

[turlakova100krapt@mail.ru](mailto:turlakova100krapt@mail.ru)

[bsa@alteco.tech](mailto:bsa@alteco.tech)

[alexa-rgz@yandex.ru](mailto:alexa-rgz@yandex.ru)

[zainullin.v.g@yandex.ru](mailto:zainullin.v.g@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 16.02.2024; одобрена после рецензирования 21.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 16.02.2024; approved after reviewing 21.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

Научная статья

УДК 74.3:576.89:639.111.6

doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_110

## ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАЗИТАРНЫХ СИСТЕМ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ ЮГА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

©2024. Евгений Владимирович Кирильцов

НИИВ Восточной Сибири - филиал СФНЦА РАН, Чита, Россия

kirltsov.e.v@mail.ru

**Аннотация.** В работе приведены данные проведенных популяционных исследований на территории ареала обитания диких животных, расположенном в приграничном с Монголией Акшинском районе Забайкальского края. Описаны три наиболее социально значимые и эпизоотически опасные паразитарные системы: эхинококкоз, цистицеркоз и трихинеллез. Популяции эхинококкоза и цистицеркоза поддерживаются микропопуляциями половозрелых паразитов и их личиночными стадиями. На изученной территории имеется достаточное количество дефинитивных и промежуточных хозяев для поддержания популяций паразитов. В поддержании микропопуляций *Echinococcus granulosus larva* и *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis* и *Taenia hydatigena* ведущую роль играют косуля сибирская и волк. У косули сибирской при эхинококкозе экстенсивность инвазии (ЭИ) составила 85,1 % и индекс обилия (ИО) – 38,4 %; при цистицеркозе ЭИ – 94,5 и ИО – 42,1 %, у волка при эхинококкозе – ЭИ составила 86,0 % и ИО – 67,0 %, при цистицеркозе ЭИ – 72,1 и ИО – 62,0 %. По оптимуму насыщения обе популяции оцениваются как частые, что может свидетельствовать о большей роли данного промежуточного хозяина в распространении и поддержании популяции паразита на территории изучаемого ареала. Популяция *Trichinella nativa* выявлена только у бурого медведя, по оптимуму насыщения оценивается как редкая, ЭИ составляла 21,4 %, ИО – 11,5 %. Отмечен очень высокий гостофенот популяции – 441 тыс. личинок, при распространении которых могло заразиться большое количество восприимчивых животных с высокой инвазирующей дозой, а также человек.

**Ключевые слова:** паразитарные системы, дикие животные, эхинококкоз, цистицеркоз, трихинеллез, Забайкальский край

**Введение.** Паразитарная система – это микроэкосистема, компоненты которой связаны между собой трофическими и иными биологическими связями, которая обладает способностью к самовоспроизведению и саморегуляции численности партнеров и которая имеет пространственно-временные границы [1]. Между особью и видом существует определенный уровень интеграции, обозначаемый термином популяция. Его используют для обозначения локальной популяции, сообщества способных к скрещиванию особей, обитающих в определенной местности. Вид во времени и в пространстве состоит из множества локальных популяций, каждая из которых

взаимосвязана и интегрирует с другими [2-7]. Популяционная структура вида присуща и паразитическим организмам.

При изучении популяции паразитических организмов различают микропопуляции – совокупность особей паразита одного какого-либо вида, населяющего организм одной особи хозяина, способная к самовоспроизведению. Все микропопуляции, населяющие всех особей одного или нескольких видов хозяев в данном биоценозе, образуют популяцию данного вида паразита. Гетеротопные паразиты, развивающиеся со сменой среды обитания, образуют не микропопуляции, а гемипопуляции (полупопуляции), состоящие

или из взрослых особей, или только из личиночных форм. Под локальной популяцией вида паразитов следует понимать совокупность особей, находящихся как в организме всех категорий его хозяев (дефинитивного, промежуточного, дополнительного, резервуарного) из соответствующих дефов, так и во внешней среде в пределах последних [8-13].

Изучая внутривидовые сообщества популяций видов паразитических организмов, уделяют внимание таким показателям, как "органофенот популяции" и "гостофенот популяции". Органофенот популяции подчеркивает фенотипическое приспособление индивидуального генотипа паразитов к воздействию среды (органа). Для личиночных стадий паразитов предложен термин "ларвофенот популяции". Сумма органофенотов (ларвофенотов) от всех особей в пределах данного биоценоза составляет популяцию. Гостофенот популяции рассчитывается при изучении паразитов, паразитирующих у разных видов хозяев в рамках одного и того же биоценоза [14].

По мнению В.Н. Беклемишева (1961) [15], при изучении популяционной биологии паразитов необходимо изучать "индекс обилия", поскольку этот показатель учитывает незараженных хозяев в границах локальных популяций. Популяции различных видов паразитов имеют различный "оптимум насыщения" как характерный признак того или иного вида. При оценке оптимума насыщения популяции следует учитывать местонахождение изучаемой локальной популяции в пределах ареала вида.

Вопрос о прекращении жизнедеятельности вида паразита на обширной территории его ареала может быть поставлен лишь как стратегическая задача, практическое же осуществление её сводится к последовательному истреблению отдельных его локальных популяций. Отсюда вытекает важность проведения исследований отдельных популяций паразитов, в том числе многолетнего хода их численности с целью выбора момента активного воздействия.

Кроме того, в ряде паразитологических исследований результаты представлены только абсолютным количеством наблюдаемых случаев и их долей в 100 % наблюдений [16, 17]. Полноценное использование метода индексов, статистического и математического аппарата

позволит не только обогатить полученные результаты исследования, сделать их более релевантными, но и обеспечить сопоставимость результатов разных авторов [18].

Целью исследований являлось изучение некоторых вопросов формирования популяций паразитов диких животных на территории Забайкальского края, способствующих борьбе и профилактике с этими заболеваниями среди животных и человека.

**Методика.** Материалом для исследования служили трупы, внутренние органы, каловые массы от диких и домашних животных. При проведении эпизоотологического мониторинга использовались результаты собственных наблюдений. За период 2021-2023 гг. проведено исследование 459 проб патологического материала от диких животных и птиц, из них: от лося – 11, оленя благородного – 91, косули сибирской – 65, кабарги – 2, дикой свиньи – 114, дзерена – 81, медведя – 9, волка – 22, манула – 3, соболя – 1, колонка – 2, норки – 1, зайца – 50.

Животные подвергались наружному осмотру для выявления прижизненных патологических процессов, полному гельминтологическому вскрытию трупов. Патологический материал исследовался овоскопическими, ларвоскопическими и компрессорными методами.

Популяционные исследования. Органофенот популяции рассчитывают по количеству взрослых паразитов данного вида, которые развиваются одновременно в отдельном органе одного экземпляра хозяина. Гостофенот популяции определяют по сумме особей паразитов данной популяции, локализующихся в организме различных видов дефинитивных хозяев. Индекс обилия вычисляют по среднему числу особей паразита на одну особь восприимчивого хозяина в пределах изучаемого ареала. Оптимум насыщения – оценка встречаемости популяции различных видов паразитов в пределах ареала вида. Учитывают редкую, среднюю и частую встречаемость определенного вида паразита.

Микроскопирование и фотографирование микропрепаратов проводили с помощью микроскопа Carl ZEISS AXIO Imager M2. Камеральные исследования проводили на базе лаборатории института.

**Результаты.** По результатам проведенных НИР в 2021-2023 гг. на территории Забайкальского края были определены локальные популяции наиболее значимых паразитарных систем у диких и домашних животных. Для расчета популяционных показателей использовали данные паразитологических исследований диких животных территории охотхозяйства НИИВ Восточной Сибири - СФНЦА РАН (ареал изучения) как базового хозяйства для проведения научных исследований. Данные по численности диких животных на изучаемой территории взяты с отчета по зимнему маршрутному учету (ЗМУ) 2023 года.

Данные проведенных НИР прошлых лет свидетельствуют о том, что наиболее значимыми паразитарными системами на территории Забайкальского края являются многолетние, поддерживающиеся синантропные, природные и смешанные очаги эхинококкоза, цистицеркоза и трихинеллеза.

Наиболее широко распространена локальная популяция эхинококкоза, которая охватывает всю территорию края, представляя собой субпопуляцию. Она поддерживается микропопуляцией *Echinococcus granulosus larva* паразитирующей у лося, благородного оленя, косули сибирской и дзерена. И микропопуляцией *Echinococcus granulosus* паразитирующих у волка, лисицы и собак. Показатели данной популяции приведены на рисунке 1.

Экстенсивность инвазии *Echinococcus granulosus larva* составила: у лося – 58,3, благородного оленя – 81,3 и косули сибирской – 85,1 процента. Индекс обилия популяции личиночной стадии составил: у лося – 4,5, оленя благородного – 14,6 и у косули сибирской – 38,4 процента. По оптимуму насыщения можно оценить встречаемость данной популяции паразита на территории исследуемого ареала: для лося – редкая, оленя благородного – средняя, косули сибирской – частая.

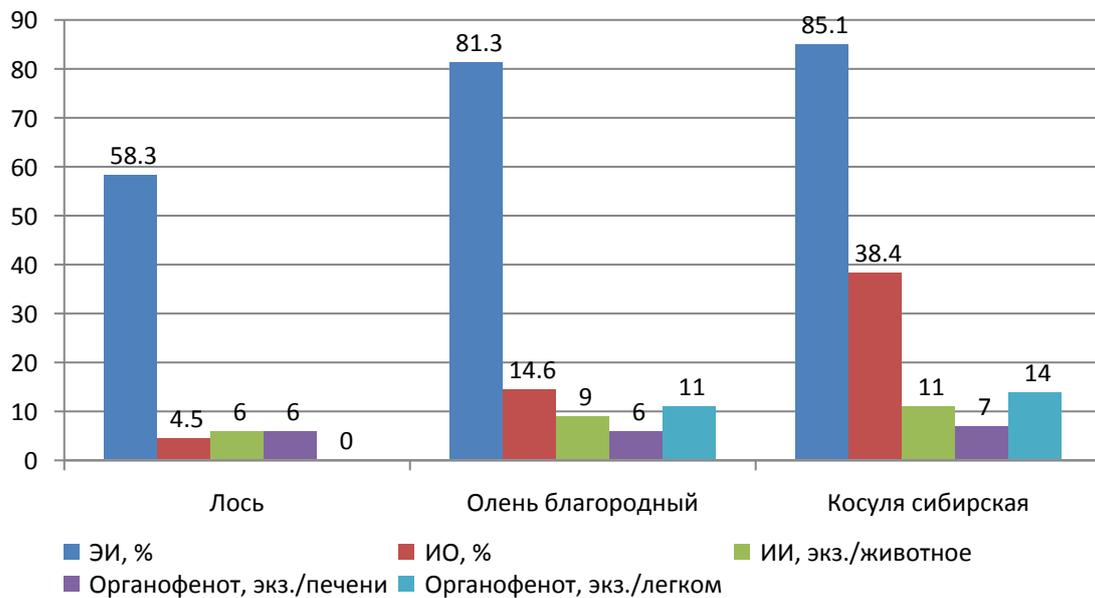


Рис 1. Показатели популяции *Echinococcus granulosus larva* на территории охотхозяйства НИИВ Восточной Сибири - филиал СФНЦА РАН у копытных животных

Fig. 1. Indicators of the population of *Echinococcus granulosus larva* on the territory of the hunting farm of the Scientific Research Institute of Eastern Siberia - branch of the SFSC RAS in ungulates

Интенсивность инвазии популяции *Echinococcus granulosus larva* составляли: у лося – 1-6 экз./животное, благородного оленя – 1-9 экз./животное и косули сибирской – 1-11 экз./животное. Показатель органофенота

популяции *Echinococcus granulosus larva* у лося соответствовал ИИ, так как личинки были обнаружены только в печени. Органофенот данной популяции у оленя благородного и косули сибирской отличался

от показателей ИИ, ввиду обнаружения личинок не только в печени, но и в легких, где их обнаруживали на 20-30 % больше. Так, органофенот популяции личинок у благородного оленя в печени составлял 1-6 экз./животное, в легком 1-11 экз./животное, у косули сибирской 1-7 и 1-14 экз./животное соответственно. Гостофенот этой популяции паразитов составил 663 экземпляра (лось – 25, олень благородный – 260, косуля сибирская –

378 экз.).

Экстенсивность инвазии *Echinococcus granulosus* составила у волка – 86, у лисицы – 50 процентов. Индекс обилия популяции составил у волка – 67, у лисицы – 33 процента (рис. 2). По оптимальму насыщения можно оценить встречаемость данной популяции паразита на территории исследуемого ареала для обоих хищников как частую.

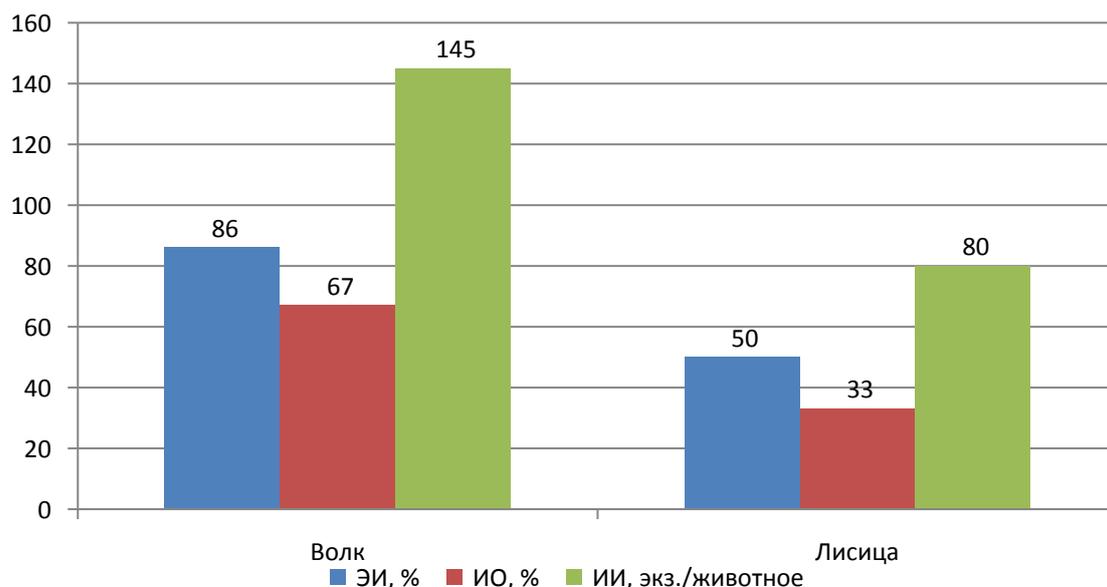


Рис 2. Показатели популяции *Echinococcus granulosus* на территории охотхозяйства НИИВ Восточной Сибири - филиал СФНЦА РАН у хищников

Fig. 2. Indicators of the population of *Echinococcus granulosus* on the territory of the hunting farm of the Scientific Research Institute of Eastern Siberia - branch of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in predators

Интенсивность инвазии или органофеот популяции *Echinococcus granulosus* составили у волка – 64-226 экз./животное, лисицы – 38-123 экз./животное. Гостофенот этой популяции паразитов составил 1852 экземпляра (волк – 1450, лисица – 402 экз.).

Также широко распространена локальная популяция *тонкошейного цистицерка*, которая охватывает всю территорию Забайкальского края, представляя собой субпопуляцию. Она поддерживается микропопуляцией *Cysticercus tenuicollis*, паразитирующей у лося, благородного оленя, косули сибирской, дзерена и домашней овцы

и микропопуляцией *Taenia hydatigena*, паразитирующей у волка, лисицы и рыси.

Экстенсивность инвазии *Cysticercus tenuicollis* составила у лося – 83,3, благородного оленя – 86,8 и косули сибирской – 94,5 процента. Индекс обилия популяции личиночной стадии составил у лося – 6,4, оленя благородного – 22,2 и косули сибирской – 42,1 процента (рис. 3). По оптимальму насыщения можно оценить встречаемость данной популяции паразита на территории исследуемого ареала: для лося – редкая, оленя благородного – средняя, косули сибирской – частая.

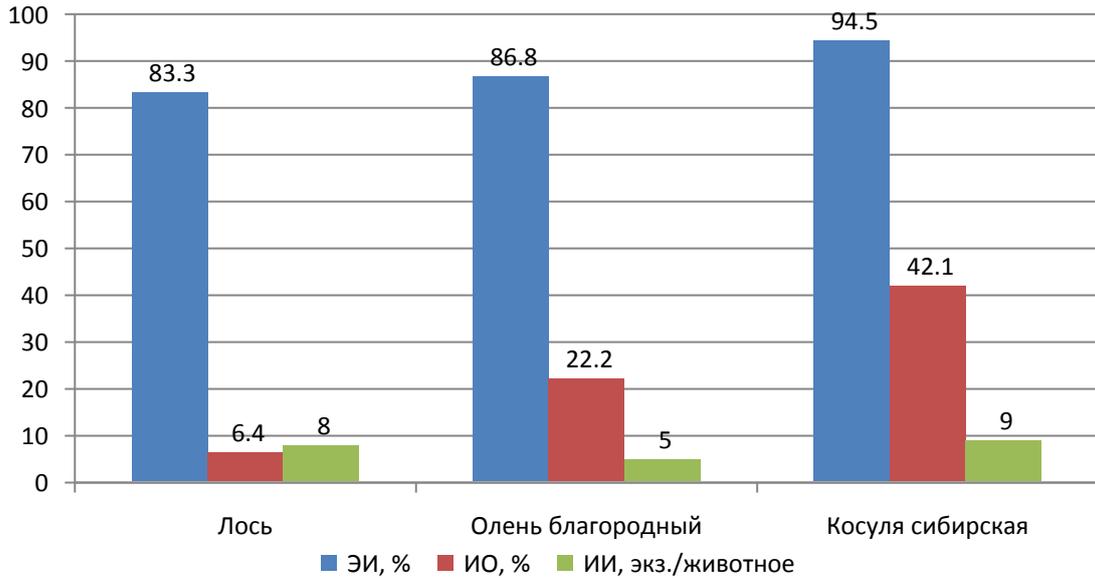


Рис 3. Показатели популяции *Cysticercus tenuicollis* на территории охотхозяйства НИИВ Восточной Сибири - филиал СФНЦА РАН у копытных животных

Fig. 3. Indicators of the population of *Cysticercus tenuicollis* on the territory of the hunting farm of the Scientific Research Institute of Eastern Siberia - branch of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in ungulates

Интенсивность инвазии или органофеот популяции *Cysticercus tenuicollis* составили у лося – 1-14, благородного оленя – 1-8 и косули сибирской – 1-16 экз./животное.

Гостофенот этой популяции паразитов составил 1017 экземпляров (лось – 75, олень благородный – 356, косуля сибирская – 586 экз.).

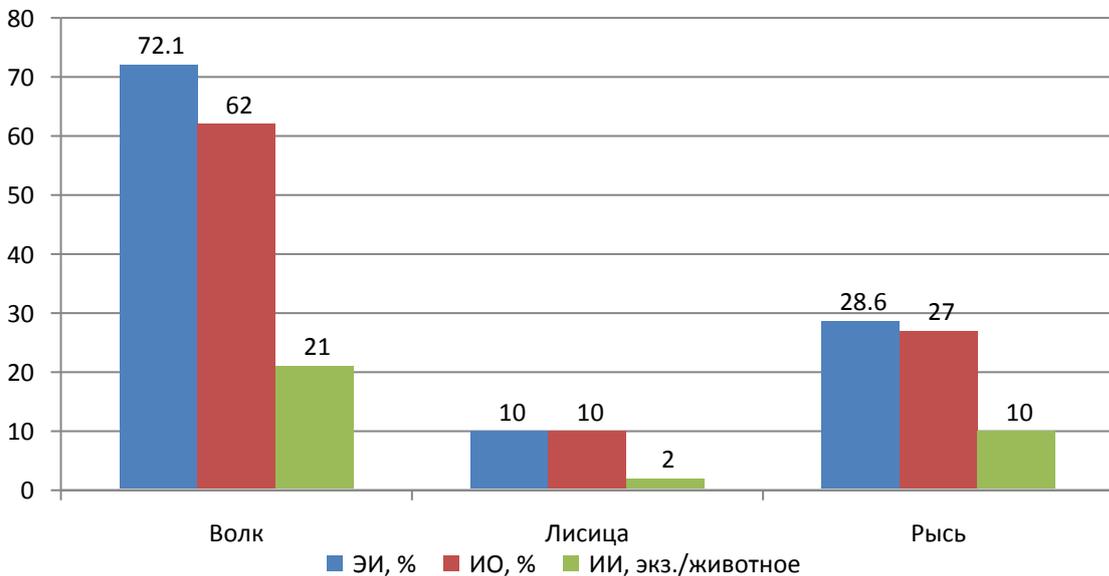


Рис 4. Показатели популяции *Taenia hydatigena* на территории охотхозяйства НИИВ Восточной Сибири - филиал СФНЦА РАН у хищников

Fig. 4. Population indicators of *Taenia hydatigena* on the territory of the hunting farm of the Scientific Research Institute of Eastern Siberia - branch of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in predators

Экстенсивность инвазии *Taenia hydatigena* составила у волка – 72,1, у лисицы – 10,0 и рыси – 28,6 %. Индекс обилия популяции: у волка – 62,0, лисицы – 10,0 и рыси – 27,0 % (рис. 4). По оптимуму насыщения можно оценить встречаемость данной популяции паразита на территории исследуемого ареала: у лисицы – редкая, волка и рыси – частая.

Интенсивность инвазии или органофеот популяции *Taenia hydatigena*: у волка – 2-39, лисицы – 1-3, рыси – 1-19 экз./животное. Гостофенот этой популяции паразитов

составил 289 экземпляров (волк – 205, лисица – 4, рысь – 80 экз.).

На территории Забайкальского края имеются локальные популяции *трихинеллеза*, расположенные в районах с высокой плотностью населения бурого медведя и волка. Она поддерживается популяциями *Trichinella nativa* и *Trichinella spiralis*, паразитирующими у бурого медведя, волка и соболя.

Показатели данной популяции на территории изученного ареала приведены на рисунке 5.

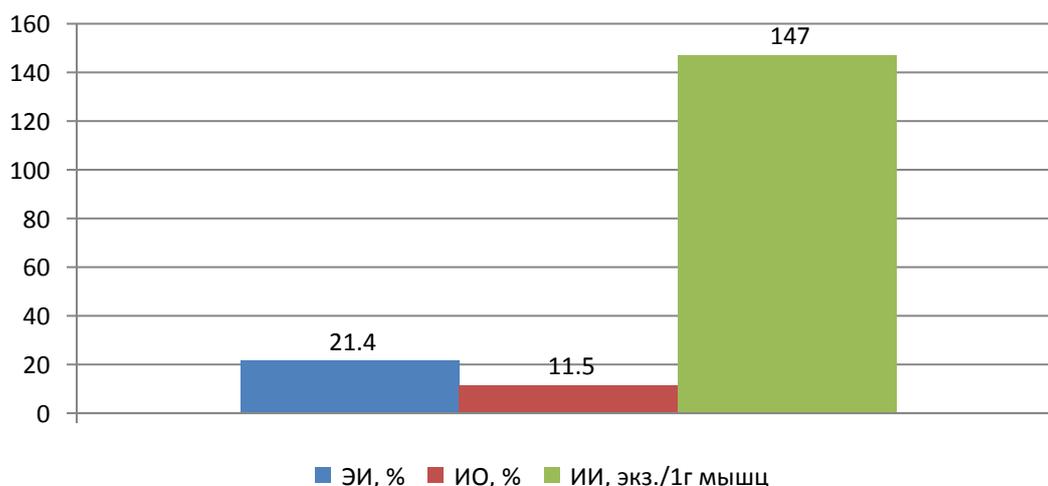


Рис 5. Показатели популяции *Trichinella spiralis* на территории охотхозяйства НИИВ Восточной Сибири - филиал СФНЦА РАН у бурого медведя

Fig. 5. Indicators of the population of *Trichinella spiralis* on the territory of the hunting farm of the Scientific Research Institute of Eastern Siberia - branch of the SFSC RAS in brown bears

Экстенсивность инвазии *Trichinella nativa* на территории изучаемого ареала составила у бурого медведя 21,4 %, индекс обилия популяции 11,5 %. По оптимуму насыщения можно оценить встречаемость данной популяции паразита на территории исследуемого ареала как – редкая.

Интенсивность инвазии или органофеот популяции *Trichinella nativa* у бурого медведя составила 147 экз./1г мышц диафрагмы. Гостофенот популяция у одного выявленного животного составил в мышцах диафрагмы (вес 3000 г) 441 тыс. личинок.

**Выводы.** Проведенные популяционные исследования территории охотничьего хозяйства НИИВ Восточной Сибири - филиала СФНЦА РАН свидетельствуют о наличии субпопуляций трихинеллеза, эхинококкоза и цистицеркоза. Две последние поддерживаются микропопуляциями

половозрелых паразитов и их личиночными стадиями. На изученной территории имеется достаточное количество дифинитивных и промежуточных хозяев для поддержания популяций паразитов. Было отмечено, что при высокой ЭИ некоторых промежуточных хозяев ИО популяции оставался невысоким: так, у лося ЭИ *Echinococcus granulosus larva* составляла 58,3 %, а ИО – всего 4,5 %, у оленя благородного – 81,3 и 14,6 соответственно, по оптимуму насыщения популяция оценивается как редкая, что говорит о низком распространении данной популяции паразита на территории изучаемого ареала. При оценке этой же популяции у косули сибирской ЭИ составила 85,1 %, а ИО – 38,4 %, по оптимуму насыщения популяция оценивается как частая, что может свидетельствовать о большей роли данного промежуточного хозяина в распространении и поддержании

популяции паразита на территории изучаемого ареала. При оценке микропопуляции *Echinococcus granulosus* отмечена ведущая роль в её распространении у дифинитивного хозяина – волка. Так, ЭИ составила 86,0 %, а ИО – 67,0 %, по оптимальному насыщения популяция оценивается как частая.

Схожая картина получена при изучении микропопуляций *Cysticercus tenuicollis* и *Taenia hydatigena*, в поддержании которых ведущую роль играют косуля сибирская и волк.

На территории изучаемого ареала популяция *Trichinella nativa* выявлена только у бурого медведя, по оптимальному насыщения оценивается как редкая, ЭИ составляла

21,4 %, ИО – 11,5 %. Отмечен очень высокий гостифенот популяции – 441 тыс. личинок, при распространении которых могло заразиться большое количество восприимчивых животных с высокой инвазирующей дозой, а также человек.

*Научно-исследовательская работа выполнялась по государственной теме: Изучить особенности проявления иммунных процессов в организме животных и разработать эффективные системы диагностики и контроля рисков возникновения и распространения особо опасных, социально значимых инфекционных и паразитарных болезней животных для обеспечения эпизоотического благополучия (№0533-2021-0018).*

#### Список источников

1. Балашов Ю.С., Беклемишева В.Н. Значение идей о паразитарных системах и жизненных системах видов в развитии паразитологии // *Паразитология*. 1991. Том. 25. № 3. С. 185-195.
2. Майр Э. Популяция, виды и эволюция. М.: Изд. «Мир». 1974. 460с.
3. Балашов Ю.С. Термины и понятия, используемые при изучении популяций и сообществ паразитов // *Русский орнитологический журнал*. 2015. Т.24. № 1095. С. 159-171.
4. Гранович А.И. Паразитарная система как отражение структуры популяции паразитов: концепция и термины // *Труды зоологического института РАН*. 2009. Т.313. №3. С. 329-337.
5. Cole R., Viney M. The population genetics of parasitic nematodes of wild animals // *Parasites & Vectors*. 2018. 11:590. doi.org/10.1186/s13071-018-3137-5
6. Dobson A.P. The Population Biology of Parasitic Helminths in Animals Population // *Applied Mathematical Ecology*. 1989. V.18. pp.145-175.
7. Алиев А.А., Сочнев В.В., Пашкина Ю.В., Пашкин А.В., Морозов Н.В., Скира В.Н., Саушкин В.В., Енгашев С.В., Куликова О.Л., Сисягина Е.П., Филиппов Н.В., Сисягин П.Н. Паразитизм одна из формоотношений живых существ в природе // *Вестник Нижегородской ГСХА*. 2021. №1 (29). С. 47-52.
8. Беклемишев В.Н. Популяции и микропопуляции паразитов и нидиколов // *Зоологический журнал*. 1959. №38 (8). С. 1128-1137.
9. Беклемишев В.Н. Пространственная и функциональная структура популяций // *Бюлл. МОИП, отд. биол.* 1960. №65 (2). С. 41-50.
10. Кеннеди К.Р. Популяционная биология паразитов: современное состояние и перспективы // *Паразитология*. Изд-во «Наука». 1985. №XIX (205). С. 347-356.
11. Ишкулов Д.Г., Ишкулова Т.Г. Опыт эколого-популяционного анализа микрогемипопуляций партенид трематод // *Вестник МГТУ*. 2019. Т.22. №2. С. 288-291. DOI:10.21443/1560-9278-2019-22-2-288-291
12. Беспалова Н.С. Экологические закономерности развития возбудителей телязиоза в условиях агроценозов центрального Черноземья России // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2022. №4 (56). С. 15-19. DOI:12.24412/2074-5036-2022-15-19
13. Miljević M., Čabrilo B., Budinski I., Rajičić M., Bajić B., Bjelić-Čabrilo O., Blagojević J. Host-Parasite Relationship-Nematode Communities in Populations of Small Mammals // *Animals*. 2022. 12(19). 2617. DOI: 10.3390/ani12192617.
14. Macko J.K. Die Bedeutung der Organophanoten und deren Begründung in der Helminthologie // *Biologia*. 1964. №19 (6). 464-471.
15. Беклемишев В.Н. Термины и понятия, необходимые при количественно изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // *Зоологический журнал*. 1961. №40 (2). С. 149-158.
16. Сняжков М.П., Стогначева Г.А., Солейчук Н.Д. Особенности морфобиологической характеристики оксиуридов, симптоматики и диагностики болезни // *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2020. №1 (36). С. 40-44.
17. Теренььева З.Х., Пятчкова Е.П. Разнообразие паразитов животных при послеубойном осмотре // *Известия Оренбургского ГАУ*. 2019. №2. С. 175-178.
18. Никонорова В.Г. Индексный метод, статистические методы и математические модели в паразитологии // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2020. №8. С. 12-16.

## POPULATION STUDIES OF THE MAIN PARASITIC SYSTEMS OF WILD ANIMALS IN THE SOUTH OF THE TRANSBAIKAL REGION

©2024. Evgeniy V. Kiriltsov

NIIV of Eastern Siberia - branch of the SFSC RAS, Chita, Russia

**Abstract.** The paper presents data from population studies conducted on the territory of the habitat of wild animals, located in the Akshinsky district of the Transbaikal Territory, bordering Mongolia. Three most socially significant and epizootically dangerous parasitic systems are described: echinococcosis, cysticercosis and trichinosis. Populations of echinococcosis and cysticercosis are supported by micropopulations of sexually mature parasites and their larval stages. In the studied area there is a sufficient number of definitive and intermediate hosts to maintain parasite populations. Siberian roe deer and wolves play a leading role in maintaining micropopulations of *Echinococcus granulosus* larva and *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis* and *Taenia hydatigena*. In Siberian roe deer with echinococcosis, the extent of invasion (EI) was 85.1% and the abundance index (AI) was 38.4 %; in cysticercosis, EI was 94.5 and AI - 42.1 %; in a wolf with echinococcosis, EI was 86.0% and AI - 67.0%, for cysticercosis EI - 72.1 and AI - 62.0%. According to the optimum saturation, both populations are assessed as frequent, which may indicate a greater role of this intermediate host in the spread and maintenance of the parasite population in the studied area. The population of *Trichinella nativa* was detected only in the brown bear; according to the optimum saturation, it was assessed as rare, EI was 21.4%, AI - 11.5%. A very high population of 441 thousand larvae was noted, the spread of which could infect a large number of susceptible animals with a high invasive dose, as well as humans.

**Key words:** parasitic systems, wild animals, echinococcosis, cysticercosis, trichinosis, Transbaikal region

#### References

1. Balashov Yu.S. Znachenie idey V.N. Beklemisheva o parazitarnykh sistemakh i zhiznennykh sistemakh vidov v razvitiy parazitologii (The meaning of V.N. Beklemishev's ideas on parasitic systems and life systems of species in the development of parasitology), *Parazitologiya*, 1991, Vol. 25, No. 3, pp. 185-195.
2. Mayr E. *Populyatsiya, vidy i evolyutsiya* (Population, species and evolution), M.: Izd. «Mir», 1974, 460p.
3. Balashov Yu.S. Terminy i ponyatiya, ispol'zuyemye pri izuchenii populyatsiy i soobshchestv parazitov (Terms and concepts used in the study of populations and communities of parasites), *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal*, 2015, Vol. 24, No. 1095, pp.159-171.
4. Granovich A.I. Parazitarnaya sistema kak otrazheniye struktury populyatsii parazitov: kontseptsiya i terminy (Parasitic system as a reflection of the structure of the parasite population: concept and terms), *Trudy zoologicheskogo instituta RAN*, 2009, Vol. 313, No. 3, pp.329-337.
5. Cole R., Viney M. The population genetics of parasitic nematodes of wild animals // *Parasites & Vectors*. 2018. 11:590. doi.org/10.1186/s13071-018-3137-5
6. Dobson A.P. The Population Biology of Parasitic Helminths in Animals Population // *Applied Mathematical Ecology*. 1989. V.18. pp.145-175.
7. Aliyev A.A., Sochnev V.V., Pashkina Yu.V., Pashkin A.V., Morozov N.V., Skira V.N., Saushkin V.V., Yengashev S.V., Kulikova O.L., Sisyagina Ye.P., Filippov N.V., Sisyagin P.N. Parazitizm kak odna iz formootnosheniy zhivyykh sushchestv v prirode (Parasitism as one of the form relationships of living things in nature), *Vestnik Nizhegorodskoy GSKhA*, 2021, No.1(29), pp. 47-52.
8. Beklemishev V.N. Populyatsii i mikropopulyatsii parazitov i nidikolov (Populations and micropopulations of parasites and nidicols), *Zoologicheskiy zhurnal*, 1959, No. 38(8), pp.1128-1137.
9. Beklemishev V.N. Prostranstvennaya i funktsional'naya struktura populyatsiy (Spatial and functional structure of populations), *Byull. MOIP, otd. biol.*, 1960, No. 65(2), pp.41-50.
10. Kennedi K.R. Populyatsionnaya biologiya parazitov: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy (Population biology of parasites: current state and prospects), *Parazitologiya, Izd-vo «Nauka»*, 1985, No. XIX (205), pp. 347-356.
11. Ishkulov D.G., Ishkulova T.G. Opyt ekologo-populyatsionnogo analiza mikrogemipopulyatsiy partenid trematod (Experience in ecological and population analysis of microhemipopulations of parthenid trematodes), *Vestnik MGTU*, 2019, Vol. 22, No. 2, pp. 288-291. DOI:10.21443/1560-9278-2019-22-2-288-291
12. Bespalova N.S. Ekologicheskiye zakonomernosti razvitiya vzbuditeley telyazioza v usloviyakh agrotsenozov tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii (Ecological patterns of development of thelaziosis pathogens in agroecosystems of the central Black Earth Region of Russia), *Aktual'nyye voprosy veterinarnoy biologii*, 2022, No. 4(56), pp.15-19. DOI:12.24412/2074-5036-2022-15-19
13. Miljević M., Čabrilo B., Budinski I., Rajičić M., Bajić B., Bjelić-Čabrilo O., Blagojević J. Host-Parasite Relationship-Nematode Communities in Populations of Small Mammals // *Animals*. 2022. 12(19). 2617. DOI: 10.3390/ani12192617.
14. Macko J.K. Die Bedeutung der Organophanoten und deren Begründung in der Helminthologie // *Biologia*.1964. №19 (6). 464-471.
15. Beklemishev V.N. Terminy i ponyatiya, neobkhodimyye pri kolichestvenno izuchenii populyatsiy ektoparazitov i nidikolov (Terms and concepts necessary for quantitative studies of ectoparasite and nidicol populations), *Zoologicheskiy zhurnal*, 1961, No. 40(2), pp. 149-158.

16. Sinyakov M.P., Stognacheva G.A., Soleychuk N.D. Osobennosti morfobiologicheskoy kharakteristiki oksiurisov, simptomatiki i diagnostiki bolezni (Features of the morphobiological characteristics of oxyuriases, symptoms and diagnosis of the disease), *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina*, 2020, No.1(36), pp. 40-44.

17. Teren'tyeva Z.Kh., Pyatachkova Ye.P. Raznoobraziye parazitov zhivotnykh pri posleuboynom osmotre (Diversity of animal parasites during post-mortem inspection), *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2019, No. 2, pp. 175-178.

18. Nikonorova V.G. Indeksnyy metod, statisticheskiye metody i matematicheskiye modeli v parazitologii (Index method, statistical methods and mathematical models in parasitology), *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2020, No. 8, pp. 12-16.

*Сведения об авторах*

**Е.В. Кирильцов** - канд. ветеринар. наук.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири–филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (НИИВ Восточной Сибири-филиал СФНЦА РАН), Чита, Россия, 672010  
kirltsov.e.v@mail.ru ORCID 0000-0003-3703-8523

*Information about the author*

**E.V. Kiriltsov** - Cand. Vet. Sci.

Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia - branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences (NIIV of Eastern Siberia - branch of the SFSC RAS), Chita, Russia, 672010  
kirltsov.e.v@mail.ru ORCID 0000-0003-3703-8523

*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 14.03.2024; одобрена после рецензирования 20.03.2024; принята к публикации 10.05.2024*  
*The article was submitted 14.03.2024; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 10.05.2024*

---

Научная статья

УДК 619:616.981.42:616-097:615.371

doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_119

## ИММУНОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ШТАММА *B. ABORTUS* 82-Tr ПРИ ВАКЦИНАЦИИ И РЕВАКЦИНАЦИИ МОРСКИХ СВИНОК

©2024. Максим Аркадьевич Косарев<sup>1</sup>, Яна Александровна Богова<sup>2</sup>,  
Гульнара Минирашитовна Сафина<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Федеральный центр токсикологической радиационной и биологической безопасности, отделение бактериологии, лаборатория бактериальных зооантропонозов, Казань, Россия,

<sup>1</sup> kosarev@vniivi.ru

**Аннотация.** Изучению антибиотикорезистентных штаммов бруцеллеза уделено не много внимания. Этому вопросу посвящены изыскания таких ученых, как А.М. Фомин, Р.А. Крючков, Т.Н. Уразов и т.д. Практическая значимость основана на применении антибиотикорезистентных вакцинных штаммов в очагах инфекции. По многочисленным исследованиям были сделаны выводы о губительном влиянии антибиотиков на вирулентные культуры. Поэтому есть необходимость в изучении и разработке устойчивых к антибиотику вакцинных штаммов, так как вакцинация является одним из методов борьбы с бруцеллезом. Вакцины - биологические препараты, представляющие интерес для обеспечения адаптивного иммунитета против инфекционного агента. В данной статье была изучена напряженность иммунитета при проведении вакцинации и ревакцинации культурой из тетрациклинрезистентного варианта *B. abortus* 82-Tr. При экспериментальном заражении морских свинок через 6 месяцев после инъекции культуры штамма *B. abortus* 82-Tr иммунитет не формируется. Однако, введение культуры из исходного штамма *B. abortus* 82 приводит к выработке иммунитета у 33,3 % животных. Ревакцинация гомологичными вакцинами приводит к значительному увеличению числа иммунных животных, которые были ревакцинированы культурой из штамма 82-Tr – 66,6 %, а вакциной из штамма 82 – на 75,0 %. Результаты, полученные при проведении эксперимента, могут быть использованы при дифференциальной серологической диагностике бруцеллеза.

**Ключевые слова:** бруцеллез, *B. abortus*, антибиотикорезистентный штамм, антибиотики, вакцинация, ревакцинация, серологические исследования, бактериологические исследования

**Введение.** До недавних пор бруцеллез считали инфекцией, которую победили в Российской Федерации. Но регистрация новых очагов говорит об обратном. Бруцеллез – внутриклеточная инфекция, и поэтому практически не поддается лечению как у животных, так и у людей. Быстрый переход инфекции в латентное течение способствует затруднению её в диагностике. Диагностировать бруцеллез можно с помощью бактериологических, серологических тестов и анализа амплификации нуклеиновых кислот [2]. Выделение чистой культуры является золотым стандартом для диагностики бруцеллеза.

Продолжаются работы по усовершенствованию уже существующих мер борьбы, а также специальных средств и методов диагностики и специфической

профилактики бруцеллеза [4, 8]. Не заканчиваются попытки получения новых антибиотикорезистентных штаммов бруцелл, изучения лечебных бруцеллезных вакцин, поиска более эффективных антибиотиков для лечения животных.[1, 4, 7].

Изучению антибиотикорезистентных штаммов бруцеллеза не уделено особого внимания. Изучением их занимались такие исследователи, как А. М. Фомин, Р. А. Крючков, Т. Н. Уразов и т.д. [3, 7, 8] Практическая значимость основана на применении антибиотикорезистентных вакцинных штаммов в очагах инфекции. По многочисленным исследованиям были сделаны выводы о губительном влиянии антибиотиков на вирулентные культуры. Поэтому остается необходимость в изучении и получении устойчивых к антибиотику вакцинных штаммов.

Целью данного исследования было изучить напряженность иммунитета у морских свинок, привитых и ревакцинированных культурой из тетрациклинрезистентного варианта штамма 82-Тг.

**Методика.** Штамм 82-Тг был получен в лаборатории бактериальных зооантропонозов. Для исследования были взяты 2 группы морских свинок в количестве 52 особей. В первой группе животным в количестве 26 особей вводили культуру штамма *B. abortus* 82-Тг в дозе 1,5 млрд м.к. подкожно в объеме 1 мл. Животных второй группы в таком же количестве иммунизировали культурой штамма *B. abortus* 82 в дозе 1 млрд м.к. аналогичным способом и объемом.

Кровь для серологического исследования после введения культур брали через 15 суток, через 1, 2 и 3 месяца. Исследование проводили в РБП, РА, РСК и РСК с R-антигеном - ВНИВИ.

Спустя 3 месяца, морских свинок, привитых культурой из штамма 82-Тг, разделили на 2 подгруппы (I и II). Первую подгруппу привили культурой штамма 82-Тг подкожно в объеме 1 мл., в дозе 1,5 млрд м.к., вторая подгруппа осталась не ревакцинированной.

Животные 2-й группы также были разделены на 2 подгруппы (III и IV). Свинкам третьей подгруппы повторно вводили культуру из штамма 82 подкожно в объеме 1 мл, в дозе 1 млрд м.к., четвертая подгруппа осталась не ревакцинированной.

Регулярно, каждые 15 суток производился забор крови из ушной вены для

исследования по серологическим показателям. Для проведения бактериологического и серологического исследований через 90 дней по 3 особи из каждой группы были подвергнуты эвтаназии. Оставшихся морских свинок заразили культурой вирулентного штамма *B. abortus* 54-М ВГНКИ в дозе 50 м.к.

Проводили эвтаназию всех подопытных животных, спустя один месяц после заражения, с последующим проведением серологического и бактериологического исследований. Из 10 органов и лимфатических узлов (л/у) осуществляли посевы.

Дифференцировали в РА на стекле все культуры с гипериммунными S- и R-бруцеллезными сыворотками, выделенными при исследовании. Далее считали количество иммунных к бруцеллезу животных и подсчитывали индекс инфицированности (ИИ) органов и л/у, культурой вирулентного штамма бруцелл.

**Результаты.** В ходе проведения опыта установлено, что при иммунизации культурами из штаммов 82-Тг и 82 во все сроки исследований серологические реакции с S-антигенами были отрицательными. С R-антигеном РСК была положительной в обеих группах животных. Через 15 суток в 1-й группе титры антител составляли 26,6±6,6, а во второй группе 93,3±35,3. Через месяц со дня вакцинации в первой группе наблюдалось повышение количество титра антител, а во второй снижение. Через 2 и 3 месяца во всех группах отмечалось понижение титров антител (табл. 1).

Таблица 1

Показатели антителообразования у морских свинок, привитых культурами из штаммов 82-Тг и 82

Группа	Кол-во особей	Результаты серологического исследований (M±m)															
		15 суток				1 месяц				2 месяца				3 месяца			
		РБП	РА	РСК		РБП	РА	РСК		РБП	РА	РСК		РБП	РА	РСК	
				S- ar	R- ar			S- ar	R- ar			S- ar	R- ar			S- ar	R- ar
1-82-Тг	3	-	-	-	26,6±6,6	-	-	-	53,3±13,3	-	-	-	20,0±0,0	-	-	-	3,3±1,7
2- 82	3	-	-	-	93,3±35,3	-	-	-	80,0±0,0	-	-	-	55,0±25,0	-	-	-	8,3±6,0

Серологические реакции у наивысшими они были на 15 сутки ревакцинированных морских свинок во все исследования после ревакцинации, через 1 сроки исследований в РБП и РА были месяц наблюдалось снижение, а через 2 отрицательными и положительными в РСК с месяца показатели вновь возросли (табл. 2). обоими антигенами. В ходе исследования наблюдались колебания титров антител,

Таблица 2

Показатели антителообразования у морских свинок, привитых и ревакцинированных культурами из штаммов 82-Tr и 82

Подгруппа	Кол-во особей	Результаты серологического исследований после ревакцинации (M±m)											
		15 суток				1 месяц				2 месяца			
		РБП	РА	РСК		РБП	РА	РСК		РБП	РА	РСК	
				S-ар.	R-ар.			S-ар.	R-ар.			S-ар.	R-ар.
I – (82-Tr +82-Tr)	3	-	-	53,3±13,3	186,7±70,6	-	-	13,3±3,3	93,3±35,3	-	-	16,7±3,3	66,7±13,3
II – (82-Tr)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III – (82+82)	3	-	-	30,0±10,0	123,3±93,3	-	-	16,7±11,7	36,7±21,9	-	-	5,0±0,0	86,7±40,6
IV (82)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Показатели серологического и бактериологического исследований у ревакцинированных культурой из штамма 82-Tr, привитых и ревакцинированных культурой из штамма 82, морских свинок были отрицательными (табл. 3). Выделить культуру вакцинных штаммов от ревакцинированных морских свинок в обеих подгруппах не удалось. У животных, привитых и ревакцинированных культурой из штамма 82-Tr, показатели ИВС были выше, чем у привитых и ревакцинированных культурой из штамма 82.

Таблица 3

Результаты серологического и бактериологического исследований морских свинок, привитых и ревакцинированных культурами из штаммов 82-Tr и 82, перед заражением

Группа животных	Кол-во особей	Результаты исследований (M±m)					
		Серологического				Бактериологического	
		РБП	РА (ME)	РСК		ИВС	ИИ (%)
				S-ар	R-ар		
I – (82-Tr +82-Tr)	3	-	6,7±3,3	16,7±3,3	20,0±0,0	4,50±2,34	0
II – (82-Tr)	3	-	-	-	-	2,42±0,13	0
III – (82+82)	3	-	10,0±5,8	1,7±1,7	20,0±0,0	2,15±0,35	0
IV (82)	3	-	-	-	-	1,96±0,30	0

При серологическом исследовании установлено, что дополнительно к результатам предыдущих исследований у ревакцинированных животных стала положительной и РА с S-антигеном в невысоких титрах антител в обеих подгруппах.

После ревакцинации культурой штамма 82-Tr у морских свинок не было обнаружено

изменений в показателях реакции связывания комплемента (РСК), однако наблюдалось понижение показателей в РСК с R-антигеном с 66,7±13,3 до 20,0±0,0. Отмечается, что реиммунизация культурой штамма 82 привела к снижению титров антител в РСК с обоими антигенами.

Исследования уровня иммунитета у морских свинок, зараженных через 3 месяца

после ревакцинации и 6 месяцев после вакцинации (см. таблицу 4), показали, что все контрольные особи заразились генерализованной формой инфекции, причем, культура вирулентного штамма 54-М была

выделена из всех лимфоузлов и органов. Заметно, что уровень инфицированности у них составил  $93,3 \pm 3,3$  при высоком показателе ИВС -  $3,67 \pm 0,65$  (табл. 4).

Таблица 4

Результаты изучения иммуногенных свойств культур из штаммов 82-Тг и 82 при иммунизации и реиммунизации морских свинок

Подгруппа животных	Кол-во особей	Результаты исследований (М±м)											
		выделено культур		ИИ %	ИВС	Заразилось (голов)				Иммунитет (голов)			
						Ген.	Лок.	Рег.	Всего	Стер.	Нестер.	Общ.	%
Вакц.	Вирул.												
I – (82-Тг + 82-Тг)	9	-	15	$17,8 \pm 10,9$	$1,55 \pm 0,26$	2	-	1	3	6	-	6	66,6
II – (82-Тг)	6	-	56	$93,3 \pm 2,1$	$4,86 \pm 0,49$	6	-	-	6	-	-	-	0,0
III – (82+82)	8	-	7	$8,7 \pm 7,4$	$1,36 \pm 0,11$	1	-	1	2	6	-	6	75,0
IV (82)	6	-	32	$53,3 \pm 19,1$	$2,59 \pm 0,38$	4	-	-	4	2	-	2	33,3
Контрольная (Шт. 54)	6	-	56	$93,3 \pm 3,3$	$3,67 \pm 0,65$	6	-	-	6	-	-	-	0,0

В подгруппе ревакцинированных культурой из штамма 82-Тг, иммунных к бруцеллезу животных составило 66,6 %. Из 9 двое заразились генерализованной формой инфекции, при которой возбудитель распространился по всему организму. У одной свинки выделили 1 культуру из регионарного лимфатического узла в области паховой зоны (место заражения). У остальных морских свинок посева были стерильными. ИИ составил  $17,8 \pm 10,9$  %, при ИВС, он равен  $1,55 \pm 0,26$ .

В II подгруппе привитые только культурой из штамма 82-Тг, все морские свинки были обсеменены культурой вирулентного штамма. ИИ в этой группе составил  $93,3 \pm 2,1$  при высоком ИВС –  $4,86 \pm 0,49$ . Все серологические реакции с единым бруцеллезным антигеном были положительными в высоких титрах антител.

У животных, реиммунизированных вакциной из штамма 82, иммунных в группе было 75%. Одна морская свинка из 8 животных была заражена. У одной выделили

культуру вирулентного штамма из места заражения. ИИ в этой группе составил  $8,7 \pm 7,4$  %.

У животных, которых привили только культурой из штамма 82, иммунных к бруцеллезу было 33,3 %. Две морские свинки из шести не заразились, а остальные были подвержены заражению генерализованной формой инфекции. ИИ составил  $53,3 \pm 19,1$  % при ИВС, равном  $2,59 \pm 0,38$ .

**Вывод.** При экспериментальном заражении морских свинок через 6 месяцев после инъекции культуры штамма *B. abortus 82-Тг* иммунитет не формируется. Однако, введение культуры из исходного штамма *B. abortus 82* приводит к выработке иммунитета у 33,3 % животных. Ревакцинация гомологичными вакцинами приводит к значительному увеличению числа иммунных животных, которые были ревакцинированы культурой из штамма 82-Тг, их число составило 66,6 %, а вакциной из штамма 82 – не 75,0 %.

**Список источников**

1. Иванов А.В., Салмаков К.М., Фомин А.М., Плотникова Э.М. Изыскание и результаты применения новых средств специфической профилактики бруцеллеза крупного рогатого скота// Ветеринарный врач. 2006. № 1. С. 14–18.
2. Косарев М.А., Фомин А.М., Сафина Г.М., Григорьева С.А., Тухватуллина Л.А. Дифференциальная серологическая диагностика бруцеллеза у крупного рогатого скота, привитого из штамма 82, и ее значение в общей системе мер борьбы с данным заболеванием// Ветеринарный врач. 2019. № 5. С. 23–28.
3. Крючков Р.А. «Иммунобиологические свойства стрептомицинрезистентного штамма *B. abortus 82* и его применение при сочетанной защите животных от бруцеллеза: автореф. дис.... канд. биол. наук. Казань. 2010. 22 с.
4. Онищенко Г.Г., Куличенко А.Н. Бруцеллез. Современное состояние проблемы // Ставрополь: ООО «Губерния». 2019. С. 305. ISBN 978-5-6041215-6-6

5. Салмаков, К.М., Фомин А.М., Иванов А.В., Чернов А.Н., Сафина Г.М., Салмакова А.В., Косарев М.А., Федорова Н.Ю., Хабибуллин Р.Р. Усовершенствованная различная система профилактики и ликвидации бруцеллеза крупного рогатого скота с применением живых вакцин из штаммов слабоагглютиногенного *B. abortus* 82 и инагглютиногенного *B. abortus* R-1096 // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2012. № 211. С. 130–134.
6. Салмаков К.М., Фомин А.М., Сафина Г.М., Галимова Г.М. Изучение нового антибиотикоустойчивого вакцинного штамма *B. abortus* 82-RTг с целью его использования в борьбе с бруцеллезом крупного рогатого скота// Канадский коллоквиум по биол. наукам. Семинар экспертов МНТЦ и Канады, 15-17 сент. 2004г.–гост. «Салют». С.136-137.
7. Уразов, Т. Н., Сафина Г.М., Фомин А.М., Салмаков К.М. Изучение иммуногенеза и иммуногенных свойств новых вакцинных штаммов бруцелл на морских свинках// Ветеринарный врач. 2004. №1. С.13-17.
8. Фомин, А.М., Салмаков К.М., Сафина Г.М., Галимова Г.М., Крючков Р.А. Abortогенные и антигенные свойства антибиотикорезистентных вариантов штамма *B. abortus* 82// Ветеринарный врач. 2006. №1. С.18-20.
9. Alcina V. C., Juliana P.S., Mariana N.X., Tatiane A. P., Andrey P. L., Renato L. S. Pathogenesis of bovine brucellosis// The Veterinary Journal.2010.Vol. 184 No 20. P. 146-155.
10. Baykam N., Esener H., Ergönül Ö., Eren Ş., Çelikba A., Dokuzoğuz B. In vitro antimicrobial susceptibility of *Brucella* species// International Journal of Antimicrobial Agents.2004. Vol. 23. No 4. P. 405-407.
11. Campos P.C., Gomes M.T.R., Marinho F.A.V., Guimarães E.S., Cruz M.G.F., Oliveira S.C. *Brucella abortus* nitric oxide metabolite regulates inflammasome activation and IL-1β secretion in murine macrophages// European Journal of Immunology. 2019. Vol. 49. No 7. P.1023-1037.

## IMMUNOGENIC PROPERTIES OF *B. ABORTUS* 82-T STRAIN DURING VACCINATION AND REVACCINATION OF GUINEA PIGS

©2024. Maxim A. Kosarev<sup>1</sup>, Yana A. Bogova<sup>2</sup>, Gulnara M. Safina<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Federal Center for Toxicological Radiation and Biological Safety, Department of Bacteriology, Laboratory of Bacterial Zoonoses, Kazan, Russia

<sup>1</sup>kosarev@vnivi.ru

**Abstract.** Not much attention has been paid to the study of antibiotic-resistant strains of brucellosis. The research of such scientists as A.M. Fomin, R.A. Kryuchkov, T.N. Urazov, etc. is devoted to this issue. The practical significance is based on the use of antibiotic-resistant vaccine strains in foci of infection. Numerous studies have drawn conclusions about the detrimental effect of antibiotics on virulent crops. Therefore, there is a need to study and develop antibiotic-resistant vaccine strains, since vaccination is one of the methods to combat brucellosis. Vaccines are biological products of interest for providing adaptive immunity against an infectious agent. In this article, the intensity of immunity was studied during vaccination and revaccination with a culture from the tetracycline-resistant variant of *B. abortus* 82-Tr. When guinea pigs are experimentally infected 6 months after injection of a culture of the *B. abortus* 82-Tr strain, immunity is not formed. However, the introduction of a culture from the original strain of *B. abortus* 82 leads to the development of immunity in 33.3% of animals. Revaccination with homologous vaccines leads to a significant increase in the number of immune animals that were revaccinated with a culture from strain 82-Tr - at the level of 66.6%, and with a vaccine from strain 82 - at the level of 75.0%. The results obtained during the experiment can be used in the differential serological diagnosis of brucellosis.

**Key words:** brucellosis, *B. abortus*, antibiotic-resistant strain, antibiotics, vaccination, revaccination, serological studies, bacteriological studies

### References

1. Ivanov A.V., Salmakov K.M., Fomin A.M. i dr. Izyskanie i rezul'taty primeneniya novykh sredstv spetsificheskoi profilaktiki brutselleza krupnogo rogatogo skota (Research and results of the use of new means of specific prevention of brucellosis in cattle), Veterinarnyi vrach, 2006, No. 1, pp.14-18.
2. Kosarev M.A., Fomin A.M., Safina G.M., Tukhvatullina L.A. Differentsial'naya serologicheskaya diagnostika brutselleza u krupnogo rogatogo skota, privitogo iz shtamma 82, i ee znachenie v obshej sisteme mer bor'by s dannym zabolevaniem (Differential serological diagnosis of brucellosis in cattle vaccinated with strain 82, and its significance in the overall system of measures to combat this disease), Veterinarnyi vrach, 2019, No. 5, pp. 23–28.

3. Kryuchkov R.A. Immunobiologicheskie svoystva streptomitsinrezistentnogo shtamma B. abortus 82 i ego primeneniye pri sochetannoi zashchite zhivotnykh ot brutselleza (Immunobiological properties of streptomycin-resistant strain B. abortus 82 and its use in combined protection of animals from brucellosis). Avtoref. Dis. kand.biol. nauk. Kazan', 2010, 22 p.
4. Onishchenko G.G., Kulichenko A.N. Brutsellez. Sovremennoesostoyanie problem (Brucellosis. Current state of the problem), Stavropol': OOO «Guberniya».2019. p. 305. ISBN 978-5-6041215-6-6
5. Salmakov K.M., Fomin A.M., Ivanov A.V., Chernov A.N., Safina G.M., Salmakova A.V., Kosarev M.A., Fedorova N.Yu., Khabibullin R.R. Uovershenstvovannaya razlichnaya sistema profilaktiki i likvidatsii brutselleza krupnogo rogatogo skota s primeneniem zhivykh vaktzin iz shtammov slaboagglyutinogennogo V. abortus 82 i inagglyutinogennogo V. abortus R-1096 (Improved various system for the prevention and elimination of brucellosis in cattle using live vaccines from strains of weakly agglutinogenic B. abortus 82 and inagglutinogenic B. abortusR-1096), Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana, 2012, No. 211, p. 130–134.
6. Salmakov K.M., Fomin A.M., Safina G.M., Galimova G.M. Izuchenie novogo antibiotikoustoichivogo vaktinnogo shtamma B. abortus 82-RTr s tsel'yu ego ispol'zovaniya v bor'be s brutsellezom krupnogo rogatogo skota (Study of a new antibiotic-resistant vaccine strain B. abortus 82-RTr with the aim of its use in the fight against brucellosis in cattle), Kanadskii biol. naukam. Seminar ekspertov MNTTs iKandy, 15-17 sent.2004g.gost."Salyut", pp.136-137.
7. Urazov, T. N., Safina G.M., Fomin A.M., Salmakov K.M. Izuchenie immunogeneza i immunogennykh svoystv novykh vaktsinnykh shtammov brutsell na morskikh svinkak (Study of immunogenesis and immunogenic properties of new vaccine strains of Brucella in guinea pigs), Veterinarnyi vrach, 2004, No. 1(17), p.13-17.
8. Fomin, A.M., Salmakov K.M., Safina G.M., Galimova G.M., Kryuchkov R.A. Abortogennye i antigennye svoystva antibiotikorezistentnykh variantov shtamma B. abortus 82 (Abortogenic and antigenic properties of antibiotic-resistant variants of B. abortus strain 82), Veterinarnyi vrach, 2006, No. 1, pp .18-20.
9. Alcina V. C. Pathogenesis of bovine brucellosis , V. C. Alcina, P.S. Juliana, N. X. Mariana, A. P. Tatiane, P. L. Andrey, L. S. Renato , The Veterinary Journal,2010,Vol. 184, No. 20.p. 146-155.
10. Baykam N. In vitro antimicrobial susceptibility of Brucella species, N. Baykam, H. Esener, Ö. Ergönül, Ş. Eren, A. Çelikbas, B. Dokuzoğuz, International Journal of Antimicrobial Agents. 2004,Vol. 23, No 4. p. 405-407.
11. Campos P.C. Brucella abortus nitric oxide metabolite regulates inflammasome activation and IL-1β secretion in murine macrophages , P.C. Campos, M. T. R. Gomes, F. A. V. Marinho, E. S. Guimarães, M. G. F. Cruz, S. C. Oliveira , European Journal of Immunology,2019,Vol. 49, No. 7, p.1023-1037.

*Сведения об авторах*

**М.А. Косарев**<sup>1</sup> – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;

**Г.М. Сафина**<sup>2</sup> – кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник;

**Я.А. Богова**<sup>3</sup> – младший научный сотрудник.

<sup>1,2,3</sup>Федеральный центр токсикологической радиационной и биологической безопасности, отделение бактериологии, лаборатория бактериальных зооантропонозов, Научный городок, дом 2, Казань, Россия,

<sup>1</sup>kosarev@vnivi.ru

<sup>2</sup>dragyana@yandex.ru

<sup>3</sup>narka1976@mail.ru

*Information about the authors*

**M.A. Kosarev**<sup>1</sup> – Cand. Biol. Sci., Leading Researcher;

**G.M. Safina**<sup>2</sup> – Cand. Vet. Sci., Leading Researcher;

**Y.A. Bogova**<sup>3</sup> – Junior Researcher.

<sup>1,2,3</sup> Federal Center for Toxicological Radiation and Biological Safety, Department of Bacteriology, Laboratory of Bacterial Zooanthroponoses, Kazan, Russia,

<sup>1</sup>kosarev@vnivi.ru

<sup>2</sup>dragyana@yandex.ru

<sup>3</sup>narka1976@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 18.01.2024; одобрена после рецензирования 31.01.2024, принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 18.01.2024; approved after reviewing 31.01.2024; accepted for publication 10.05.2024*

---

Научная статья

УДК 636.2.034

doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_125

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА КОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИХ РАЦИОНАХ ПРЕМИКСА «МЕГАМИКС-ОПТИЛАК»

©2024. Эмилия Хамзиевна Латыпова<sup>1</sup>, Фатыма Масфулловна Гафарова<sup>2</sup>,  
Николай Георгиевич Кутлин<sup>3</sup>, Фанус Алхапович Гафаров<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, Бирский филиал, Уфа,  
Россия

<sup>1</sup>[Emiliya.latipova@yandex.ru](mailto:Emiliya.latipova@yandex.ru)

**Аннотация.** В производстве молока полноценное кормление является основой всех процессов связанных с повышением удоев и их качеством путем обогащения состава и изменения их свойств. В данной статье приведены результаты исследований молока, полученного от коров черно-пестрой породы, получавших с рационом премикс «Мегамикс-Оптилак». Коровам I опытной группы в состав комбикорма включали премикс «Мегамикс-Оптилак» в дозе 100 г/голову в сутки, II опытной группы – 150 г/голову в сутки и III опытной – 200 г/голову в сутки. Наибольшие удои за 305 дней лактации и более высокое содержание компонентов молока имели коровы опытных групп. Межгрупповые значения их разницы по удою со сверстницами контрольной группы в пользу опытных групп составляли у коров I опытной группы 236,6 кг (4,0%;  $P \geq 0,05$ ), у II опытной – 466,2 кг (7,87%;  $P < 0,001$ ) и III опытной – 605,4 кг (10,22%;  $P < 0,001$ ). По технологическим свойствам молока опытные группы также имели более высокие показатели. Наиболее высокие значения были у III опытной группы. Разница по количеству жировых шариков в 1 мл молока с достаточно высокой степенью достоверности  $P \leq 0,01$  (по Стьюденту) наблюдается между контролем и II, III опытными группами. Так, по II опытной группе она составила 0,29 млрд (6,40%), по III опытной – 0,34 млрд (7,51%). Таким образом, применение исследуемого премикса «Мегамикс-Оптилак» в дозе 200 г/голову в сутки, при кормлении лактирующих коров, оказало положительное воздействие на процесс повышения молочной продуктивности и улучшение технологических свойств молока.

**Ключевые слова:** черно-пестрая порода, рацион, премикс, качество молока, белки молока, молочный жир, технологические свойства, сепарирование

**Введение.** Молочная продуктивность коров является важнейшим показателем в процессе увеличения производства молока и обеспечения населения этим ценнейшим продуктом. Поэтому повышению молочной продуктивности скота уделяется самое серьезное внимание, и оно является основной задачей молочного скотоводства.

Молоко – это один из основных продуктов питания населения, обеспечивающих не только питательность его рационов, но и их полноценность. Для решения вопроса производства достаточного количества высококачественного молока перед молочным скотоводством ставятся задачи реализации новейших инновационных технологий во всех основных секторах данной

отрасли. Важнейшим звеном в производстве молока является реализация мер, связанных с обеспечением достаточного количества питательных веществ кормов и их усвояемости на процесс синтеза молока на основе новейших достижений науки и практики [3, 4].

В плане внедрения инновационных технологий в области кормления животных в последнее время широкое распространение получило использование кормовых добавок различного направления действия. Среди большого его разнообразия особое место отводится препаратам эссенциального типа, позволяющим обеспечить потребность организма в биологически активных веществах. Обеспечение нужного уровня биологической

полноценности кормления позволяет применение даже небольшого количества некоторых таких препаратов. В результате их использования наблюдается улучшение физиологического состояния, стимулируются функциональные свойства организма животных, что в конечном итоге ведет к повышению их продуктивности [11, 12, 13].

Одним из инновационных продуктов, рекомендуемых для молочного скота, является премикс «Мегамикс-Оптилак». Его использование предполагается в качестве источника макро- и микроэлементов в рационах молочных коров для того, чтобы в организме шли полноценные процессы обмена веществ. Поэтому вопрос о его связи с процессами, влияющими на удои коров и состав молока, о влиянии на технологические свойства молока остается открытым и не теряет актуальности в плане научного и практического значения [1, 2, 9].

Увеличение содержания основных составных частей молока и улучшение его свойств повышает его качество как сырья для производства молочных продуктов. Также при этом повышается питательная и биологическая ценность молока, что способствует более полному удовлетворению потребности организма в них [5, 8, 10].

Целью исследований являлось изучение влияния премикса «Мегамикс-Оптилак», при использовании его в рационах коров черно-пестрой породы, на количество и качество получаемого от них молока, а также на его технологические свойства.

**Методика.** Исследования проводились на одном из лучших стад коров черно-пестрой породы Чекмагушевского района Республики Башкортостан. Были сформированы 4 группы коров по 20 голов в каждой. В группы подбирали животных, аналогичных по возрасту в лактациях, по их живой массе и по молочности. Условия содержания всех животных были идентичными. Кормление коров осуществляли по детализированным нормам.

Сущность опыта заключалась в том, чтобы сравнить удои и состав молока коров, получающих с кормом разное количество исследуемого премикса. Для этого животным первой опытной группы задавали премикс «Мегамикс-Оптилак» в дозе 100 г/голову в сутки, коровы II опытной группы получали премикс в количестве 150 г/голову в сутки и животные III опытной группы – 200 г/голову в

сутки. Контрольная группа не получала премикс.

В состав премикса входят почти все основные макро- и микроэлементы, ряд витаминов и антиоксиданты. Премикс «Мегамикс-Оптилак» предусмотрен для кормления лактирующих коров.

Молочную продуктивность коров оценивали с учетом результатов количества надоенного молока и его химического состава в дни контрольных доек. Для определения состава и качества молока использовали общепринятые методики. Определение значимости различий между групповыми средними показателями проводили по критерию Стьюдента ( $t$ -распределения) [6, 7].

**Результаты.** Сведения о молочной продуктивности подопытных животных, полученные в течение опытного периода, достаточно ярко отражают эффективность влияния исследуемой кормовой добавки на уровень удоев и химический состав молока. Межгрупповые отличия по уровню удоев за лактацию и в показателях состава молока достаточно убедительно говорят о том, что интенсивность процессов образования молока и их характер в течение опытного периода были обусловлены действием исследуемого фактора.

Свидетельством тому являются показатели удоев за лактацию, приведенных в таблице 1. Наиболее высокие значения удоев за 305 дней лактации были у коров опытных групп. Межгрупповые значения их разницы по удою со сверстницами контрольной группы в пользу опытных групп составляли у коров I опытной группы 236,6 кг (4,0%;  $P \geq 0,05$ ), у II опытной – 466,2 кг (7,87%;  $P < 0,001$ ) и III опытной – 605,4 кг (10,22%;  $P < 0,001$ ).

Межгрупповые отличия по уровню удоев за лактацию в пределах самих опытных групп также хорошо заметны. Так, коровы III опытной группы имели превосходящие показатели над сверстницами I опытной группы на 368,8 кг (5,99 %), над сверстницами II опытной – на 139,2 кг (2,18 %). Из этого следует, что увеличение дозы внесения в рацион коров кормовой добавки «Мегамикс-Оптилак» приводит к положительным процессам в обмене веществ в организме и проявляется в повышении удоев подопытных животных.

Таблица 1

Удои и состав молока коров

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		I	II	III
Удой за лактацию, кг	5922,1±71,5	6158,7±76,9 *	6388,3±62,3 ***	6527,5±70,3 ***
Удой базисной жирности, кг	6566,6	6973,8	7271,4	7468,2
Массовая доля жира, %	3,77±0,15	3,85±0,16	3,87±0,21	3,89±0,23
Абсолютное содержание жира, кг	223,3	237,1	247,2	253,9
Массовая доля белка, %	3,16±0,04	3,23±0,05	3,26±0,06	3,27±0,02
Сухое вещество, %	12,64±0,11	12,82±0,14	13,06±0,13	13,10±0,16
Зола, %	0,98	1,09	1,12	1,14
Фосфор, %	0,097	0,100	0,101	0,102
Кальций, %	0,129	0,133	0,134	0,137
СОМО, %	8,87±0,08	8,97±0,11	9,19±0,09	9,21±0,10
Витамин С, мг/л	13,21±0,18	13,52±0,20	13,73±0,20	13,85±0,19
Витамин А, мг/л	0,294±0,01	0,307±0,01	0,312±0,01	0,317±0,01

Здесь и далее: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$

Если все удои перевести на базисную жирность (3,4 %), то мы получим следующие показатели: по контрольной группе – 6566,6 кг, по I опытной группе – 6973,8 кг, по II опытной – 7271,4 кг и по III опытной – 7468,2 кг. Опытные группы имели более высокие удои, чем контрольная: на 6,2 %, на 10,7 % и на 13,7 % соответственно.

Из этого следует, что премикс «Мегамикс-Оптилак», при скармливании его коровам черно-пестрой породы, оказывает положительное влияние на увеличение их удоев за лактацию. Более высокие дозы этой добавки, до 200 г/голову в сутки, давали более выраженный эффект в повышении молочной продуктивности коров.

В соответствии с тем, что удои за лактацию по исследуемым группам отличались, по показателям состава молока между группами также имелись достаточно существенные отличия. По содержанию белка в молоке у животных опытных групп, была выявлена положительная динамика в зависимости от увеличения дозы премикса в рационах. Диапазон содержания белка в молоке от контрольной до III опытной группы составил от 3,16 до 3,27%. Опытные группы от первой к третьей превосходили показатель контрольной группы соответственно на 0,07 %, 0,10 % и 0,11 %.

В итоге можно отметить, что премикс «Мегамикс-Оптилак» при скармливании его дойным коровам дает положительный эффект

у черно-пестрой породы в плане повышения белкомолочности. Более высокие результаты наблюдаются при более высоких дозах препарата – до 200 г/голову в сутки.

По содержанию жира в молоке также наблюдались межгрупповые отличия. При более высоких дозах этой добавки, до 200 г/голову в сутки, получали более выраженный эффект в повышении жирномолочности коров. При содержании жира в молоке коров контрольной группы 3,77%, превышение этого показателя в молоке опытных составило соответственно 0,08 %, 0,1 % и 0,12 %.

По массовой доле минеральных веществ и витаминов в молоке наблюдается аналогичная картина. При включении в рационы коров испытываемой кормовой добавки наблюдалось более высокое их содержание. Динамика содержания этих веществ была схожа с динамикой содержания белков и жиров. Более высокие дозы при скармливании премикса способствовали более высоким показателям в молоке его составных компонентов. Так, содержание витамина А составило – 0,307 мг/л в I опытной группе, во II опытной – 0,312 мг/л, в III опытной – 0,317 мг/л. Эти показатели имели превосходство над контрольной группой соответственно на 4,4 %, 6,1 % и 7,8 %, при его значениях в контрольной группе 0,294 мг/л.

По абсолютному выходу молочного жира в сравниваемых группах также наблюдались большие показатели в опытных

группах, при существенном преимуществе в III опытной – 253,9 кг, что было выше, чем в группе контроля на 13,7 %. По первой и второй группам эта разница составила 237,1 кг, (6,2 %) и 247,2 кг (10,7 %).

Важными показателями технологических свойств молока являются размеры и количество жировых шариков. В ходе опытов было выявлено следующее: использование кормовой добавки «Мегамикс-Оптилак» ведет к тому, что молоко отличается некоторыми свойствами молочного жира. Этот премикс приводит к увеличению размеров жировых шариков и их количества.

Из таблицы 2 видно, что по количеству жировых шариков в 1 мл молока и по их размерам у коров опытных групп наблюдаются более высокие показатели.

Разница, с достаточно высокой степенью достоверности  $P \leq 0,01$ , наблюдается между контролем и II, III опытными группами. Так, по количеству жировых шариков она составила по II опытной – 0,29 млрд. (6,40 %), по III опытной - 0,34 млрд (7,51 %).

Анализируя средний диаметр жировых шариков, можно отметить, что у опытных животных значения данного показателя также были повышенными. Их средний диаметр был больше на 0,06-0,10 мкм (2,39-3,98 %).

Таблица 2

Характеристика структуры жира молока коров

Группа	Количество жировых шариков в 1 мл молока, млрд.	Средний диаметр жировых шариков, мкм	Количество мелких жировых шариков (диаметр менее 1 мкм), %
Контрольная	4,53±0,06	2,51±0,03	17,2
I опытная	4,78±0,07**	2,57±0,02	16,7
II опытная	4,82±0,04***	2,61±0,01**	15,8
III опытная	4,87±0,05***	2,59±0,04	15,5

По наличию мелких жировых шариков в то же время можно отметить сокращение их количества в молоке коров опытных групп. Когда наблюдается уменьшение числа жировых шариков диаметром менее 1 мкм и увеличение числа более крупных, то вселяет оптимизм в плане улучшения технологических свойств молочного жира. Сокращение числа жировых шариков произошло в диапазоне от 0,46 до 1,71 % от первой к третьей группе.

Следовательно, можно отметить, что включение кормовой добавки «Мегамикс-Оптилак» в рационы дойных коров приводит к улучшению технологических свойств молочного жира. По этому показателю наибольшее преимущество было на стороне III группы.

Для оценки технологических свойств молока, было сепарировано по 10 кг молока от каждой исследуемой группы коров. По количеству полученных сливок при сепарировании 10 кг молока можно отметить, что более высокие показатели наблюдаются в опытных группах (табл. 3). Так, разница с количеством сливок, полученных в контрольной группе, составила 30-80 г. В этом плане наиболее высокие показатели были у коров третьей опытной группы.

По эффективности отделения жира при сепарировании молока также наиболее высокие показатели были у животных опытных групп. По показателям трансформации жира в сливки более выгодные значения наблюдались также в молоке коров из групп, получавших премикс.

Таблица 3

Результаты сепарирования молока и выработки сливок

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Выход сливок из 10 кг молока, кг	0,97±0,03	0,99±0,05	1,01±0,02	1,03±0,05
Масса жира в молоке, кг	0,377	0,385	0,387	0,389
Масса жира в сливках, кг	0,35	0,36	0,366	0,37
Выход обезжиренного молока, кг	9,0±0,02	8,97±0,04	8,94±0,03	8,9±0,05
Расход молока на 1 кг сливок, кг	10,5±0,17	10,2±0,18	9,9±0,23	9,7±0,29
Переход жира молока на сливки, %	92,8	93,5	94,7	95,1

Разница с контролем была от первой к третьей группе соответственно 0,7 %, 1,85 %

и 2,3 %. Мы считаем, что эта разница обусловлена высокими технологическими свойствами молочного жира.

**Выводы.** Таким образом, включение в рационы дойных коров премикса «Мегамикс-

Оптилак», который задавали совместно с комбикормами, дает положительный эффект в повышении молочной продуктивности и улучшении технологических свойств молока.

#### Список источников

1. Латыпова Э. Х. Морфологический состав крови крупного рогатого скота при скармливании премикса "Мегамикс ОПТИЛАК" // Перспективные научные исследования высшей школы: Материалы Всероссийской студенческой научной конференции, Рязань, 25 мая 2023 года. Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. С. 149-150.
2. Сенченко О. В., Миронова И.В., Косилов В.И. Молочная продуктивность и качество молока-сырья коров-первотёлочек чёрно-пёстрой породы при скармливании энергетика Промелакт // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1(57). С. 90-93.
3. Долженкова Г.М., Галиева З.А. Эффективность использования питательных веществ и энергии рационов бычками черно-пестрой породы при использовании кормовой добавки Биодарин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 40-45.
4. Гафарова Ф.М., Гафаров Ф.А. Воспроизводство стада - основа молочной продуктивности коров // Инновации, экобезопасность, техника и технологии в переработке сельскохозяйственной продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. ФГОУ ВПО "Башкирский государственный аграрный университет", Факультет пищевых технологий, Кафедра технологии мяса и молока. 2010. С. 54-55.
5. Гафаров Ф.А., Гафарова Ф.М. Молочная продуктивность и технологические свойства молока коров разных генотипов // Перспективы развития производства продовольственных ресурсов и рынка продуктов питания / материалы международной научно-практической конференции (в рамках VIII международной специализированной выставки "ПродУрал-2002"). 2002. С. 140-141.
6. Кутлин Ю.Н., Кутлин Н.Г., Онина С.А., Гафаров Ф.А. Статистическая обработка в биологических исследованиях: учебное пособие. Бирск: Уфимский университет науки и технологий, 2022. 118 с.
7. Кутлин Ю. Н., Гафаров Ф.А., Кутлин Н.Г. Биометрические методы в биологии учебное пособие. Бирск: Уфимский университет науки и технологий, 2024. 140 с.
8. Тагиров Х.Х., Шакиров Р.Р., Миронова И.В. Особенности репродуктивной функции телок черно-пестрой породы при использовании пробиотической кормовой добавки "Биогумитель" // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 2 (80). С. 62-67.
9. Тагиров Х.Х., Шакиров Р.Р. Воспроизводительные качества телок чёрно-пёстрой породы на фоне скармливания пробиотической кормовой добавки Биогумитель // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (41). С. 129-132.
10. Технологии первичной переработки продуктов животноводства. Технология молока и молочных продуктов. Лабораторный практикум / З. А. Галиева, Ф. А. Гафаров, М. Б. Ребезов [и др.]. Алматы: Международное агентство печати. 2015. 126 с.
11. Collins M.D., Gibson G.R. Probiotics, prebiotics and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut // Am. J. Clin. Nut. 1999. № 69. P. 1052-7.
12. Fuller R., Gibson G. Probiotics and prebiotics: microflora management for improved gut health // Clin Microbiol. Infect. 1998. Vol.4. P. 477-480.
13. London L.E., Price N.P., Ryan P., Wang L., Auty M.A., Fitzgerald G.F., Stanton C., Ross R.P. Characterization of a bovine isolate *Lactobacillus mucosae* DPC 6426 which produces an exopolysaccharide composed predominantly of mannose residues // J Appl Microbiol. 2014. Aug. 117(2). 509-17.

## TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF COW'S MILK WHEN USED IN THEIR DIETS THE PREMIX «MEGAMIX-OPTILAK»

©2024. Emilia Khamzиеvna Latypova<sup>1</sup>, Fatima Masfullovna Gafarova<sup>2</sup>, Nikolai Georgievich Kutlin<sup>3</sup>, Fanus Alkhapovich Gafarov<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>FSBEI HE Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>3</sup>FSBEI HE Ufa University of Science and Technology, BirsK Branch, Ufa, Russia

<sup>1</sup>[Emiliya.latypova@yandex.ru](mailto:Emiliya.latypova@yandex.ru)

**Abstract.** In the process of milk production, proper feeding is the basis of all processes associated with increasing milk yield and its quality by enriching the composition and changing its properties. This article presents the results of studies of milk obtained from black-and-white cows that received the Megamix-Optilak premix with the diet. For cows of the first experimental group, the feed included the Megamix-Optilak premix at a dose of 100 g/head per day, the second experimental group - 150 g/head per day, and the third experimental group - 200 g/head per day. The cows of the

experimental groups had the highest milk yields over 305 days of lactation and a higher content of milk components. The intergroup values of their difference in milk yield with their peers in the control group in favor of the experimental groups were 236.6 kg (4.0%;  $P \geq 0.05$ ) for cows of experimental group I, and 466.2 kg (7.87%) for cows of experimental group II. ;  $P < 0.01$ ) and III experimental – 605.4 kg (10.22%;  $P < 0.001$ ). In terms of the technological properties of milk, the experimental groups also had higher indicators. The highest values were in experimental group III. The difference in the number of fat globules in 1 ml of milk, with a fairly high degree of reliability  $P \leq 0.01$ , is observed between the control and experimental groups II and III. Thus, for the II experimental group it amounted to 0.29 billion (6.40%), for the III experimental group - 0.34 billion (7.51%). The use of the studied premix “Megamix-Optilak” when feeding lactating cows had a positive effect on the process of increasing milk productivity and improving the technological properties of milk.

**Key words:** black-and-white breed, diet, premix, milk quality, milk proteins, milk fat, technological properties, separation

#### References

1. Latypova, E. Kh. Morfologicheskij sostav krovi krupnogo rogatogo skota pri skarmlivanii premiksa «Megamiks OPTILAK» (Morphological composition of the blood of cattle when fed with the premix "Megamix OPTILAK" // Perspective scientific research of higher education: Materials of the All-Russian student scientific conference, Ryazan, May 25, 2023. Volume Part I. – Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva, 2023. Pp. 149-150.
2. Senchenko O.V., Mironova I.V., Kosilov V.I. Molochnaja produktivnost' i kachestvo moloka-syr'ja korov-pervotjokov chjorno-pjostroj porodny pri skarmlivanii jenergetika Promelakt (Milk productivity and quality of raw milk of first-calf cows of the black-and-white breed when feeding the energy drink Promelact) // News of the Orenburg State Agrarian University. – 2016. – No. 1(57). pp. 90-93.
3. Dolzhenkova G.M., Galieva Z.A. Jefferktivnost' ispol'zovanija pitatel'nyh veshhestv i jenerгии racionov bychkami cherno-pestroj porodny pri ispol'zovanii kormovoj dobavki Biodarin (Efficiency of use of nutrients and energy of diets by black-and-white bulls using the feed additive Biodarin) // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2016. No. 3. P. 40-45.
4. Gafarova F.M., Gafarov F.A. Vosproizvodstvo stada - osnova molochnoj produktivnosti korov (Reproduction of the herd is the basis of milk productivity of cows) // Innovations, environmental safety, equipment and technologies in the processing of agricultural products. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Bashkir State Agrarian University", Faculty of Food Technologies, Department of Meat and Milk Technology. 2010. pp. 54-55.
5. Gafarov F.A., Gafarova F.M. Molochnaja produktivnost' i tehnologicheskie svojstva moloka korov raznyh genotipov (Milk productivity and technological properties of milk from cows of different genotypes) // Prospects for the development of food resources production and the food market / materials of the international scientific and practical conference (within the framework of the VIII international specialized exhibition "ProdUral-2002"). 2002. pp. 140-141.
6. Kutlin Yu.N., Kutlin N.G., Onina S.A., Gafarov F.A. Statisticheskaja obrabotka v biologicheskix issledovanijah: uchebnoe posobie (Statistical processing in biological research: a textbook). Birsks: Ufa University of Science and Technology, 2022. 118 p.
7. Kutlin Yu.N., Gafarov F.A., Kutlin N.G. Biometricheskie metody v biologii: uchebnoe posobie (Biometric methods in biology textbook). Birsks: Ufa University of Science and Technology, 2024. 140 p.
8. Tagirov Kh.Kh., Shakirov R.R., Mironova I.V. Osobennosti reproduktivnoj funkcii telok cherno-pestroj porodny pri ispol'zovanii probioticheskoy kormovoj dobavki "Biogumitel'" (Features of the reproductive function of black-and-white heifers using the probiotic feed additive "Biogumitel'") // Bulletin of beef cattle breeding. 2013. No. 2 (80). Pp. 62-67.
9. Tagirov Kh.Kh., Shakirov R.R. Vosproizvoditel'nye kachestva tjokok chjorno-pjostroj porodny na fone skarmlivanija probioticheskoy kormovoj dobavki Biogumitel' (Reproductive qualities of black-and-white heifers fed with the probiotic feed additive Biogumitel'). News of the Orenburg State Agrarian University. 2013. No. 3 (41). Pp. 129-132.
10. Tehnologii pervichnoj pererabotki produktov zhivotnovodstva. Tehnologija moloka i molochnyh produktov. Laboratornyj praktikum (Technologies for primary processing of livestock products. Technology of milk and dairy products. Laboratory workshop) / Z. A. Galieva, F. A. Gafarov, M. B. Rebezov [etc.]. – Almaty: International Press Agency, 2015. 126 p.
11. Collins M.D., Gibson G.R. Probiotics, prebiotics and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut // Am. J. Clin. Nut. 1999. No. 69. R. 1052-7.
12. Fuller R., Gibson G. Probiotics and prebiotics: microflora management for improved gut health // Clin Microbiol. Infect. 1998. Vol.4. P. 477-480.
13. London L.E., Price N.P., Ryan P., Wang L., Auty M.A., Fitzgerald G.F., Stanton C., Ross R.P. Characterization of a bovine isolate *Lactobacillus mucosae* DPC 6426 which produces an exopolysaccharide composed predominantly of mannose residues // J Appl Microbiol. 2014. Aug. 117(2). 509-17.

#### Сведения об авторах

Э.Х. Латыпова<sup>1</sup> – аспирант;

Ф.М. Гафарова<sup>2</sup> – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Н.Г. Кутлин<sup>3</sup> – доктор биологических наук, профессор;

**Ф.А. Гафаров<sup>4</sup>** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

<sup>1,2,4</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Республика Башкортостан, ул. 50-летия Октября, 34

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», 452453, Башкортостан, г. Бирск, ул. Интернациональная, 10

<sup>1</sup>Emiliya.latipova@yandex.ru

<sup>2,4</sup>fanus.ga1959@mail.ru

<sup>3</sup>kutlin52@list.ru

#### Information about the authors

**Е.Н. Latypova<sup>1</sup>** – Postgraduate Student;

**Ф.М. Gafarova<sup>2</sup>** – Cand. Agr.Sci., Associate Professor;

**Н.Г. Kutlin<sup>3</sup>** – Dr. Biol. Sci., Professor;

**Ф.А. Gafarov<sup>4</sup>** – Cand. Agr.Sci., Associate Professor.

<sup>1,2,4</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", 34, 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa University of Science and Technology", 10, Internatsional'naya Str., Birsk, Republic of Bashkortostan, 452453, Russia

<sup>1</sup>Emiliya.latipova@yandex.ru

<sup>2,4</sup>fanus.ga1959@mail.ru

<sup>3</sup>kutlin52@list.ru

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 02.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 02.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

## ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ ВАКЦИННЫХ ШТАММОВ BRUCELLA ABORTUS ПРИ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

©2024. Рамиль Юнусович Насибуллин<sup>1</sup>, Максим Аркадьевич Косарев<sup>2</sup>, Гульнара Минирашитовна Сафина<sup>3</sup>, Айсылу Завдатовна Мухарлямова<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

<sup>1</sup> [n-ramil@bk.ru](mailto:n-ramil@bk.ru)

**Аннотация.** В работе использованы вакцинные штаммы *Brucella abortus* – R-1096 и 82. Глубинное культивирование осуществляется в трёхфазном аэросмесителе с блоком контроля и управления процессом ТАЭС-1 ёмкостью 10 литров. Процесс культивирования длился 96 часов. Подача воздуха осуществлялась с помощью микронасоса, перемешивание – с помощью активатора. Реакция среды поддерживалась в пределах pH 6,8-7,0, что подтверждалась результатами анализов. Пробы среды брали через каждые 12-24 часа. Опыты по изучению влияния аминокислот на рост бруцелл проводили двумя вариантами: добавлением их в отдельности в среду и исключением каждой аминокислоты из полного их набора в среде, также судили по концентрации микробов после инкубации. Контролем служили среда без аминокислот и среда с полным их набором. Аминокислотный состав среды определяли с помощью хроматографа (ВЭЖХ). При добавлении к синтетической среде глутаминовой кислоты и глутаминна наблюдался лучший рост микробов всех трех штаммов. Высока роль витаминов в росте всех изучаемых культур бруцелл, так как в среде без витаминов рост всех штаммов сокращался вдвое по сравнению со средой с полным их набором. В процессе работы было доказано, что используемая полусинтетическая среда является полноценной средой для культивирования бруцелл, не уступающая по ростовым свойствам неопределённого состава – печёночно-пептонному бульону и бульону Хоттингера. Важнейшими источниками азотистого питания культур бруцелл штаммов 82 и R 1096 является глутаминовая кислота, цистин, аланин, глицин, серин, триптофан, фенилаланин и гистидин. Культуры бруцелл штаммов 82 и R 1096 способны в определенных условиях синтезировать отдельные аминокислоты – лизин, аргинин, треонин, лейцин, тирозин и аспарагиновую кислоту, которая являлась ингибитором их роста.

**Ключевые слова:** глубинное культивирование, аминокислоты, обменные процессы, синтетическая среда, бруцеллы, микробы, хроматографический анализ

**Введение.** Обменные процессы у микробов определяют их вирулентность и патогенность [9, 10]. Изучение их позволяет решать вопросы патогенеза, диагностики, получения живых и химических вакцин против инфекционных заболеваний. Значительный интерес представляет, с этой точки зрения, обмен аминокислот у микробов [2, 3]. Ряд авторов подчеркивает видовые и индивидуальные особенности обмена аминокислот у бруцелл [1, 4, 13]. В литературе имеются сведения об обмене аминокислот у бруцелл, однако они противоречивы [7, 8]. Одни авторы считают, что для бруцелл

достаточно содержания в среде глутаминовой кислоты, аланина, лизина, гистидина, метионина, цистеина, однако другие предлагают использовать среду, содержащую только два источника азота — глутаминовую кислоту и аспарагин [5, 6, 11, 12]. Целью настоящей работы является изучение обмена аминокислот у вакцинных штаммов *Brucella abortus* при глубинном культивировании.

**Методика.** В работе использованы вакцинные штаммы *Brucella abortus* – R-1096 и 82. Глубинное культивирование осуществляется в трёхфазном аэросмесителе с блоком контроля и управления процессом ТАЭС-1 ёмкостью 10 литров.

Опыты по изучению влияния аминокислот на рост бруцелл проводили двумя вариантами: добавлением их в отдельности в среду и исключением каждой аминокислоты из полного их набора в среде. Использовали 20 белковых аминокислот и орнитин. Среду разливали в пробирки по 10 мл, добавляли соответствующую аминокислоту или смесь их, автоклавились 30 минут при 0,5 атм. Посев микробов проводили из расчёта 60 млн/мл среды и инкубировали в течение 5 суток. Аминокислоты брали в количестве 0,001 моля. О влиянии аминокислот на рост бруцелл судили по концентрации микробов после инкубации. Контролем служили среда без аминокислот и среда с полным их набором.

Для глубинного культивирования в синтетическую среду вносили 1 % гидролизата лактоальбумина, разливали ее в специальные установки, стерилизовали, после чего производили посев бруцелл из расчета 120 млн/мл среды. Культивировали в течение 96 часов. Воздух подавался с помощью микронасоса, перемешивание осуществлялось с помощью активатора. Реакция среды поддерживалась в пределах pH 6,8-7,0. Через каждые 12-24 часа брали пробы для анализов.

Концентрацию микробов определяли нефелометрически. Чистоту культуры проверяли микроскопией и путем высева на печеночный агар в чашки Петри. Белок определяли по Лоури, азот аминокислот – нингидриновым методом.

Аминокислотный состав среды определяли хроматографически, методом обращенно-фазной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Использовалась система ВЭЖХ Agilent 1100, которая состояла из бинарного насоса, флуоресцентного детектора и автосамплера. Применялись реагенты ацетонитрил, метанол (оба квалификации «для хроматографии»,

Merck, Германия), двузамещенный фосфат натрия (ЛЕНРЕАКТИВ, Россия), О-фталдиальдегид (Sigma-Aldrich, США), 3-меркаптопропионовая кислота (Sigma-Aldrich, США), 9-фторенилметилхлороформиат (Sisco Research Laboratories, Индия).

Пробоподготовку проводили согласно методу. Исследуемый образец центрифугировали при 15000 об./мин в течение 10 мин. Для депротеинизации отобранный супернатант пропускали через шприцевой фильтр с диаметром пор 0,22 мкм (PTFE). Поскольку большинство аминокислот не дают флуоресценции, для чувствительного обнаружения аминокислот необходима дериватизация с использованием соответствующих реагентов для получения флуоресцентных соединений. Для этого полученный фильтрат переливали во флаконы для проведения реакции дериватизации. К фильтрату добавляли растворы О-фталдиальдегида и 3-меркаптопропионовой кислоты в соотношении 1:1 по объему и тщательно перемешивали в течение 20 секунд. Далее добавляли 9-фторенилметилхлороформиат и перемешивали 20 секунд. После дериватизации смесь вводили в прибор для хроматографического разделения. На данном этапе использовали обращенно-фазную колонку Agilent Zorbax C18 (4,6\*150 мм, с размером частиц сорбента 3,5 мкм). Использовали защитную предколонку Phenomenex C18 (4,0\*3,0 мм) производства (Phenomenex, США). Работа проводилась при комнатной температуре, в градиентном режиме (табл. 1). Подвижные фазы: А - 40 ммоль/л Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> при pH 7,8; В - 45% ацетонитрила, 45% метанола, 10% воды. Скорость потока поддерживалась на уровне 2,0 мл/мин на протяжении всего анализа. Длина волны возбуждения 266 нм, длина волны испускания 305 нм.

Таблица 1

Условия градиентного режима

Время, мин	Мобильная фаза А	Мобильная фаза В
0,00	100,0	0,0
1,90	100,0	0,0
8,00	79,7	21,3
19,30	44,8	55,2
19,80	0,0	100,0
23,50	0,0	100,0
24,40	100,0	0,0
25,20	100,0	0,0

**Результаты.** Концентрация бруцелл в синтетической среде с полным набором аминокислот составила (107 м. к./мл) 100,0-20,0 – у штамма 82, 76,0±4,2 – у штамма R-1096. В контрольной среде без аминокислот

рост бруцелл был незначительный.

Данные о влиянии отдельных аминокислот и их смеси в среде на рост бруцелл приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние аминокислот на рост бруцелл в синтетической среде (увеличение (+) или уменьшение (-) концентрации микробов (107 м.к./мл) по сравнению с контролем)

Аминокислоты	Добавление отдельных аминокислот в среду		Исключение отдельных аминокислот из полного их набора в среде	
	шт. 82	шт. R-1096	шт. 82	шт. R-1096
ДЛ- лизин	+4,0	+4,5	-	-
Л – гистидин	+4,0	+3,5	-15,0	-46,0
Л – аргинин	+8,0	+3,5	-	-
ДЛ - аспаргиновая кислота	-5,0	-2,5	-	-
ДЛ – треонин	-	-	-	-
ДЛ – серин	-	-	-	-
Л – глутаминовая кислота	+47,0	+10,5	-30,0	-56,0
Л – глутамин	+4,0	+10,5		
ДЛ- пролин	+9,0	+5,5	-	-
Глицин	+11,0	+8,5	-	-
ДЛ – альфа-аланин	+7,0	-	-	-
ДЛ – бета-аланин	+14,0	+8,5	-	-
Л – цистин	+5,0	+0,5	-	-
Л – цистеин	-	-	-	-
ДЛ – валин	-	-	-	-
ДЛ - метионин	-	-	-	-
ДЛ – норлейцин	-	-	-	-
ДЛ – лейцин	-	-	-	-
ДЛ – фенил-альфа-аланин	-	-	-	-
ДЛ – триптофан	+9,0	+5,5	-	-
ДЛ - орнитин	-	+3,5	-	-31,0

Лучший рост микробов всех трех штаммов обеспечивался при добавлении к синтетической среде глутаминовой кислоты и глутамина. При этом концентрация бруцелл превышала контроль в 2,5-5 раз. Хороший рост бактерий обеспечивали глицин и аланин. Отмечено стимулирующее влияние на рост бруцелл триптофана, лизина, гистидина, цистина. В среде с орнитином отмечается рост только бруцелл штамма R-1096. Исключение из полного набора аминокислот в среде глутаминовой кислоты и гистидина приводило к резкому ослаблению роста всех штаммов бруцелл, что свидетельствует об их важном значении в питании этих микробов. Аспарагиновая кислота ингибировала рост двух штаммов — 82 и R-1096.

Установлена важная роль витаминов в росте всех изучаемых культур бруцелл. В среде без витаминов рост всех штаммов сокращался вдвое по сравнению со средой с полным их набором.

Более исчерпывающие данные были получены при качественном и количественном анализе динамики изменения содержания аминокислот в среде при глубинном культивировании бруцелл. Наибольшая концентрация микробов составила у штаммов R-1096 (22,2 млрд/мл) и 82 (18,4 млрд/мл). Используемая нами полусинтетическая среда по ростовым свойствам непеченочно-пептонному бульону и бульону Хоттингера. В ней обнаружено 18 аминокислот (табл. 3). В наибольшем количестве содержатся лизин, лейцин, глутаминовая кислота, изолецин, аланин, валин. Количество аминного азота равнялось 53.81±1.39 мг%, полипептидов – 550,0±18,0 мг%. Электрофорезом в полиакриламидном геле установлено, что полипептиды разделяются на три фракции. Молекулярный вес основной фракции лежит в пределах 34-44 тыс., а двух небольших быстроподвижных фракций около 13 тыс.

Таблица 3

Аминокислотный состав исходной среды

Аминокислоты	Количество, мкг/мл	Аминокислоты	Количество, мкг/мл
Лизин	648,8	Аланин	315,9
Гистидин	80,9	Цистин	126,2
Аргинин	39,0	Валин	370,0
Аспаргиновая кислота	85,3	Метионин	114,4
Треонин	208,3	Изолейцин	347,9
Серин	256,1	Лейцин	618,3
Глутаминовая кислота	370,0	Тирозин	83,6
Пролин	85,9	Фенилаланин	267,3
Глицин	30,2	Триптофан	231,66

В таблице 4 приведены данные об изменении концентрации аминокислот в среде в период роста бруцелл. Исследования показали, что бруцеллы обладают изобретательной способностью в ассимиляции аминокислот. Все штаммы наиболее активно утилизируют глутаминовую кислоту, цистин, аланин, серин, триптофан, фенилаланин. Отмечено, количественное потребление аминокислот в первые двое суток культивирования бруцелл идёт, прежде всего, за счёт глутаминовой кислоты. Её количество через 24 часа уменьшается на 65-100 % от исходного содержания, а к 48 часам она полностью

исчезала из среды. Более интенсивное потребление аминокислот отмечалось при выращивании штамма R-1096. К 96 часам культивирования он полностью ассимилировал глутаминовую кислоту, цистин, гистидин, глицин, пролин, а также на 53-85 % от исходной концентрации – фенилаланин, триптофан, серин и аланин. Кроме того, этот штамм бруцелл к концу срока выращивания, когда указанные аминокислоты исчезали из среды или их количество сокращалось, начинал потреблять аргинин и тирозин, которые в первые двое суток он синтезировал.

Таблица 4

Изменение концентрации аминокислот в ростовой среде при глубинном культивировании бруцелл

Аминокислоты	Штамм R-1096				Штамм 82			
	Часы культивирования				Часы культивирования			
	24	48	72	96	24	48	72	96
Лизин	-29,1	+(32,2)	+(34,4)	+(34,4)	-23,2	+(31,1)	+(31,1)	+(33,0)
Гистидин	-30,8	-45,5	-64,4	-100,0	-	-43,5	-80,2	-100,0
Аргинин	+108,6	-245,4	-(48,5)	-(71,0)	+100,0	+114,1	+117,4	+583,1
Аспаргиновая кислота	+17,3	+29,4	+35,6	+44,9	+18,7	+193,6	+72,6	+83,4
Треонин	-	+23,4	+24,3	+24,3	+12,6	+101,0	+109,0	121,0
Серин	-35,6	-39,0	-55,3	-72,5	-24,4	-27,0	-27,3	-39,4
Глутаминовая кислота	-77,0	-100,0	-	-	-100,0	-	-	-
Пролин	-31,9	-34,3	-70,6	-100,0	-	-	-	-
Глицин	-30,1	-37,7	-100,0	-	-26,8	-28,1	-60,9	-100,0
Аланин	-21,5	-24,7	-61,0	-71,6	-33,5	-40,7	-40,9	-47,0
Цистин	-34,8	-69,5	-76,0	-100,0	-27,3	-45,6	-46,3	-49,0
Валин	-	-28,5	-29,4	-31,9	-	-	-	-незнач
Метионин	-40,9	-52,0	-52,1	-55,1	-	-	-	-23,4
Изолейцин	-	-22,1	-23,7	-25,4	-	-	-	-незнач
Лейцин	+356,6	+37,3	+43,9	+48,0	+26,2	+55,6	64,6	+65,7
Тирозин	-	84,3	-(30,1)	-(74,0)	-	+27,5	+37,1	+351,7
Фенилаланин	-40,3	-43,5	-55,5	-58,7	-	-17,3	-36,8	-40,0
Триптофан	-31,7	-32,8	-42,0	-61,4	-15,0	-31,7	-42,5	-52,5

Примечание: (+) накопление аминокислот в среде;  
 (-) потребление их в процентах к исходному содержанию.

В скобках – показатели к предыдущей достигнутой концентрации аминокислот

Как показали исследования, основным источником серы для бруцелл является цистин. При выращивании всех штаммов бруцелл, за исключением штамма 82, эта аминокислота полностью исчезала из среды к концу срока культивирования. При отсутствии цистина в среде бруцеллы использовали в конце срока культивирования другую серусодержащую аминокислоту - метионин, содержание которого уменьшалось на 23-55 %. Бруцеллы штамма R-1096 потребляли метионин одновременно с цистином, однако менее интенсивно.

Штаммы в первые 24-48 часов выращивания интенсивно усваивали лизин. Однако затем синтезировали до конца срока инкубации, и содержание его достигало исходного уровня.

Отмечены особенности штаммов бруцелл по отношению к отдельным аминокислотам. Так, бруцеллы штамма R-1096 с первых часов выращивания потребляли пролин, который к концу срока полностью исчезал из среды. Бруцеллы штамма 82 данную аминокислоту совершенно не использовали.

Установлено, что в процессе культивирования бруцеллы синтезируют и выделяют в среду аргинин, треонин, лейцин и тирозин. Наиболее активно накапливался в среде лейцин. Количество его увеличивалось до 296,7-488,0 мкг/мл среды. Концентрация аргинина повышалась по сравнению с исходной в 3,4-6,8 раза, треонина – в 1,2-2,6 раза, тирозина – в 1,8-4,5 раза. Треонин и тирозин более интенсивно синтезировались бруцеллами штамма 82 (больше по сравнению с остальными).

Бруцеллы всех штаммов синтезировали аспарагиновую кислоту. Ее содержание увеличивалось к концу срока инкубации в 1,4-2,1 раза.

Валин и изолейцин потреблялись всеми штаммами в небольшом количестве главным образом к концу срока культивирования, когда создавался дефицит по другим аминокислотам.

Несмотря на значительное потребление многих аминокислот бруцеллами, резкого спада содержания аминного азота в среде в процессе культивирования микробов не отмечено. Это связано, видимо, с тем, что наряду с утилизацией аминокислот данными бактериями происходил синтез и выделение отдельных из них в культуральную жидкость.

Гидролитическая активность бруцелл в экспериментах не установлена. Об этом свидетельствует отсутствие расщепления, содержащихся в среде полипептидов.

Следует подчеркнуть, что данные обоих опытов (влияние аминокислот на рост бруцелл и глубинное культивирование), несмотря на разные их методические приемы, по основным показателям (интенсивность роста микробов, значение отдельных аминокислот для питания бруцелл) совпадают и дополняют друг друга.

#### **Выводы.**

1. Используемая полусинтетическая среда является полноценной средой для культивирования бруцелл, не уступающая по ростовым свойствам неопределённого состава – печёночно-пептонному бульону и бульону Хоттингера.

2. Важнейшими источниками азотистого питания культур бруцелл штаммов 82 и R 1096 являются глутаминовая кислота, цистин, аланин, глицин, серин, триптофан, фенилаланин и гистидин.

3. Культуры бруцелл штаммов 82 и R 1096 способны в определенных условиях синтезировать отдельные аминокислоты – лизин, аргинин, треонин, лейцин, тирозин и аспарагиновую кислоту, которая являлась ингибитором их роста.

#### **Список источников**

1. Вербицкий, А. А., Медведев А. П. Питательные среды и культивирование микроорганизмов // Витебская государственная академия ветеринарной медицины. Витебск: ВГАВМ, 2008. С. 236.
2. Девришов Д.А., Шведов В.В., Шведов Д.В., Бедоева З.М. Сравнительная оценка ростовых свойств производственных культур бруцелл на различных питательных средах // Ветеринарная медицина. 2014. № 1. С.19–34.
3. Кабахова П.М., Хаиров С.Г., Юсупов О.Ю., Яникова Э.А. Сравнительное изучение разных питательных сред для промышленного культивирования бруцелла абортус 19 // Ветеринарная медицина. 2014. № 2. С.6–8.
4. Ковтун Ю.С., Курилова А.А., Катунина Л.С., Василенко Е.И. Питательные среды для диагностики бруцеллеза // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 4 С. 17-22
5. Ковтун Ю. С., Курилова А. А., Катунина Л. С., Василенко Е. И. Сравнительная оценка белковых гидролизатов при разработке на их основе питательной среды для культивирования бруцелл // Проблемы особо опасных инфекций. 2016. № 4. С.93–97.

6. Косарев М.А., Фомин А.М., Сафина Г.М., Григорьева С.А., Тухватуллина Л.А. Изучение культурально-морфологических свойств бруцелл вида *Abortus*, находящихся в различной степени диссоциации // Ветеринарный врач. 2018. №4 С. 14-18
7. Медведев А.П., Даровских С.В., Юдалин А.М. Влияние качества посевного материала на рост сальмонелл при глубинном культивировании // Уч. записки УО «Витебская госуд. академия ветер. медицины». Витебск. 2004, т. 40. ч.1.С. 253.
8. Пяткова Н.В., Суслопаров А.А., Федотов А.К., Юдников В.А., Полищук В.И., Охупкина В.Ю., Дармов И.В. Способ получения биомассы бруцелл вакцинных штаммов при глубинном выращивании с использованием жидкой питательной среды минимизированного состава // Патент РФ 2687373, опубл.13.05.2019 г. Бюл. № 14.
9. Раевский А.А. Разработка управляемого процесса культивирования *Pasterella multocida* при производстве вакцин: автореф. дисс.... канд. биол. наук., 2002. С. 24.
10. Федорова О.В., Понкратова С.А., Валеева Р.Т., Исламгулов И.Р. Питательные среды в производствах медицинских и ветеринарных препаратов // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. №4 С. 130-133
11. Elisabeth L. Schwarz, William L. Roberts, Marzia Pasquali Analysis of plasma amino acids by HPLC with photodiode array and fluorescence detection // Clinica Chimica Acta. 2005. Vol. 354. P. 83–90
12. Olsen S.C., Bricker B., Palmer M.V. Responses of cattle to two dosage of *Brucella abortus* strain RB-51 serology, clearance and efficacy // Res. in veter. sc. 1999. Vol.66. №2. P. 101-105.
13. Tabatabai L.B., Deyoe B.L., Patterson J.M. Immunogenicity of *Brucella abortus* saltextractable proteins // Veter. Microbiol. 1989. Vol. 20. №1. P. 49-58.

## AMINO ACID EXCHANGE OF BRUCELLA ABORTUS VACCINE STRAINS DURING SUBMERGED CULTIVATION

©2024. Ramil Yu. Nasibullin<sup>1</sup>, Maxim A. Kosarev<sup>2</sup>, Gulnara M. Safina<sup>3</sup>, Aisylu Z. Mukharlyamova<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

<sup>1</sup>[n-ramil@bk.ru](mailto:n-ramil@bk.ru)

**Abstract.** The vaccine strains of *Brucella abortus* - *R-1096* and *82* were used in the studies. Submerged cultivation is carried out in a three-phase air mixer with a TAES-1 process monitoring and control unit with the capacity of 10 liters. The cultivation process took 96 hours. Air supply was carried out using a micropump, mixing - using an activator. The reaction of the medium was maintained within the pH range of 6.8–7.0, which was confirmed by the test results. Medium samples were taken every 12–24 hours. Experiments to study the effect of amino acids on the growth of *Brucella* were carried out in two ways: adding them separately to the medium and excluding each amino acid from their complete set in the medium; they were also judged by the concentration of microbes after incubation. The controls were a medium without amino acids and a medium with their full set. The amino acid composition of the medium was determined using a chromatograph (HPLC). When glutamic acid and glutamine were added to the synthetic medium, better growth of microbes of all three strains was observed. The role of vitamins in the growth of all studied *Brucella* cultures is high, since in a medium without vitamins the growth of all strains was halved compared to a medium with a full set of them. During the experiment it was proven that the semi-synthetic medium used is a complete medium for the cultivation of *Brucella*, not inferior in growth properties to the unknown composition - liver-peptone broth and Hottinger broth. The most important sources of nitrogen nutrition for *Brucella* strains *82* and *R-1096* are glutamic acid, cystine, alanine, glycine, serine, tryptophan, phenylalanine and histidine. Under certain conditions cultures of *Brucella* strains *82* and *R-1096* are able to synthesize individual amino acids - lysine, arginine, threonine, leucine, tyrosine and aspartic acid, which was an inhibitor of their growth.

**Key words:** submerged cultivation, amino acids, metabolic processes, synthetic medium, *Brucella*, microbes, chromatographic analysis

### References

1. Verbitskii, A. A., Medvedev A. P. Pitatel'nye sredy i kul'tivirovanie mikroorganizmov (Nutrient media and cultivation of microorganisms), Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny, Vitebsk, VGAVM, 2008, p. 236.
2. Devrishov D.A., Shvedov V.V., Shvedov D.V., Bedoeva Z.M. Sravnitel'naya otsenka rostovykh svoystv proizvodstvennykh kul'tur brutsell na razlichnykh pitatel'nykh sredakh (Comparative assessment of the growth properties of production *Brucella* cultures on various nutrient media), Veterinarnaya meditsina, 2014, No. 1, pp.19–34.
3. Kabakhova P.M., Khairov S.G., Yusupov O.Yu., Yanikova E.A. Sravnitel'noe izuchenie raznykh pitatel'nykh sred dlya promyshlennogo kul'tivirovaniya brutsella abortus 19 (Comparative study of different nutrient media for industrial cultivation of *Brucella abortus* 19), Veterinarnaya meditsina, 2014, No. 2, pp.6–8.

4. Kovtun Yu.S., Kurilova A.A., Katunina L.S., Vasilenko E.I. Pitatel'nye sredy dlya diagnostiki brutselleza (Nutrient media for the diagnosis of brucellosis), FKUZ «Stavropol'skii nauchno-issledovatel'skii protivochumnyi institut», Stavropol', RF, Problemy osoboopasnykh infektsii, 2019, No. 4 pp. 17-22
5. Kovtun Yu. S., Kurilova A. A., Katunina L. S., Vasilenko E. I. Sravnitel'naya otsenka belkovykh gidrolizatsionnykh sredy dlya kul'tivirovaniya brutsell (Comparative assessment of protein hydrolysates in the development of a nutrient medium for the cultivation of Brucella based on them), Problemy osoboopasnykh infektsii, 2016, No. 4, pp. 93–97.
6. Kosarev M.A., Fomin A.M., Safina G.M., Grigor'eva S.A., Tukhvatullina L.A. Izuchenie kul'tural'no-morfologicheskikh svoystv brutsell vida Abortus, nakhodyashchikhsya v razlichnoi stepeni dissotsiatsii (The study of the cultural and morphological properties of Brucella Abortus species, which are in varying degrees of dissociation), Veterinarnyi vrach, 2018, No. 4, pp. 14-18
7. Medvedev A.P., Darovskikh S.V., Yudasin A.M. Vliyaniye kachestva posevnogo materiala na rost sal'monell pri glubinnom kul'tivirovanii (The influence of the quality of inoculum on the growth of Salmonella during submerged cultivation), Uch. zapiski UO «Vitebskayagosud. akademiya veter. meditsiny», Vitebsk, 2004, t. 40, ch.1, p. 253.
8. Pyatkova N.V., Susloparov A.A., Fedotov A.K., Yudnikov V.A., Polishchuk V.I., Okhapkina V.Yu., Darmov I.V. Sposob polucheniya biomassy brutsell vaktsinnykh shtammov pri glubinnom vyrashchivaniy s ispol'zovaniem zhidkoi pitatel'noi sredy minimizirovannogo sostava (Method for obtaining biomass of Brucella vaccine strains during submerged cultivation using a liquid nutrient medium of minimized composition), Patent RF 2687373, opubl.13.05.2019, g. Byul. No. 14.
9. Raevskii A.A. Razrabotka upravlyаемог protsessа kul'tivirovaniya Pasterellamultocida pri proizvodstve vaktsin (Development of a controlled cultivation process for Pasterellamultocida in vaccine production): avtoref. diss. kand. biol. nauk., 2002, p. 24.
10. Fedorova O.V., Ponkratova S.A., Valeeva R.T., Islamgulov I.R. Pitatel'nye sredy v proizvodstvakh meditsinskikh i veterinarnykh preparatov (Nutrient media in the production of medical and veterinary drugs), Vestnik tekhnologicheskogo universiteta, 2017, Vol.20, No 4, pp. 130-133.
11. Elisabeth L. Schwarz, William L. Roberts, MarziaPasquali Analysis of plasma amino acids by HPLC with photodiode array and fluorescence detection, ClinicaChimicaActa, 2005, Vol. 354, pp. 83–90.
12. Olsen S.C., Bricker B., Palmer M.V. Responses of cattle to two dosage of Brucella abortus strain RB-51 serology, clearance and efficacy // Res. in veter. sc. 1999. Vol.66. №2, pp. 101-105.
13. Tabatabai L.B., Deyoe B.L., Patterson J.M. Immunogenicity of Brucella abortus salt extractable proteins // Veter. Microbiol. 1989. Vol. 20. №1. pp. 49-58.

*Сведения об авторах*

**Р. Ю. Насибуллин<sup>1</sup>** - научный сотрудник;

**М. А. Косарев<sup>2</sup>** - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;

**Г. М. Сафина<sup>3</sup>** - кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник;

**А. З. Мухарьямова<sup>4</sup>** - научный сотрудник.

<sup>1,2,3,4</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»), отделение бактериологии, лаборатория бактериальных зооантропонозов<sup>1,2,3</sup>, отделение токсикологии, лаборатории физико-химического анализа<sup>4</sup>, Научный городок-2, Казань, Россия

<sup>1</sup>[n-ramil@bk.ru](mailto:n-ramil@bk.ru)

<sup>2</sup>[2531468@mail.ru](mailto:2531468@mail.ru)

<sup>3</sup>[narka1976@mail.ru](mailto:narka1976@mail.ru)

<sup>4</sup>[muharlyamova82@mail.ru](mailto:muharlyamova82@mail.ru)

*Information about the authors*

**R. Y. Nasibullin<sup>1</sup>** - Researcher;

**M. A. Kosarev<sup>2</sup>** – Cand. Biol. Sci., Leading Researcher;

**G. M. Safina<sup>3</sup>** – Cand. Vet. Sci., Leading Researcher;

**A. Z. Mukharlyamova<sup>4</sup>** - Researcher;

<sup>1,2,3,4</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety" (FSBI "FCTRB-VNIVI"), Department of Bacteriology, Laboratory of Bacterial Zoonoses<sup>1,2,3</sup>, Department of Toxicology, Laboratory of Physico-chemical Analysis<sup>4</sup>, Nauchnyj gorodok-2, Kazan, Russia

<sup>1</sup>[n-ramil@bk.ru](mailto:n-ramil@bk.ru)

<sup>2</sup>[2531468@mail.ru](mailto:2531468@mail.ru)

<sup>3</sup>[narka1976@mail.ru](mailto:narka1976@mail.ru)

<sup>4</sup>[muharlyamova82@mail.ru](mailto:muharlyamova82@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 26.02.2024; одобрена после рецензирования 20.03.2024; принята к публикации 10.05.2024

The article was submitted 26.02.2024; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 10.05.2024

---

Научная статья

УДК 636.2 : 636.08

doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_139

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА В КОРМЛЕНИИ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ

©2024. Владимир Александрович Плешков<sup>1</sup>, Оксана Владимировна Смолковская<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1</sup>6110699@mail.ru

**Аннотация.** Целью исследования являлось установление эффективности использования ферментного препарата амилосубтилин в кормлении лактирующих коров. В соответствии с целью исследования нами были поставлены задачи, в которые входило: оценить молочную продуктивность лактирующих коров за период проведения исследования при использовании ферментного препарата; выявить влияние препарата на показатели качества молока; оценить экономический эффект от применения изучаемого препарата при производстве молока. В качестве объектов исследования выступали голштинизированные коровы черно-пестрой породы. Исследования проводились в зимне-стойловый период на протяжении 100 дней. Коровы контрольной и опытной групп находились в аналогичных условиях кормления и содержания. Разница в кормлении коров опытной и контрольной групп состояла в использовании амилосубтилина в количестве 0,5 г на одну голову в сутки коровам опытной группы. Применение в кормлении лактирующих коров изучаемого препарата положительно сказалось на показателях молочной продуктивности коров и экономической эффективности производства молока. В опытной группе коров зафиксированы более высокие показатели, и по сравнению с контрольной группой достоверная разница по среднесуточному надою составила в среднем 4,1 % или 0,9 кг ( $p \leq 0,05$ ). В результате большего надоя в период проведения исследования от коров опытной группы, при его реализации дополнительно получено прибыли 32617,5 рублей.

**Ключевые слова:** молочные коровы, ферменты, молоко, продуктивность, эффективность

**Введение.** Молочное скотоводство занимает важнейшее звено при обеспечении населения основными продуктами питания среди продуктивного животноводства. Вследствие этого молочное скотоводство и получило свое развитие в большинстве регионов Российской Федерации. Для стабильного и интенсивного развития необходимо изыскивать резервы, позволяющие увеличить поголовье крупного рогатого скота и повысить производство молока и мяса. Получение высоких показателей в животноводстве обусловлено наличием не только высокопродуктивных животных, но и созданием прочной кормовой базы [1-3].

Для этих целей, чтобы улучшить продуктивные показатели стада, в хозяйствах используют различные кормовые добавки в дополнение к основным кормам, имеющимся на сельскохозяйственном предприятии. Важным критерием является то, что питательные элементы корма, входящие в ежедневный рацион крупного рогатого скота, должны покрывать все потребности

животного. Элементы корма должны обеспечивать высокую производительность жизнедеятельности и получение высоких продуктивных показателей [4, 5].

Сбалансированное составление рационов по основным питательным веществам, витаминам, макро- и микроэлементам являются залогом высокой молочной продуктивности, поэтому необходимо выявлять оптимальные варианты кормления коров и внедрять их производство, причем применению специализированных премиксов следует уделять особое внимание [6-8].

Исследованиями ряда авторов подтверждается, что ферментные добавки могут способствовать повышению усвояемости крахмала и клетчатки у лактирующих коров, так например, в исследованиях, проведенных Z.K. Liu [9], установлено, что введение в рацион кормления смеси ферментов, состоящей из фибролитических ферментов (целлюлазы 3500 у.е./г, ксиланазы 2000 у.е./г и  $\beta$ -

глюканазы 17500 у.е./г) и амилолитического фермента (амилаза 37000 у.е./г), высокопродуктивным коровам раннего периода лактации повысило уровни активности  $\alpha$ -амилазы и ксиланазы в рубцовой жидкости, а также способствовало повышению молочной продуктивности на 5-7 % и имело тенденцию к повышению эффективности кормления коров на 3-4 %.

Исследование Milena Vugoni и др. показало, что энзимный комплекс из амилолитических и протеолитических ферментов, включающий в свой состав инактивированные дрожжи и сухой продукт, полученный в результате брожения *Aspergillus oryzae* (IMICC 507151), содержащий минимум 600 Ед амилазной активности на грамм, а также продукты ферментации (*NCIMB 30289*) и продукты ферментации *Trichoderma longibrachiatum* (*NCIMB 302545*), 7500 Ед. протеазной активности на грамм и 45 Ед. целлюлаз на грамм, способствовали увеличению надоев молока на 1,3 литра на 1 голову в сутки за счет улучшения усвояемости клетчатки и крахмала [10].

Установлено, что применение экзогенных фибролитических ферментов улучшает продуктивность жвачных животных. Комплексное применение таких ферментов, как ксиланаза, целлюлаза-ксиланаза, эстераза феруловой кислоты, целлюлаза-ФАЕ, эндоглюканаза-ксиланаза и амилаза- экзогенный протеолитический фермент, способствовало увеличению удоя у коров на 0,83 кг/сутки или 3,5 % молока [11].

На основании представленных данных актуальность исследования воздействия

ферментных препаратов на продуктивные показатели лактирующих коров не вызывает сомнения.

Целью наших исследований являлось установление эффективности использования ферментного препарата амилосубтилин (Россия) в кормлении лактирующих коров.

В соответствии с целью исследования нами были поставлены задачи:

- оценить молочную продуктивность лактирующих коров за период проведения исследования при использовании ферментного препарата;
- выявить влияние изучаемого препарата на показатели качества молока;
- оценить экономический эффект от применения амилосубтилина при производстве молока.

**Методика.** Исследования были проведены в условиях молочного товарного хозяйства Кемеровской области. Для реализации поставленной цели и задач исследования нами было сформировано 2 группы коров черно-пестрой породы по 10 голов в каждой, методом пар - аналогов (таблица 1). Исследования проводились в зимне-стойловый период 2022-2023 годов в течение 100 дней. Коровы контрольной и опытной групп находились в аналогичных условиях кормления и содержания.

При вечернем кормлении животным, участвующим в опыте, скармливали комбикорм в количестве трех килограммов. В период проведения эксперимента вместе с комбикормом каждой корове из опытной группы скармливали по 0,5 г амилосубтилина согласно схеме опыта.

Таблица 1

Схема научно-хозяйственного опыта

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Кол-во голов в группе	10	10
Длительность опыта, дн.	100	100
Особенности кормления	Основной рацион (ОР)	ОР + Амилосубтилин – 0,5 г на 1 голову в сутки
Количество лактаций	3	3
Живая масса, кг	533,0±6,3	525,0±5,8
Удой за последнюю лактацию, кг	7548,0±18,0	7593,0±18,3
Период продуктивного использования на начало опыта	4-5 месяц лактации	4-5 месяц лактации
Жир молока, %	3,5±0,02	3,5±0,02
Белок молока, %	3,2±0,02	3,2±0,02

В состав изучаемого препарата амилосубтилин входят:  $\alpha$ -амилаза (активность не менее 1500 ед/г), и  $\beta$ -глюканаза

(активность до 500 ед/г), ксиланаза (активность до 100 ед/г).

Дозировку дачи кормовой добавки рассчитывали, исходя из рекомендаций организации изготовителя.

Уровень молочной продуктивности коров определяли на основании контрольных доек один раз в декаду в течение 100 дней лактации.

Оценку показателей качества молока (жир, белок) проводили в лаборатории животноводческого предприятия на автоматическом анализаторе качества молока «Лактан» (СибagroПРИБОР, Россия).

Разные партии молока имеют разные характеристики по белку и жирам, причем эти характеристики различны от партии к партии у одного и того же поставщика. Для объективной оценки стоимости молока при приёмке на молокоперерабатывающих предприятиях используют пересчет согласно ГОСТ Р52054 – 2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия», где базисная общероссийская норма массовой доли жира

молока составляет 3,4 %, базисная норма массовой доли белка – 3,0 % [12].

Экономическую эффективность использования препарата определяли оценкой разницы между затратами на производство единицы продукции и выручкой от реализации произведенной продукции в контрольной и опытной группах.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Microsoft Excel (США) с подтверждением достоверности по критерию Стьюдента.

**Результаты.** Включение препарата амилосубтилин в количестве 0,5 г на 1 голову в сутки оказало положительное влияние на показатели молочной продуктивности опытного поголовья. Продуктивные показатели коров опытной группы различались, в сравнении с показателями полученными от животных контрольной группы (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивные показатели экспериментальных животных

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Голов	10	10
Среднесуточный удой, кг	21,9 ± 0,3	22,8 ± 0,3*
Удой за период опыта всего, кг	21900,0	22800,0
Жир, %	3,5 ± 0,02	3,5 ± 0,02
Белок, %	3,2 ± 0,01	3,2 ± 0,01
Пересчет молока по базису, кг	23008,9	23954,4

Примечание: здесь и далее разница достоверна при \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$

В процессе оценки удоев выявлено, что среднесуточный надой за период исследования в контрольной группе животных оказался меньше, чем в опытной группе коров в среднем на 4,1 % или 0,9 кг ( $p \leq 0,05$ ). Полученные результаты по среднесуточному удою указывают на положительный эффект от применения изучаемой ферментной добавки в рационе коров опытной группы.

Применение изучаемого ферментного препарата не оказало негативного влияния на качественные характеристики молока коров опытной группы. За период проведения исследования от коров опытной группы всего было получено молока натуральной жирности на 4,1 % или 900,0 кг больше, чем от коров контрольной группы.

Таблица 3

Показатели экономической эффективности эксперимента

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Получено молока по базису за период опыта, кг	23008,9	23954,4
Израсходовано ферментного препарата, кг	-	0,5
Стоимость препарата за 1 кг в 2022 году, руб.	-	950,0
Затраты на ферментный препарат, руб.	-	475,0
Затраты на производство молока, руб.	704085,0	704560,0
Выручка от реализации молока, руб.	805311,5	838404,0
Прибыль, руб.	101226,5	133844,0
Дополнительно получено прибыли, руб.	-	32617,5

При реализации молока на

молокоперерабатывающие предприятия осуществляют перевод на базисные значения. В нашем случае расчеты по ГОСТ Р52054 – 2003 «Молоко коровье сырое. Технические условия» показали, что по базисному значению жира 3,4 % и белка 3,0 % в опытной группе получено молока больше на 4,1 % или 945,5 кг, чем в контрольной группе.

Для определения экономического эффекта от использования амилосубтилина нами были изучены экономические показатели при производстве молока на животноводческом предприятии.

Расчеты экономических показателей (табл. 3), полученные в ходе исследования, представляют целесообразность включения изучаемого ферментного препарата в рационы дойных коров.

От животных опытной группы за период исследования получена большая прибыль при реализации молока, по сравнению с контрольной группой, на 32617,5 рубля.

**Выводы.** Поскольку на долю кормов приходится основная масса всех затрат, связанных с производством продукции животноводства, то важным фактором является

максимальное переваривание и расщепление кормов для лучшего всасывания питательных элементов в желудочно-кишечном тракте. Молочная продуктивность коров, наряду с полноценным рационом кормления, в значительной мере определяется ферментами, участвующими в процессе пищеварения.

Применение в кормлении лактирующих коров амилосубтилина в количестве 0,5 г на 1 голову в сутки положительно сказывается на показателях молочной продуктивности коров, качественных характеристиках молока и экономической эффективности производства молока. Установлено, что использование ферментного препарата способствует повышению среднесуточного надоя в среднем на 4,1 % или 0,9 кг ( $p \leq 0,05$ ). В результате большего надоя в период проведения исследования от коров опытной группы, при реализации молока дополнительно получено прибыли 32617,5 рубля.

Следовательно, включение амилосубтилина в рацион дойных коров благоприятно сказывается на их молочной продуктивности и экономических показателях производства молока..

#### Список источников

1. Дуборезов В., Некрасов Р., Пономарёв Н. Дифференцированное кормление молочного скота // Животноводство России. 2019. № 3. С. 57-58.
2. Иванов Ю.А., Скоркин В.К. Подготовка кормов к скармливанию - залог успеха в повышении молочной продуктивности коров // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 8. С. 29-32.
3. Иванова О.В., Иванов Е.А., Филипьев М.М. Биохимические показатели крови и продуктивность коров под действием комбинированной кормовой добавки // Вестник КрасГАУ. 2015. № 6. С. 29-33.
4. Кислякова Е.М. Интенсификация производства молока на основе прогрессивных приемов кормления коров в условиях Удмуртской Республики. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2020. 308 с.
5. Мицурина Е.А., Гамко Л.Н. Качественные показатели молока, продуктивность лактирующих коров и изменения состава крови при скармливании минеральных добавок // Аграрная наука. 2021. № 1. С. 26-29.
6. Фархутдинова А.Р., Сабитов М.Т., Маликова М.Г. Эффективность скармливания лактирующим коровам комплексной минерально-витаминной кормовой добавки «Надежда» // Главный зоотехник. 2021. № 6. С. 30-37.
7. Берсенева Р.А. Горелик О.В. Молочная продуктивность коров при использовании природной кормовой добавки // Молодежь и наука. 2023. № 4. С. 31-34.
8. Филинская О.В., Кеворкян С.А. Практические методы контроля полноценности кормления высокопродуктивных коров в условиях современного комплекса // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 4. С. 30-36.
9. Liu Z.K., Li Y., Zhao C.C. Effects of a combination of fibrolytic and amylolytic enzymes on ruminal enzyme activities, bacterial diversity, blood profile and milk production in dairy cows // Animal. The international journal of animal biosciences. 2022. № 8. С. 595-611.
10. Bugoni M. Feeding amylolytic and proteolytic exogenous enzymes: Effects on nutrient digestibility, ruminal fermentation, and performance in dairy cows // Journal of Dairy Science. 2023. № 5. С. 3192-3202.
11. Arriola K.G., Oliveira A.S., Ma Z.X. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows // Journal of Dairy Science. 2017. № 6. С. 4513-4527.
12. ГОСТ Р52054-2003. Молоко коровье сырое. Технические условия: государственный стандарт Российской Федерации: дата введения 2004-01-01 / Изд. официальное. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2018. 10 с.

## EFFECTIVENESS OF USE OF ENZYME PREPARATION IN FEEDING LACTATING COWS

©2024. Vladimir A. Pleshkov<sup>1</sup>, Oksana V. Smolovskaya<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup>6110699@mail.ru

**Abstract.** The aim of the study was to determine the effectiveness of using the enzyme preparation Amylosubtilin in feeding lactating cows. In accordance with the purpose of the study we set the following tasks: to evaluate milk productivity of lactating cows for the period of the study when using the enzyme preparation; to identify the effect of the preparation on milk quality indicators; to evaluate the economic effect of using the studied preparation in milk production. Holsteinized cows of black-and-brown breed served as objects of research. The research was carried out in the winter-laying period for 100 days. Cows of control and experimental groups were in similar conditions of feeding and keeping. The feeding of cows of experimental and control groups differed in the use of Amylosubtilin in the amount of 0.5 g per head per day for cows of the experimental group. The use of the studied preparation in the feeding of lactating cows had a positive effect on the indicators of milk productivity of cows and economic efficiency of milk production. In the experimental group of cows higher results were obtained, and in comparison with the control group the reliable difference in average daily milk yield amounted on average to 4.1% or 0.9 kg ( $p \leq 0.05$ ). As a result higher milk yield was obtained from the cows of the experimental group during the study period, and its selling gave additional profit of 32617.5 rubles.

**Key words:** milk cows, enzymes, milk, productivity, efficiency

#### References

1. Duborezov V., Nekrasov R., Ponomaryov N. Differencirovannoe kormlenie molochного skota (Differentiated feeding of dairy cattle) // Zhivotnovodstvo Rossii. 2019. № 3. S. 57-58.
2. Ivanov YU.A., Skorkin V.K. Podgotovka kormov k skarmlivaniyu - zalog uspekha v povyshenii molochной produktivnosti korov (Feed preparing for feeding is the key to success in increasing the milk productivity of cows) // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 8. S. 29-32.
3. Ivanova O.V., Ivanov E.A., Filipev M.M. Biohimicheskie pokazateli krovi i produktivnost' korov pod dejstviem kombinirovannoj kormovoj dobavki (Biochemical blood parameters and productivity of cows under the influence of a combined feed additive) // Vestnik KrasGAU. 2015. № 6. S. 29-33.
4. Kislyakova E.M. Intensifikaciya proizvodstva moloka na osnove progressivnyh priemov kormleniya korov v usloviyah Udmurtskoj Respubliki (Intensification of milk production based on progressive methods of feeding cows in the conditions of the Udmurt Republic). Izhevsk: Izhevskaya GSKHA, 2020. 308 s.
5. Micurina E.A., Gamko L.N. Kachestvennye pokazateli moloka, produktivnost' laktiruyushchih korov i izmeneniya sostava krovi pri skarmlivanii mineral'nyh dobavok (Qualitative indicators of milk, productivity of lactating cows and changes in blood composition when feeding mineral supplements) // Agrarnaya nauka. 2021. № 1. S. 26-29.
6. Farhutdinova A.R., Sabitov M.T., Malikova M.G. Effektivnost' skarmlivaniya laktiruyushchim korovam kompleksnoj mineral'no-vitaminnoj kormovoj dobavki «Nadezhda» (The effectiveness of feeding lactating cows the complex mineral and vitamin feed additive "Nadezhda") // Glavnyj zootekhnik. 2021. № 6. S. 30-37.
7. Bersenev R.A., Gorelik O.V. Molochnaya produktivnost' korov pri ispol'zovanii prirodnoj kormovoj dobavki (Milk productivity of cows when using natural feed additives) // Molodezh' i nauka. 2023. № 4. S. 31-34.
8. Filinskaya O.V., Kevorkyan S.A. Prakticheskie metody kontrolya polnocennosti kormleniya vysokoproductivnyh korov v usloviyah sovremennogo kompleksa (Practical methods for monitoring the completeness of feeding highly productive cows in a modern complex) // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2018. № 4. S. 30-36.
1. Liu Z.K., Li Y., Zhao C.C. Effects of a combination of fibrolytic and amylolytic enzymes on ruminal enzyme activities, bacterial diversity, blood profile and milk production in dairy cows // Animal. The international journal of animal biosciences. 2022. № 8. C. 595-611.
2. Bugoni M. Feeding amylolytic and proteolytic exogenous enzymes: Effects on nutrient digestibility, ruminal fermentation, and performance in dairy cows // Journal of Dairy Science. 2023. № 5. C. 3192-3202.
3. Arriola K.G., Oliveira A.S., Ma Z.X. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows // Journal of Dairy Science. 2017. № 6. C. 4513-4527.
12. GOST R52054-2003. Moloko korov'e syroe (Raw cow's milk). Tekhnicheskie usloviya: gosudarstvennyj standart Rossijskoj Federacii: data vvedeniya 2004-01-01 / Izd. oficial'noe. Moskva: IPK Izdatel'stvo standartov, 2018. 10 s.

#### Сведения об авторах

**В. А. Плешков**<sup>1</sup> - канд. с.-х. наук, доцент кафедры ветеринарии;

**О. В. Смоловская**<sup>2</sup> - канд. биол. наук, доцент кафедры ветеринарии.

<sup>1,2</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1</sup>6110699@mail.ru

<sup>2</sup>smol\_vet@mail.ru

#### Information about the authors

**V.A. Pleshkov**<sup>1</sup> - Cand. Agr. Sci., Associate Professor, Department of Veterinary Medicine;

**O.V. Smolovskaya**<sup>2</sup> – Cand. Biol. Sci., Associate Professor, Department of Veterinary Medicine.

<sup>1,2</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup>6110699@mail.ru

<sup>2</sup>smol\_vet@mail.ru

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 22.01.2024; одобрена после рецензирования 12.02.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 22.01.2024; approved after reviewing 12.02.2024; accepted for publication 10.05.2024*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКАРМЛИВАНИЯ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА СУКСУНСКИМ КОРОВАМ

©2024. Лариса Валентиновна Сычёва<sup>1</sup>, Ольга Юрьевна Юнусова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

<sup>1</sup>lvsycheva@mail.ru

**Аннотация.** В условиях животноводческого предприятия по производству молока была подтверждена эффективность скармливания белкового концентрата «Агро-Матик» суксунским коровам. Определено влияние экспериментального концентрата на продуктивность и физико-химические показатели молока лактирующих коров. Сухостойные и лактирующие коровы получали общесмешанный рацион, состоящий из объёмистых и концентрированных кормов. Опытным коровам, находящимся в группе позднего сухостоя, за 14 дней до отёла и после отёла в течение первого периода лактации скармливали белковый концентрат «Агро-Матик», которым заменяли часть концентрированных кормов. Животным 2-о группы задавали 0,5 кг «Агро-Матика», коровам 3-о – 1,0 кг белкового концентрата. Суточные дачи концентрата «Агро-Матик» скармливали опытными коровам в равном количестве утром и вечером в смеси с концентратами. На основе данных анализа результатов эксперимента было установлено, что скармливание в составе концентрированных кормов белкового концентрата в количестве 1,0 кг корове в сутки достоверно повышает на 16,85 % ( $P \leq 0,05$ ) суточный удой, кроме того, на 0,37 и 0,19 % ( $P \leq 0,05$ ) – содержание жира и белка, а также молоко по технологическим свойствам и по соотношению питательных веществ пригодно для производства сыра.

**Ключевые слова:** суксунские коровы, белковый концентрат «Агро-Матик», период раздоя, молочная продуктивность

**Введение.** В Пермском крае из основных отраслей агропромышленного комплекса наиболее перспективным является молочное скотоводство, характеризующееся внедрением инновационных технологий, ежегодным увеличением количества молока, а также содержанием жира, белка и других качеств молочной продукции [1, 2, 3]. При этом генетический потенциал, заложенный в организме животных, даёт возможность роста молочной продуктивности только при содержании в рационах кормления в достаточном количестве всех элементов питания [4, 5]. При этом рационы нормируют по энергии, обязательно по протеину, учитывая содержание липидов и углеводов, а также по биологически активным веществам (витамины, макро- и микроэлементы) [6, 7]. Если в рационах не будет хватать хотя бы какого-то питательного вещества, то у коров начинает снижаться продуктивность и наблюдаются различные патологии в состоянии здоровья животного [8, 12 – 14]. Поэтому только сбалансированное кормление

лактирующих коров обеспечивает получение максимальной продуктивности при сохранении здоровья животных.

Целью исследований явилось изучение продуктивности и физико-химических показателей молока коров суксунской породы при скармливании белкового концентрата «Агро-Матик».

**Методика.** Для достижения цели в период с января по июнь 2023 г. был поставлен эксперимент на лактирующих коровах суксунской породы в условиях агропредприятия Пермского края, которое занимается производством и переработкой молока.

В научно-хозяйственном опыте участвовали 45 гол. коров-аналогов суксунской породы: 15 гол. – 1-к, 15 гол. – 2-о и 15 гол. – 3-о группы. При отборе животных для проведения эксперимента были взяты следующие параметры: генотип, возраст, количество молока за предыдущую лактацию, результаты взвешиваний коров перед постановкой на опыт [9]. Экспериментальное

поголовье находилось в идентичных условиях согласно зоогигиеническим параметрам: типовой коровник на 200 гол. с условиями, обеспечивающими комфортное содержание

животных, привязное содержание, раздача общесмешанного рациона на кормовой стол с помощью кормораздатчика. Опыт разделили на два периода (табл. 1).

Таблица 1

Схема проведения научно-хозяйственного опыта

№	Группа	Число коров в группе, гол	Порода	Живая масса, кг	Характеристика кормления
транзитный период					
1	Контрольная (1-к)	15	суксунская	552±2,06	Основной рацион (ОР*)
2	Опытная (2-о)	15	суксунская	549±1,87	ОР + Агро-Матик 0,5 кг/гол. в сутки
3	Опытная (3-о)	15	суксунская	547±3,64	ОР + Агро-Матик 1,0 кг/гол. в сутки
1 – 100 дней лактации					
1	Контрольная (1-к)	15	суксунская	512±3,84	ОР*
2	Опытная (2-о)	15	суксунская	516±2,92	ОР + Агро-Матик 0,5 кг/гол. в сутки
3	Опытная (3-о)	15	суксунская	518±4,38	ОР + Агро-Матик 1,0 кг/гол. в сутки

Сухостойные и лактирующие коровы получали общесмешанный рацион, состоящий из объёмистых и концентрированных кормов. Опытным коровам, находящимся в группе позднего сухостоя, за 14 дней до отёла и после отёла, в течение первого периода лактации скармливали белковый концентрат «Агро-Матик», которым заменяли часть концентрированных кормов. Животным 2-о группы задавали 0,5 кг «Агро-Матика», коровам 3-о – 1,0 кг белкового концентрата. Суточные дачи концентрата «Агро-Матик» скармливали опытным коровам в равном количестве утром и вечером в смеси с концентратами.

Для коров, участвующих в эксперименте, по фактической питательности заготовленных кормов рассчитали рационы на период сухостоя и первый период лактации согласно нормам ВИЖа [10].

Бобы белого люпина явились основой концентрата «Агро-Матик», который отличается от других добавок высоким содержанием сырого протеина 583,0 г, незаменимых аминокислот: лизина – 20,8 г, метионина – 5,9 г, а также в его составе находятся как макро-, так и микроэлементы, оказывающие положительное влияние на процессы метаболизма в теле животных.

Сбор данных по молочной продуктивности проводили по контрольным доениям. На автоматизированном измерительном комплексе Лактан проводили

исследование образцов молока на содержание жира, белка, СОМО, а также определяли плотность. По общепринятым методикам определяли группу термоустойчивости молока, содержание соматических клеток (тыс./см<sup>3</sup>) (ГОСТ 25228-82; ГОСТ 23453-2014).

Чтобы подтвердить, что молоко пригодно для производства сыра, от экспериментальных коров отбирали пробы молока в опытные пробирки, в которые добавляли сычужный фермент в концентрации 0,5 %, содержимое пробирки перемешивали и помещали на 12 часов в термостат, где поддерживали температуру +38°C. После оценивали сгусток, по характеру которого молоко от подопытных коров определяли класс: I, II и III.

На основании полученных данных эксперимента, рассчитали средние значения (M) и стандартные ошибки средних значений (±m). Цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики по Н.А. Плохинскому [11] с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Разность считали достоверной по отношению к контрольной группе при P≤0,05.

**Результаты.** Основные компоненты молока синтезируются из составных частей кормов, поэтому дача белкового концентрата в смеси с концентратной частью рациона

коровам 2-о и 3-о групп отражается на молоке (рис. 1). количественных и качественных показателей

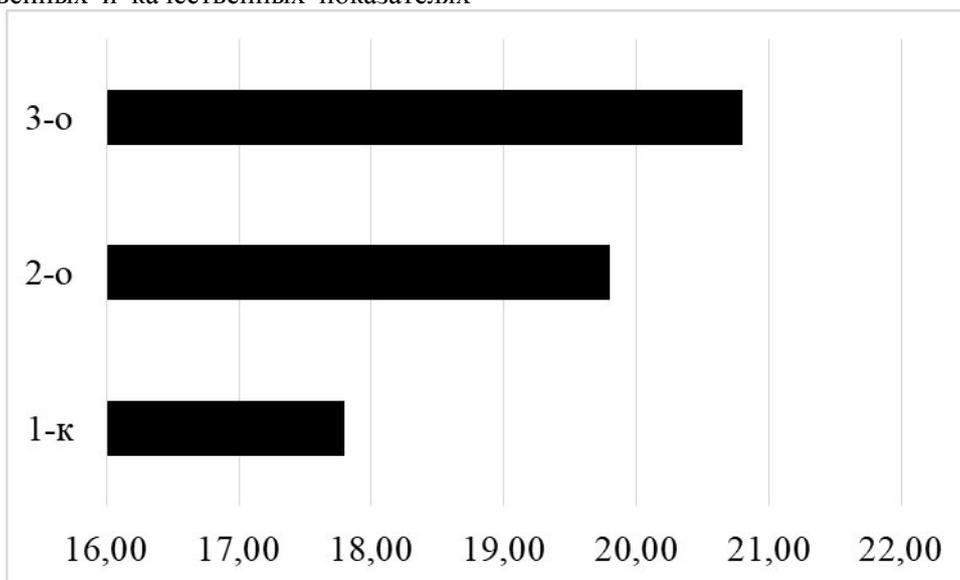


Рис 1. Значения суточного удоя подопытных коров за первый период лактации, кг  
 Fig. 1. Values of daily milk yield of experimental cows for first lactation period, kg

Достоверно повысился удой коров 3-о группы на 3,0 кг или 16,85% ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой. Кроме этого, у опытных животных 2-о группы также наблюдали превосходство по суточному удою на 11,24% над контрольными коровами.

За период скармливания «Агро-Матик» валовый выход молока экспериментальных

коров групп 2-о и 3-о был выше, чем у контрольных животных.

Молоко от контрольных коров отличилось низким содержанием жира, которое составило 3,82%, что на 0,24 и 0,37% ниже аналогичного показателя в опытных группах (рис. 2).

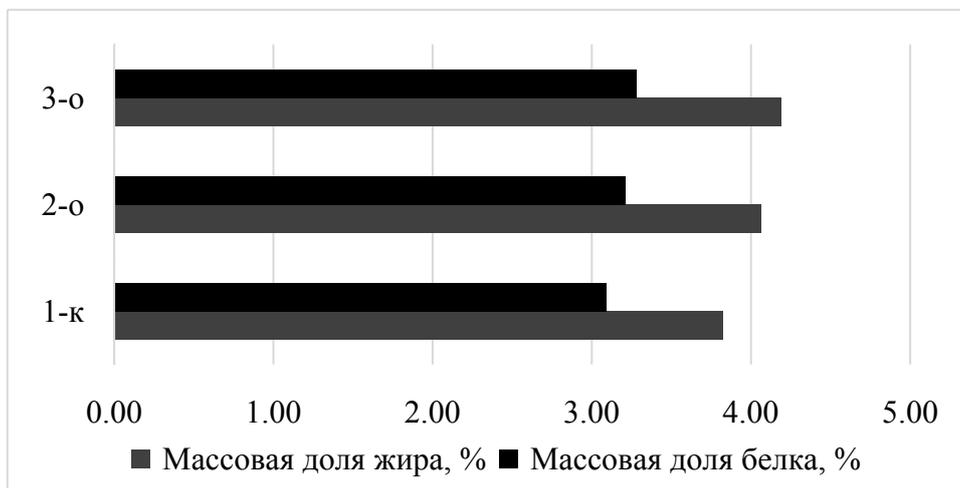


Рис 2. Массовая доля жира и белка в молоке экспериментальных коров  
 Fig. 2. The mass fraction of fat and protein in milk of experimental cow

В молоке контрольных коров получили 67,99 кг выхода молочного жира, что на 15,42 и 21,99 % ниже, чем в опытных группах.

Молоко опытных коров отличалось от контрольных животных аналогов максимальным содержанием белка. Так, в

молоке 2-о группы массовая доля белка составила 3,21 %, что на 0,11 % больше контроля, а в 3-о группе получили содержание белка 3,28 %, при этом данный показатель на 0,19 % ( $P \leq 0,05$ ) достоверно превосходил контрольное значение.

От опытных коров третьей группы за счёт высокого валового удоя и массовой доли белка получили выход белка в молоке 68,22 кг, в то время как данный показатель у контрольных животных составил лишь 55,0

кг, а у опытных коров второй группы – 63,56 кг.

Производство молочных продуктов во многом зависит от содержания в молоке воды и сухого вещества (рис. 3).

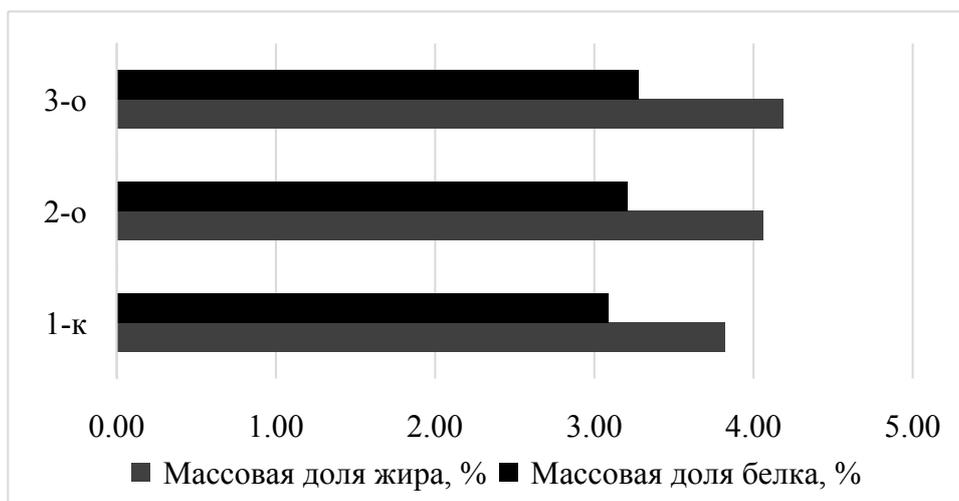


Рис 3. Химический состав молока  
Fig. 3. Chemical composition of milk

В состав молока коров 2-о группы входило сухое вещество 12,85 %, 3-о группы – 12,99 %, а молоко контрольных животных содержало лишь 12,56 % сухого вещества, что на 0,29 и 0,43 % ниже опытных значений.

Молоко опытных животных отличалось повышенным содержанием молочного сахара на 0,04 в 2-о группе и на 0,07 % – в 3-о группе по сравнению с контрольной группой.

Молоко контрольных коров содержало 0,69 % золы, в то время как содержание

данного показателя по группам опытных животных составило: в 2-о группе – 0,71 и в 3-о – 0,72 %.

В молоке опытных коров 3-о группы наблюдали повышенное содержание кальция и фосфора, которое составило 0,135 и 0,102% (рис. 4). Наименьшее содержание макроэлементов зафиксировали в молоке контрольных животных: кальция – 0,129 % и фосфора – 0,097 %.

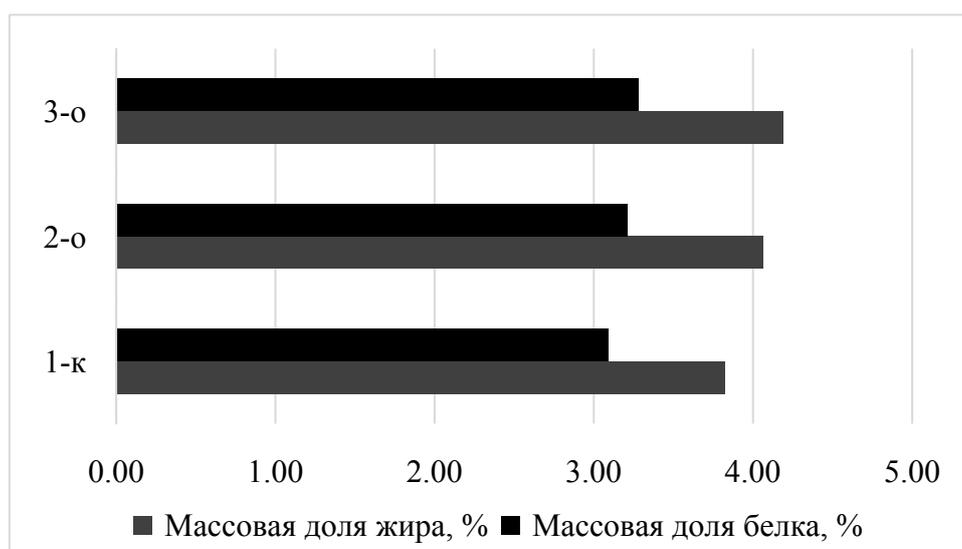


Рис 4. Содержание кальция и фосфора в молоке подопытных коров  
Fig. 4. The content of calcium and phosphorus in milk of experimental cows

Свежесть молока устанавливали по титруемой кислотности, которая была в молоке контрольных коров 17,2°Т, в молоке животных 2-о группы – 17,0 и в 3-о группе – 17,1°Т.

Натуральность молока подопытных коров подтверждали показателем плотности, который находился на уровне 1,029-1,031 г/см<sup>3</sup>.

Анализ технологического показателя – термоустойчивости – показал, что белки в молоке опытных коров более устойчивы к воздействию повышенной температуры,

поэтому такое молоко было отнесено к первой группе.

Показатель воспалительных процессов в организме подопытных коров, т.е. содержание соматических клеток соответствовало ГОСТу 23453–2014.

Смешивание белкового концентрата «Агро-Матик» в количестве 0,5 и 1,0 кг на голову в сутки с концентрированными кормами способствовало более полному усвоению питательных веществ рационов в организме опытных коров, что благоприятно отразилось на показателях сыропригодности молока (табл. 2).

Таблица 2

Анализ показателей сыропригодности молока подопытных коров

Группа	Соотношение питательных веществ			Сычужно-бродильная проба, класс	Сыропригодность
	жир : белок	жир : СОМО	белок : СОМО		
1-к	1,24	0,43	0,34	III	плохая
2-о	1,26	0,45	0,38	I	хорошая
3-о	1,28	0,47	0,39	I	хорошая
Норма	1,10 – 1,25	–	0,35 – 0,45	I, II	хорошая, удовлетворит.

Таким образом, обогащение рациона лактирующих коров суксунской породы белковым концентратом «Агро-Матик» оказывает положительное действие на количественные и качественные показатели молока.

**Выводы.** Скармливание в составе рациона «Агро-Матик» в количестве 1,0 кг

корове в сутки достоверно повышает на 16,85 % ( $P \leq 0,05$ ) суточный удой, на 0,37 и 0,19 % ( $P \leq 0,05$ ) – содержание жира и белка, а также молоко по технологическим свойствам и по соотношению питательных веществ пригодно для производства сыра..

**Список источников**

1. Рядчиков В.Г., Солдатов А.А., Шлязова О.Г., Филева Н.С., Тантави А.А. Значение белковых фракций распадаемого и нераспадаемого в рубце белка в регуляции использования азота и снабжении незаменимыми аминокислотами рационов голштинских коров первотелок // Эффективное животноводство. 2020. № 4. С. 130 – 134.
2. Филиппова О.Б., Саранчина Е.Ф., Краснослободцева А.С. Витаминно-минеральное питание коров в новотельный период // Зоотехния. 2019. № 4. С. 12 – 16.
3. Ланцов А.В., Лебедев С.Г., Минаков В.Н. [и др.] Влияние кормового концентрата на молочную продуктивность коров // Ученые записки УО ВГАВМ. 2020. № 1. С. 113 – 116.
4. Раджабов Ф.М., Достов М.Т., Курбанов М.М. Эффективность использования высокобелковых кормовых добавок в рационах коров // Вестник НГАУ. 2019. № 1. С. 153 – 160.
5. Овчинников А.А., Овчинникова Л.Ю., Шурыгина К.А., Плитман Н.В. Влияние экструдированной кормовой добавки на обмен веществ дойных коров // Зоотехния. 2019. № 10. С. 16 – 19.
6. Перевозчиков А.В., Воробьева С.Л., Березкина Г.Ю. Влияние зерновой патоки в рационах коров на качественные характеристики сырого молока и продуктов его переработки // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 51 – 58.
7. Кардо Л. Важность протеина для дойных коров // Эффективное животноводство. 2020. № 3. С. 74 – 75.
8. Дулепинских Л.Н., Юнусова О.Ю., Сычёва Л.В. Влияние белковых объёмистых кормов на молочную продуктивность и обмен веществ лактирующих коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2. С. 306 – 309.
9. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. М.: Колос. 1976. 302 с.
10. Головин А.В., Аникин А.С., Первов Н.Г. [и др.] Рекомендации по детализированному кормлению молочного скота: справочное пособие. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2016. 242 с.
11. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос. 1969. 255 с.
12. Sycheva L.V., Yunusova O.Yu., Pastukhov S.V., Popov A.N. Nutrients digestibility and productivity of lactating cows consuming energy supplements // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 659 (2021) 012056.
13. Zabely Q., Tafaj M., Steingass H., Metzler B., Drochner W. Effects of physically effective fiber on digestion processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed ration. J. Dairy Sci., 2006, 89:651-668.

14. Nikulina N.B., Sycheva L.V., Aksenova V.M. Assessment of the factors influencing the fertility of dairy cows IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2019 341 012040.

## EFFECTIVENESS OF FEEDING PROTEIN CONCENTRATE TO SUKSUN COWS

©2024. Larisa V. Sycheva<sup>1</sup>, Olga Yu. Yunusova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution "Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov" Perm, Russia, 614025

<sup>1</sup>lvsycheva@mail.ru

**Abstract.** In the conditions of a livestock enterprise for the production of milk, the effectiveness of feeding protein concentrate "Agro-Matic" to Suksun cows was confirmed. The influence of the experimental concentrate on the productivity and physico-chemical parameters of milk of lactating cows has been determined. Dry-hardy and lactating cows received a mixed diet consisting of bulky and concentrated feeds. The experimental cows in the late dry period were fed protein concentrate "Agro-Matic" 14 days before calving and after calving during the first lactation period, which replaced part of the concentrated feed. Animals of the 2nd group were given 0.5 kg of "Agro-Matic", cows of the 3rd group were given 1.0 kg of protein concentrate. The exact doses of "Agro-Matic" concentrate were fed to experimental cows in equal amounts in the morning and evening in a mixture with concentrates. Based on the data of the analysis of the experimental results, it was found that feeding protein concentrate in the amount of 1.0 kg per cow per day significantly increases the daily milk yield by 16.85% ( $P < 0.05$ ), in addition by 0.37 and 0.19% ( $P < 0.05$ ) the fat and protein content, such milk is suitable for cheese production according to its technological properties and the ratio of nutrients.

**Key words:** Suksun cows, protein concentrate "Agro-Matic", milking period, milk productivity

### References

- Ryadchikov V.G., Soldatov A.A., Shlyazova O.G., Fileva N.S., Tantawi A.A. Znachenie belkovykh frakcij raspadaemogo i neraspadaemogo v rubce belka v reguljacii ispol'zovanija azota i snabzhenii nezamenimymi aminokislottami racionov golshhtinskih korov pervotelok (The importance of protein fractions of degradable and non-degradable protein in the regulation of the use of nitrogen and the supply of essential amino acids of the diets of Holstein fresh cows) // Effective animal husbandry. 2020. No. 4. Pp. 130 – 134.
- Filippova O.B., Saranchina E.F., Krasnoslobodtseva A.S. Vitaminno-mineral'noe pitanie korov v novotel'nyj period (Vitamin and mineral nutrition of cows in the first-calf period) // Zootechnia. 2019. No. 4. Pp. 12 – 16.
- Lantsov A.V., Lebedev S.G., Minakov V.N. [et al.] Vlijanie kormovogo koncentrata na molochnuju produktivnost' korov (The influence of fodder concentrate on the milk productivity of cows) // Scientific notes EE VGAVM. 2020. No.1. Pp. 113 – 116.
- Radjabov F.M., Dostov M.T., Kurbanov M.M. Jefferktivnost' ispol'zovanija vysokobelkovykh kormovykh dobavok v racionah korov (Efficiency of using high-protein feed additives in cow rations) // Vestnik NGAU. 2019. No. 1. Pp. 153 – 160.
- Ovchinnikov A.A., Ovchinnikova L.Y., Shurygina K.A., Plitman N.V. Vlijanie jekstrudirovannoj kormovoj dobavki na obmen veshhestv dojnnyh korov (Influence of extruded feed additives on the metabolism of dairy cows) // Zootechnia. 2019. No. 10. Pp. 16 – 19.
- Perevozchikov A.V., Vorobyova S.L., Berezkina G.Y. Vlijanie zernovoj patoki v racionah korov na kachestvennye harakteristiki syrogo moloka i produktov ego pererabotki (The influence of grain molasses in the diets of cows on the qualitative characteristics of raw milk and products of its processing) // Urals Agrarian Journal. 2019. No.7 (186). Pp. 51 – 58.
- Kardo L. Vazhnost' proteina dlja dojnnyh korov (The importance of protein for dairy cows) // Effective animal husbandry. 2020. No. 3. Pp. 74 – 75.
- Dulepinskih L.N., Yunusova O.Yu., Sycheva L.V. Vlijanie belkovykh ob'jomistykh kormov na molochnuju produktivnost' i obmen veshhestv laktirujushhih korov (The influence of protein bulky feeds on milk productivity and metabolism of lactating cows) // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2022. No. 2. Pp. 306 – 309.
- Ovsyannikov A.I. Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve (Basics of experiments in animal husbandry). M.: Kolos. 1976. 302 p.
- Golovin A.V., Anikin A.S., Pervov N.G. [et al.] Rekomendacii po detalizirovannomu kormleniju molochnogo skota: spravochnoe posobie (Recommendations for detailed feeding of dairy cattle: a reference manual). Dubrovitsy: VIZ named after L.K. Ernst, Головина А.В. 2016. 242 p.
- Plokhinsky N.A. Rukovodstvo po biometrii dlja zootechnikov (Manual on biometrics for zootechnicians). M.: Kolos. 1969. 255 p.
- Sycheva L.V., Yunusova O.Yu., Pastukhov S.V., Popov A.N. Nutrients digestibility and productivity of lactating cows consuming energy supplements // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 659 (2021) 012056.

13. Zabely Q., Tafaj M., Steingass H., Metzler B., Drochner W. Effects of physically effective fiber on digestion processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed ration. *J. DairySci.*, 2006, 89:651-668.

14. Nikulina N.B., Sycheva L.V., Aksenova V.M. Assessment of the factors influencing the fertility of dairy cows IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2019 341 012040.

*Сведения об авторах*

**Л.В. Сычёва**<sup>1</sup> – д-р с.-х. наук, профессор;

**О.Ю. Юнусова**<sup>2</sup> – канд. биол. наук, доцент.

<sup>1,2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», Пермь, Россия, 614025

<sup>1</sup>lvsycheva@mail.ru

*Information about the authors*

**L.V. Sycheva**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor;

**O.Yu. Yunusova**<sup>2</sup> – Cand. Biol. Sci., Associate Professor.

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution "Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov", Perm, Russia, 614025

<sup>1</sup>lvsycheva@mail.ru

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 16.04.2024; одобрена после рецензирования 06.05.2024; принята к публикации 10.05.2024*

*The article was submitted 16.04.2024; approved after reviewing 06.05.2024; accepted for publication 10.05.2024*

Научная статья  
УДК: 636.082.20  
doi: 10.47737/2307-2873\_2024\_46\_151

## ВЛИЯНИЕ SNP ГЕНА ЛЕПТИНА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОВЯДИНЫ

©2024. Рузия Фоатовна Третьякова<sup>1</sup>, Фоат Галимович Каюмов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

<sup>1</sup>nazkalms@mail.ru

**Аннотация.** В результате изучения животных по локусу гена *LEP* установлено, что большая его часть является носителем генотипа AA (52,4 %), меньшая — генотипа AB (47,6 %). Частота встречаемости A -аллеля гена лептина оказалась выше, чем у B -аллеля, на 52 %. При оценке ассоциированного влияния генотипов гена лептина на показатели мясной продуктивности выявлено, что наиболее высокие убойные показатели были у молодняка с генотипом *LEP*<sup>AA</sup>. Отмечено, что масса жировой ткани была выше у гетерозиготных на 1,7 кг (12,23 %;  $P < 0,01$ ). У бычков типа «Адучи» отмечено, что масса мякоти полутуши была выше у особей с генотипом *LEP*<sup>AA</sup>. При этом превосходство достигло 4,4 кг (4,26 %) в сравнении со сверстниками с генотипом *LEP*<sup>AB</sup>. По выходу мякоти на 1 кг костей у бычков созданного типа установлены колебания в диапазоне – 4,77-4,92 %. В пробе мяса-фарша животные гетерозиготного генотипа по содержанию жира превосходили аналогов на 0,85 % ( $P < 0,05$ ). Высокая «мраморность» мышечного глазка в длиннейшей мышце спины выявлена также у носителей с генотипом *LEP*<sup>AB</sup>, которые превосходили сверстников на 0,68 % ( $P < 0,05$ ). Белковый качественный показатель у бычков был высоким.

**Ключевые слова:** бычки, тип «Адучи», ген, генотип, аллель, мясная продуктивность

**Введение.** На сегодняшний день перед мясным скотоводством поставлена задача повышения эффективности производства говядины. Для успешного выполнения данной задачи проводится комплекс мер, направленных на совершенствование существующих пород животных, а также на выведение новых, более ценных типов скота с продуктивностью выше показателей отечественных и зарубежных пород мясного направления [1-3].

Новый высокопродуктивный тип «Адучи» был выведен нами на племзаводе ООО «Агрофирма Адучи», Республика Калмыкия (патент № 12889 от 19.06.2023 г.), путём скрещивания быков абердин-ангусской породы американской селекции с коровами калмыцкой породы. При создании нового типа основной задачей являлось повышение генетического потенциала животных по хозяйственно-полезным признакам, сохранение ценнейших биологических особенностей пород.

Большой интерес для селекции скота мясного направления представляет ген лептина, который влияет на качество мяса.

Данный ген образуется в жировой ткани, кодируется белком, состоящим из 167 аминокислот. Лептин регулирует накопление жировой ткани в организме, рост и развитие животных, продуктивность [7-10].

Исследования по выявлению однонуклеотидного полиморфизма генов, ассоциируемого с внутривидовой изменчивостью хозяйственно-полезных признаков созданного типа ранее не проводились, поэтому данная тема является для нас актуальной.

**Цель исследования** – определение влияния *SNP* гена *LEP* на качество говядины бычков типа «Адучи».

**Методика.** Научный опыт был проведен в ООО «Агрофирма Адучи», Республика Калмыкия. Объектом исследования были бычки созданного типа «Адучи». Молодняк содержался по технологии мясного скотоводства.

Генотипирование проводилось в иммуногенетики и ДНК-технологий ФГБНУ ВНИИОК. Выделение ДНК проводили общепринятыми методами [2].

Таблица 1

Последовательность праймеров, условия ПЦР, рестриктазы, использованные при генотипировании

SNP	Праймер	Условия ПЦР	Рестриктаза
<i>LEP</i> <i>A422B</i>	F: 5'-tgg-agt-ggc-ttg-tta-ttt-tct-tct-3' R: 5'-gtc-ccc-gct-tct-ggc-tac-cta-act-3'	«горячий старт» - 5 мин. при 94°C; денатурация – 10 сек при 94°C, отжиг – 10 сек при 60°C, синтез – 10 сек при 72°C;	Sau3AI

Условия проведения представлены в таблице 1.

Для определения живой массы, животные были разделены на 2 группы: I группа объединяла гомозиготных животных *LEP<sup>AA</sup>* (n=12), II – представителей гетерозиготного варианта гена *LEP<sup>AB</sup>* (n=11).

Живую массу определяли по показателям контрольных взвешиваний бычков в возрасте 8, 12, 15, 18 месяцев.

Мясную продуктивность бычков (n=11) изучали по данным убоя в возрасте 18 мес. Было создано 2 группы: I – из туш, полученных от животных с генотипом *LEP<sup>AA</sup>* (n=5), II - из туш с генотипом *LEP<sup>AB</sup>* (n=6) (по методике ВАСХНИЛ, ВИЖ, ВНИИМП, 1997).

Химический состав в пробах мяса – фарша и длиннейшей мышцы спины

определяли в лаборатории Калмыцкого университета им. Б. Городовикова.

**Результаты.** Анализируя результаты генотипирования бычков, было выявлено 12 животных с генотипом *AA*, особей, несущих гетерозиготную варианту *AB* – 11, у исследуемых животных также наблюдалось полное отсутствие генотипа *LEP<sup>BB</sup>*.

Частота встречаемости генотипа *AA* гена *LEP* составила 52,4, частота генотипа *AB* – 47,6.

При оценки частоты встречаемости аллелей было установлено, что наибольшая была у *A* - аллеля (0,76), наименьшая - *B* - аллеля (0,24).

В таблице 2 представлена динамика живой массы бычков с генотипами *AA* и *AB* по гену лептина по возрастным периодам.

Таблица 2

Живая масса бычков по гену *LEP*, кг

Возраст, месяц	Живая масса (кг) в зависимости от генотипа	
	<i>LEP<sup>AA</sup></i>	<i>LEP<sup>AB</sup></i>
При рождении	24,8±0,77	27,5±0,67*
8	216,4±4,76	213,7±3,15
12	325,8±7,45	316,5±7,43
15	414,1±6,07	404,5±11,16
18	478,2±6,54	460,2±13,59

Примечание: \* - P<0,05

Максимальная живая масса у новорождённых животных отмечалась среди гетерозиготного (*LEP<sup>AB</sup>*) молодняка, превосходство составило 2,7 кг (10,93 %; P<0,05). Однако на следующих этапах онтогенеза гомозиготные особи проявили лучший весовой рост. Так, в возрасте отъёма (8 мес) установлено минимальное превосходство животных с генотипом *AA* на 2,7 кг (1,28 %). В дальнейшем преимущество гомозиготных особей увеличивалось, и к 18-месячному возрасту достигало 18,0 кг (3,93 %).

На всех этапах контроля за весом ростом наблюдалось превосходство носителей генотипа *LEP<sup>AA</sup>* по среднесуточному приросту (табл.3).

В заключительный период выращивания (15-18 мес.) установлено наивысшее превосходство гомозиготных животных по среднесуточному приросту, составляющее 92,3 г (15,08 %). Это свидетельствует о генетически обусловленной продолжительности интенсивного роста.

Среднесуточный прирост бычков по гену LEP, г

Возрастной период, мес	Генотип	
	LEP <sup>AA</sup>	LEP <sup>AB</sup>
0 – 8	788,4±10,99	766,3±8,15
8 – 12	896,7±22,98	842,6±29,11
12 – 15	970,3±22,98	967,0±39,35
15 – 18	704,4±27,45	612,1±29,19
0 – 18	825,9±11,12	788,2±13,88

Результаты нашего исследования согласуются с полученными данными Т.М. Седых с соавторами, которые установили, что животные герефордской породы с генотипом LEP<sup>AA</sup> имеют более высокие показатели живой массы, чем гетерозиготные особи [10].

Наиболее тяжелые туши выявлены у гомозиготных бычков, их превосходство составило 8,7 кг (3,39 %). Выход туши был также выше на 0,7 %, чем у бычков с генотипом LEP<sup>AB</sup> (рис. 1).

По содержанию жира-сырца лидирующее место занимали животные

генотипа LEP<sup>AB</sup>. От них было получено на 1,7 кг (12,23 %; P<0,01) больше жира-сырца. Наиболее высокие показатели (P<0,001) по выходу жира-сырца были у молодняка, в генотипе которых отсутствовала желательная аллель.

Молодняк гомозиготного варианта опережал сверстников LEP<sup>AB</sup> на 7,0 кг (2,57 %) по убойной массе, по убойному выходу – на 0,2 %, разница была недостоверной.

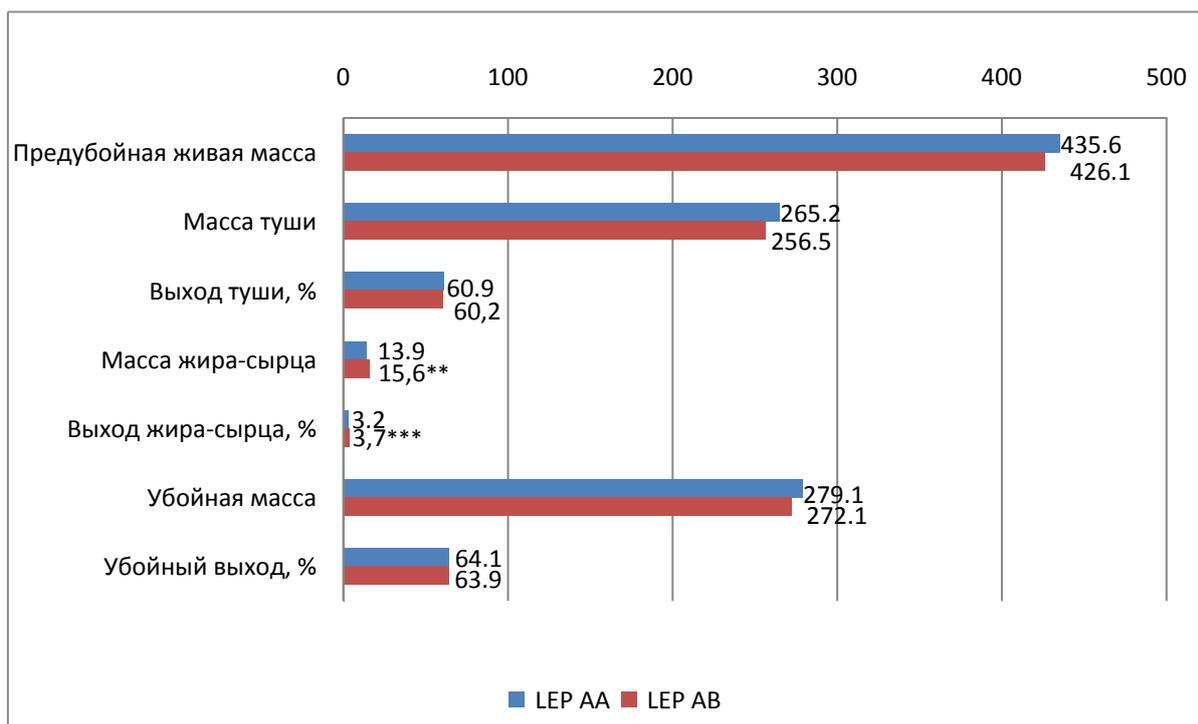


Рис 1 . Показатели убоя бычков по гену LEP, кг  
Fig. 1. Indicators of slaughter of bulls by LEP gene, kg

Наши данные согласуются с результатами исследований Сафиной Н.Ю. с соавторами, которые считают, что полиморфизм гена лептина оказывает

положительное влияние на липидный обмен и мясные качества голштинской породы скота [11].

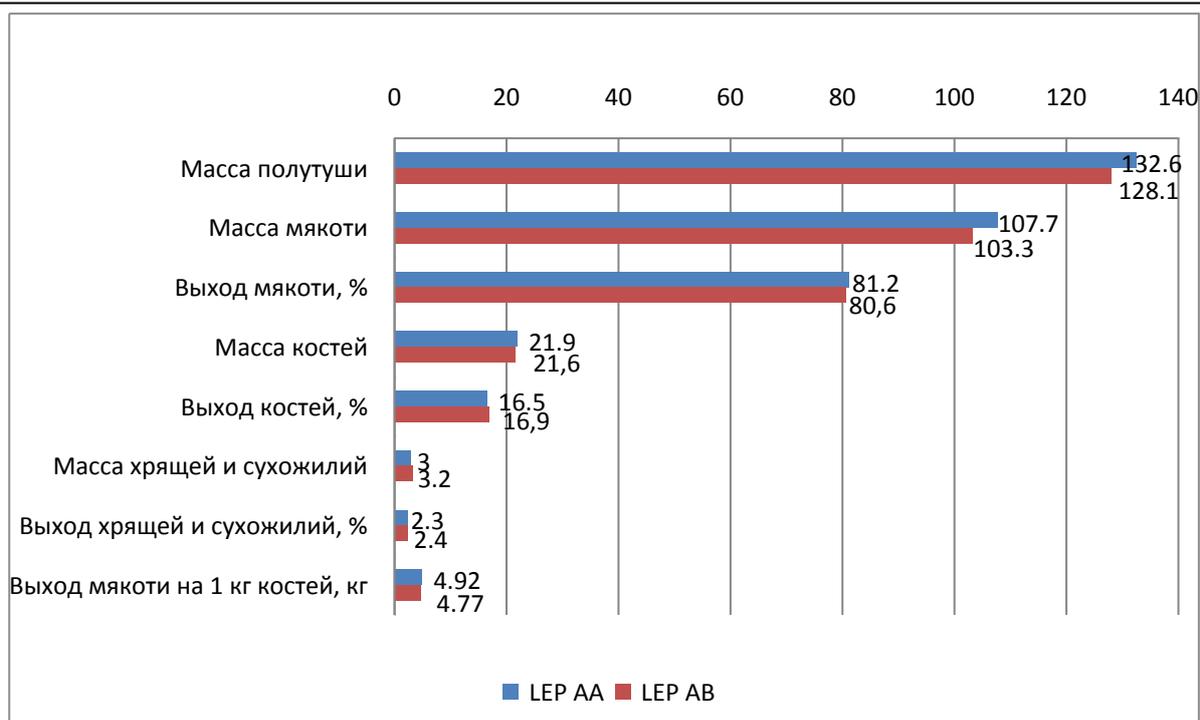


Рис 2. Морфологический состав полутуш бычков по гену LEP, кг  
 Fig. 2. Morphological composition of steer half-carasses according to the LEP gene, kg

По массе полутуш бычки с гомозиготным вариантом на 4,5 кг (3,51 %) превосходили аналогов (рис. 2)

Наибольший выход мякоти был выявлен в тушах от носителей *LEP<sup>AA</sup>* генотипа, превосходство достигало 0,6 %. Однако, аналоги гетерозиготного состояния гена отличались наибольшим развитием костной ткани, а выход костей был на 0,4 % выше, чем у сверстников.

По количеству мякотной части полутуши животные гетерозиготного генотипа недостоверно уступали сверстникам на 4,4 кг (4,26 %). Превосходство по массе костей отмечалось у гомозиготного варианта *LEP<sup>AA</sup>*, которое достигало 0,3 кг (1,39 %).

Минимальный показатель по содержанию хрящей и сухожилий был зафиксирован у носителей желательного аллеля А на 0,2 кг (6,67 %). Лучшее соотношение мякотной части туши и костей наблюдалось у молодняка с генотипом *LEP<sup>AA</sup>*.

При проведении химического анализа средней пробы мяса-фарша отмечалось преимущество по содержанию сухого вещества в пользу особей В- аллеля. Разница составила 0,21% (рис.3). Наименьший уровень данного показателя у бычков гомозиготного генотипа был связан с низкой интенсивностью жиросложения, поэтому они уступали аналогам 0,85 % (P<0,05).

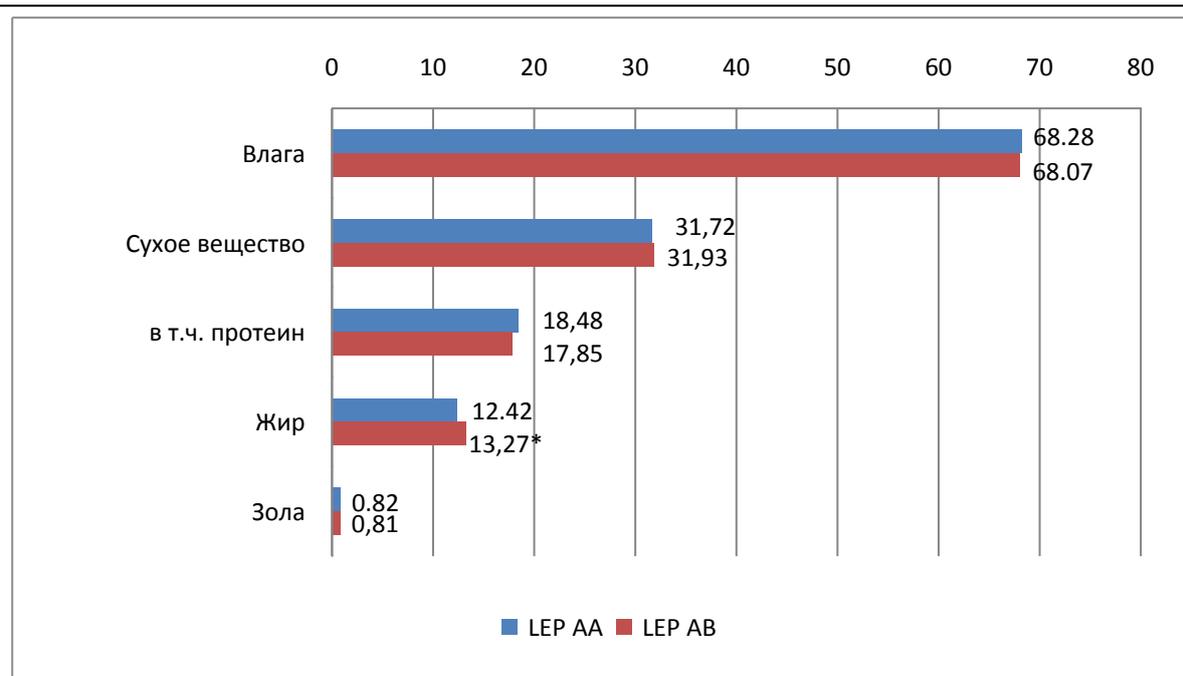


Рис 3. Химический состав мяса-фарша бычков по гену LEP, % (X±Sx)

Fig. 3. Chemical composition of minced meat from bulls according to the LEP gene, % (X±Sx)

В мясе-фарше у носителей желательного аллеля *A* содержалось большое количество протеина по сравнению со сверстниками. Они превосходили особей гетерозиготного состояния гена на 0,63 %.

В целях детального изучения качества мяса был проведен химический анализ длиннейшей мышцы спины (рис.4).

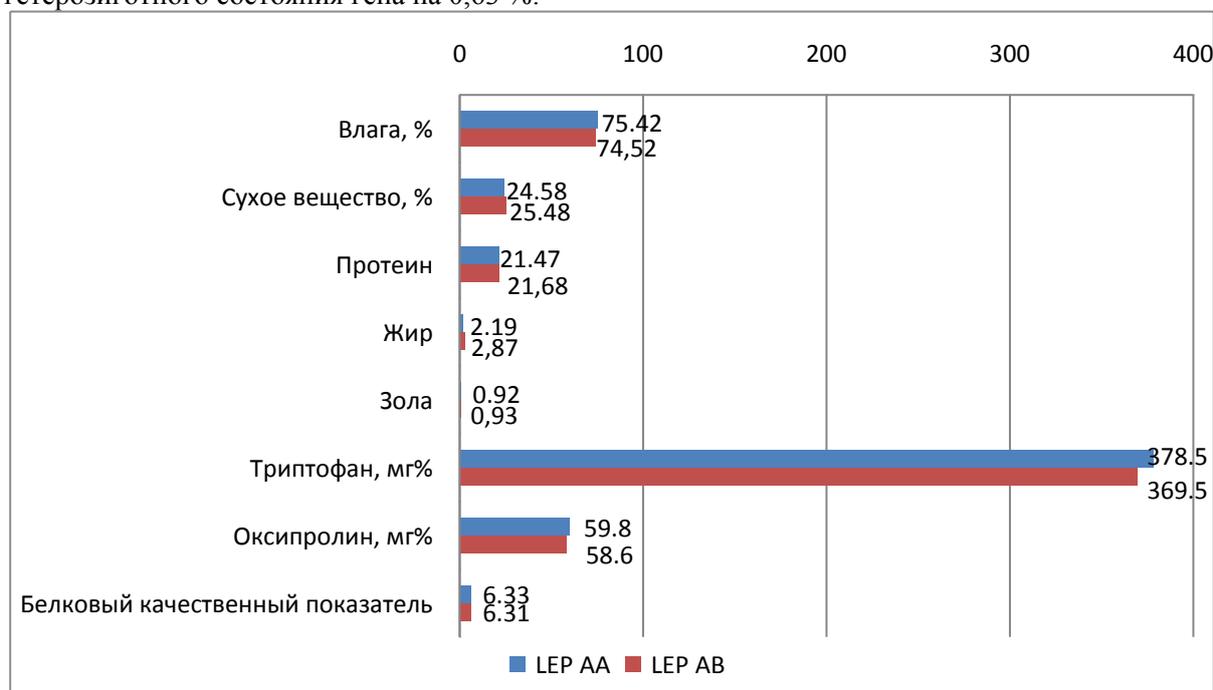


Рис 4. Химический состав в длиннейшей мышце спины бычков по гену LEP, %

Fig. 4. Chemical composition in the longissimus dorsi muscle of bulls according to the LEP gene, %

Лидерство по содержанию сухого вещества было отмечено у животных с генотипом *LEP<sup>AB</sup>* на 0,9 % в сравнении со сверстниками.

Большая «мраморность» мышечного глазка наблюдалась у носителей гетерозиготного генотипа, превосходя аналогов на 0,68 % ( $P < 0,05$ ). Установлена достоверная связь ( $P < 0,05$ ) полиморфизма гена LEP с содержанием жира в длиннейшей мышце спины.

Минимальный синтез протеина был у гомозиготных особей, которые уступали молодняку с генотипом  $LEP^{AB}$  на 0,21 %.

Химический анализ не даёт представление о пищевой полноценности мяса. Поэтому мы рассмотрели также биологическую ценность мышечной ткани. Высокое содержание триптофана выявлено у гомозиготного молодняка, разница составила 9 мг% относительно сверстников. Они характеризовались также наибольшей концентрацией оксипролина, которая была на 1,2 мг % выше, чем у аналогов.

Необходимо отметить, что животные генотипа  $LEP^{AA}$  имели незначительно высокий уровень белкового качественного показателя

**Выводы.** При убое установлено, что бычки с генотипом  $LEP^{AA}$  превосходили сверстников по убойным показателям. Однако особи с генотипом  $LEP^{AB}$  имели высокий показатель по выходу жира, достоверно превосходя аналогов.

От животных с генотипом  $LEP^{AA}$  были получены туши с высоким содержанием белка.

В проведенном исследовании наблюдается ассоциация генотипа  $LEP^{AB}$  с содержанием жира в пробе мяса-фарша и в длиннейшей мышце спины. Белковый качественный показатель у бычков всех генотипов был на высоком уровне.

Таким образом генотипирование по гену LEP можно использовать в селекции нового типа «Адучи» для того, чтобы улучшить мясные качества и продуктивность животных.

*\*Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2024 год ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2021-0001)*

#### Список источников.

1. Дубовскова М.П., Герасимов Н.П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в Северо-Кавказкой популяции герефордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 91-101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91
2. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms on functional traits in Polish Holstein-Friesian cattle // Animal Science Papers and Reports. 2010. V.10. P.133-141.
3. Бейшова И.С. Фенотипические эффекты генов соматотропинового каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 48-53.
4. ДНК-диагностика в селекции крупного рогатого скота. Е.К.Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. С. 1044.
5. Каюмов Ф.Г., Баринов В.Э., Манджиев Н.В. Калмыцкий скот и пути его совершенствования. Оренбург: Агентство «Пресса», 2015. 158 с.
6. Отаров А.И. Калмыцкая порода: особенности и преимущества // Животноводство России. 2018. № 2. С. 75-76.
7. Терлецкий В.П. Молекулярно-генетический анализ популяционной структуры генфондных пород крупного рогатого скота / В.П. Терлецкий, В.И. Тыщенко, Л.Г. Сурундаева, Н.П. Адаев, Р.Х. Гайрабеков, Е.С. Усенбеков // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 6. С. 5-7.
8. Третьякова Р.Ф., Каюмов Ф.Г. Генетическая структура создаваемого нового типа «Адучи» калмыцкой породы по генам DGAT1, GHR, IGF-1, PIT-1 // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 3. С. 38-41. DOI: 10.33943/MMS.2023.67.99.007
9. Tait RG. Jr.  $\mu$ -Calpain, calpastatin, and growth hormone receptor genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in Angus cattle selected to increase minor haplotype and allele frequencies / RG Jr. Tait, SD Shackelford, TL Wheeler, DA King, E Casas, RM Thallman, TP, Smith, GL Bennett // Journal of Animal Sciences. 2014. V. 92(2). P. 456–466.
10. Седых Т.А., Павлова И.Ю., Гусев И.В., Калашникова Л.А., Гизатуллин Р.С. Морфологический и химический состав мяса туш бычков различных генотипов по генам TG5 и LEP. Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 5. С. 12-16.
11. Сафина Н.Ю., Юльметьева Ю.Р., Ахметов Т.М., Шакиров Ш.К., Зиннатова Ф.Ф. Ассоциация полиморфизма гена-кандидата лептин с энергией роста и физическим развитием голштинского крупного рогатого скота // Ветеринарный врач. 2017. № 6. С. 52-56.
12. Anton I., Kovacs K., Hollo G., Farkas V., Lehel L., Hajda Z., Zsolnai A. Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary // Livestock Science. 2011. V. 135. P. 300 -303.

## THE EFFECT OF THE SNP LEPTIN GENE ON BEEF QUALITY INDICATORS

©2024. Ruziya F. Tret'yakova<sup>1</sup>, Foat G. Kayumov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences

**Abstract.** As a result of studying animals by the locus of the LEP gene, it was found that most of them are carriers of the AA genotype (52.4%), a smaller part of the AB genotype (47.6%). The frequency of occurrence of the A-allele of the leptin gene turned out to be higher than that of the B-allele by 52%. When assessing the associated effect of the leptin gene genotypes on meat productivity indicators, it was revealed that the highest slaughter rates were in young animals with the LEP AA genotype. It was noted that the mass of adipose tissue was higher in heterozygous by 1.7 kg (12.23%;  $P < 0.01$ ). In the study of the morphological composition of steers of the "Aduchi" type, it was found that more meat carcasses were obtained from young animals with the LEP<sup>AA</sup> genotype than from their peers. The maximum amount of pulp was found in animals with the LEP<sup>AA</sup> genotype, the superiority reached 4.4 kg (4.26%) than that of peers with the LEP<sup>AB</sup> genotype. According to the yield of pulp per 1 kg of bone tissue, fluctuations in the range of 4.77 – 4.92% were found in bulls of the created type. In the sample of minced meat, animals of the heterozygous genotype in terms of fat content exceeded their analogues by 0.85% ( $P < 0.05$ ). A high "marbling" of the muscular eye in the longest back muscle was also revealed in carriers with the LEP<sup>AB</sup> genotype, who outperformed their peers by 0.68% ( $P < 0.05$ ). The protein quality index in bulls of all genotypes was at a high level.

**Key words:** steers, "Aduchi" type, gene, genotype, allele, meat productivity

#### References

1. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Geneticheskaja struktura i asociacija polimorfizma genov gormona rosta (L127V) i leptina (A80V) s produktivnost'ju v Severo-Kavkazkoj populjacii gerefordskoj porody (Genetic structure and association of polymorphism of growth hormone (L127V) and leptin (A80V) genes with productivity in the North Caucasian population of the Hereford breed) // Animal husbandry and feed production. 2020. Vol. 103. No. 3. Pp. 91-101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91
2. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms on functional traits in Polish Holstein-Friesian cattle // Animal Science Papers and Reports. 2010. V.10. P.133-141.
3. Beishova I.S. Fenotipicheskie jeffekty genov somatotropinovogo kaskada, asociirovannyh s mjasnoj produktivnost'ju u korov kazahskoj belogolovoj porody (Phenotypic effects of somatotropin cascade genes associated with meat productivity in Kazakh white-headed cows) / I.S. Beishova // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2018. No. 1. Pp. 48-53.
4. DNK-diagnostika v selekcii krupnogo rogatogo skota. E.K.Hlestkina (DNA diagnostics in cattle breeding. E.K.Khlestkina) // Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding. 2013. Vol. 17. P. 1044.
5. Kayumov F.G., Barinov V.E., Mandzhiev N.V. Kalmyckij skot i puti ego sovershenstvovaniya (Kalmyk cattle and ways of its improvement). – Orenburg: Press Agency, 2015. 158 p.
6. Otarov A.I. Kalmyckaja poroda: osobennosti i preimushhestva (Kalmyk breed: features and advantages) // Animal husbandry of Russia. 2018. No. 2. Pp. 75-76.
7. Terletsky V.P. Molekuljarno-geneticheskij analiz populjacionnoj struktury genofondnyh porod krupnogo rogatogo skota (Molecular genetic analysis of the population structure of gene pool breeds of cattle) / V.P. Terletsky, V.I. Tyshchenko, L.G. Surundaeva, N.P. Adaev, R.H. Gayrabekov, E.S. Usenbekov // Dairy and meat cattle breeding. 2014. No. 6. pp. 5-7.
8. Tret'yakova R.F., Kayumov F.G. Geneticheskaja struktura sozdavaemogo novogo tipa «Aduchi» kalmyckoj porody po genam DGAT1, GHR, IGF-1, PIT-1 (The genetic structure of the new type of "Aduchi" of the Kalmyk breed being created according to the genes DGAT1, GHR, IGF-1, PIT-1) // Dairy and meat cattle breeding. 2023. No. 3. Pp. 38-41. DOI: 10.33943/MMS.2023.67.99.007
9. Tait R.G. Jr.  $\mu$ -Calpain, calpastatin, and growth hormone receptor genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in Angus cattle selected to increase minor haplotype and allele frequencies / R.G. Jr. Tait, S.D. Shackelford, T.L. Wheeler, D.A. King, E. Casas, R.M. Thallman, T.P. Smith, G.L. Bennett // Journal of Animal Sciences. 2014. V. 92(2). P. 456–466.
10. Sedykh T.A., Pavlova I.Yu., Gusev I.V., Kalashnikova L.A., Gizatullin R.S. Morfologicheskij i himicheskij sostav mjasa tush bychkov razlichnyh genotipov po genam TG5 i LEP (Morphological and chemical composition of meat carcasses of bulls of various genotypes by genes TG5 and LEP). Dairy and beef cattle breeding. 2016. No. 5. Pp. 12-16.
11. Safina N.Yu., Yulmetyeva Yu.R., Akhmetov T.M., Shakirov Sh.K., Zinnatova F.F. Asociacija polimorfizma gena-kandidata leptin s jenergiej rosta i fizicheskim razvitiem golshtinskogo krupnogo rogatogo skota (Association of polymorphism of the leptin candidate gene with growth energy and physical development of Holstein cattle) // Veterinarian. 2017. No. 6. Pp. 52-56.
12. Anton I., Kovacs K., Hollo G., Farkas V., Lehel L., Hajda Z., Zsolnai A. Effect of leptin, DGAT1 and TG gene polymorphisms on the intramuscular fat of Angus cattle in Hungary // Livestock Science. 2011. V. 135. P. 300 -303.

#### Сведения об авторах

**Р.Ф. Третьякова**<sup>1</sup> – канд.биол. наук, научный сотрудник;

**Ф.Г. Каюмов**<sup>2</sup> – д-р. с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник.

<sup>1,2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН»

<sup>1</sup>nazkalms@mail.ru

<sup>2</sup>kserev@mail.ru

#### Information about the authors

**R.F. Tret'yakova**<sup>1</sup> – Cand. Biol. Sci., Researcher;

**F.G. Kayumov**<sup>2</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher.

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"

## ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"

<sup>1</sup>nazkalms@mail.ru

<sup>2</sup>kserev@mail.ru

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 21.02.2024; одобрена после рецензирования 08.04.2024; принята к публикации 10.05.2024*  
*The article was submitted 21.02.2024; approved after reviewing 08.04.2024; accepted for publication 10.05.2024*

## 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 включённым иллюстративным материалом (таблицы, рисунки).

Статья должна содержать обязательные элементы: *Введение* с указанием цели и задач исследования; *Методика*; *Результаты*; *Выводы*.

7. Источник финансирования (грант, государственная программа и т.п.), при наличии.
8. Литература. Список должен быть оформлен в соответствии с [ГОСТ 7.0.5-2008](#) (без использования тире) и содержать 12-15 источников, в том числе 3-5 иностранных. Нормативные и законодательные документы, государственные стандарты в литературе не указываются. Ссылки на учебники и учебные пособия нежелательны. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.
9. Перевод названия статьи, Ф.И.О. автора, ученого звания, места работы/учебы, адреса организации, e-mail, аннотации (реферата), ключевых слов, литературы с транслитерацией.

### Технические требования к статьям

Рекомендуемый объем статьи 8-12 страниц. Рукопись должна быть оформлена в текстовом редакторе Word на листах формата А4 (книжная ориентация), шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,5. Поля сверху и снизу – 2 см, справа и слева – 3 см, абзацный отступ – 1,25 см. Основная текстовая часть должна иметь

выравнивание по ширине с автоматической расстановкой переносов, без подстрочных ссылок. Должны различаться тире (–) и дефисы (-), буквы «ё» и «е».

Таблицы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи.

Рисунки, графики и схемы должны быть чёрно-белыми, четкими, допускается штриховка; все элементы, относящиеся к изображению, должны быть сгруппированы. Все используемые в статье изображения должны иметь подрисовочную подпись и прилагаться к рукописи отдельными файлами с расширением \*.jpeg, \*.png или \*.tif.\*.

Формулы набираются в стандартном редакторе формул Microsoft Equation, нумеруются. После формулы приводится расшифровка символов, содержащихся в ней, в том порядке, в котором символы расположены в формуле. Использование формул в виде изображений нежелательно.

В тексте статьи должны содержаться ссылки на все используемые таблицы, рисунки и формулы.

Все употребляемые автором сокращенные обозначения и аббревиатуры, за исключением общепринятых, должны быть расшифрованы при их первом написании в тексте.

### Подача документов

Рукописи статей, оформленные согласно правилам и соответствующие научным направлениям, с сопроводительными документами (заявка, лицензионный договор, гарантийное письмо от руководителя организации, подтверждающее должность и ученую степень автора, заверенное печатью) следует высылать по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23, издательско-полиграфический центр «ПрокростЪ» или электронной почтой на адрес [pgshavestnik@mail.ru](mailto:pgshavestnik@mail.ru). Отправляемые по электронной почте скан-копии документов (с расширениями \*.ipex или \*.pdf) должны быть цветными и четкими. Более подробную информацию о правилах и требованиях к оформлению и публикации статей, а также формы сопроводительных документов можно найти на сайте научно-практического журнала «Пермский аграрный вестник» <http://agrovest.psa.ru/>.

### Контактные телефоны

8 (342) 217-93-61 Башкирцева Юлия Сергеевна, ответственный секретарь;

8 (342) 217-95-42 Корепанова Ольга Кузьминична, директор издательско-полиграфического центра

### Уважаемый читатель!

Подписаться на научно-практический журнал «Пермский аграрный вестник»

можно во всех отделениях РГУП «Почта России».

С условиями подписки можно ознакомиться в официальном подписном каталоге Почты России «Подписные издания». Каталогная стоимость подписки на полгода составит 2200 рублей. Индекс издания, по которому Вы можете найти журнал в каталоге – ПК840.