



№2 (38) 2022

ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ

# ВЕСТНИК

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

*Включен в Перечень ВАК  
и международную базу данных AGRIS*

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

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

**Члены редакционного совета:**

Э.Д. Акманаев (зам. гл. ред.), канд. с.-х. наук  
(г. Пермь, Россия);  
Х. Батле-Салес, д-р биологии (г. Валенсия, Испания);  
К.М. Габдрахимов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);  
В.Д. Галкин, д-р техн. наук (г. Пермь, Россия);  
В.Н. Домацкий, д-р биол. наук (г. Тюмень, Россия);  
С.Л. Елисеев, (зам. гл. ред.) д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
О.З. Еремченко, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
А.М. Есоян, д-р техн. наук (г. Ереван, Армения);  
Н.Н. Зезин, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);  
Р.Р. Исмагилов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);  
Н.Л. Колясникова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
Н.В. Коспиченков, акад. АСХН РК, д-р техн. наук  
(г. Астана, Казахстан);  
Р. Кызыккая, 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. Перевоико, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
М.В. Рогозин, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
Т.Н. Сивкова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
В. Спалевич, д-р (г. Подгорица, Черногория);  
Л.В. Сычева, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
Н.А. Татарникова, д-р ветеринар. наук (г. Пермь, Россия);  
Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);  
В.И. Титова, д-р с.-х. наук (г. Н. Новгород, Россия);  
И.Ш. Фатыхов, д-р с.-х. наук (г. Ижевск, Россия);  
Т. Фишер, д-р естеств. наук (г. Бранденбург, Германия);  
И.К. Хабиров, д-р биол. наук (г. Уфа, Россия);  
В.Г. Черненко, акад. НАН ВШК, д-р с.-х. наук  
(г. Астана, Казахстан)

*Директор ИПЦ «Прокростъ» – О.К. Корепанова  
Редактор – Е.А. Граевская  
Ответственный секретарь – М.И. Пинаева  
Перевод – О.В. Фотина*

Дата выхода в свет – 24.06.2022. Формат 60x84%. Усл. печ. л. 19,87.  
Тираж 100. Заказ № 45. Индекс издания ПР922.  
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, 2022

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 Acad-  
emician 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. Batlle-Sales, Dr. (Valencia, Spain);  
K.M. Gabdrakhimov, Dr. Agr. Sci. (Ufa, Russia);  
V.D. Galkin, Dr. Tech. Sci. (Perm, Russia);  
V.N. Domatskii, Dr. Biol. Sci. (Tiumen, 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);  
N.V. Kostyuchenkov, Academician of SKATU,  
Dr. Tech. Sci. (Astana, Kazakhstan);  
R. Kizilkaya, PhD (Samsun, Turkey);  
L.V. Lyashcheva, Dr. Agr. Sci. (Tyumen, Russia);  
E.N. Martynova, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);  
T.Yu. Bortnik, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);  
S.G. Mudarisov, Dr. Tech. Sci. (Ufa, Russia);  
F.F. Mukhamadiarov, Dr. Tech. Sci. (Kirov, Russia);  
A.A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., (Troitsk, Russia);  
L.Iu. Ovchinnikova, Dr. Agr. Sci. (Troitsk, Russia);  
Zh.A. Perevoiko, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);  
M.V. Rogozin, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);  
T.N. Sivkova, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);  
V. Spaljevic, Dr. (Podgorica, Montenegro);  
L.V. Sycheva, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);  
N.A. Tatarnikova, Dr. Vet. Sci. (Perm, Russia);  
N.N. Terinov, Dr. Agr. Sci. (Ekaterinburg, Russia);  
V.I. Titova, Dr. Agr. Sci. (Nizhny Novgorod, Russia);  
I.Sh. Fatykhov, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);  
T. Fischer, Dr. (Brandenburg, Germany);  
I. K. Khabirov, Dr. Biol. Sci. (Ufa, Russia);  
V.G. Chernenok, Academician of NAHEA SK,  
Dr. Agr. Sci. (Astana, Kazakhstan)

*Director of the PPC «Prokrostъ» – О.К. Корепанова  
Editor – Е.А. Граевская  
Senior secretary – М.И. Пинаева  
Translation – О.В. Фотина*

Signed to print – 24.06.2022. Format 60x84%.  
Printed sheets 19,87. Ex. 100, Order No. 45. Postcode ПР922.  
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, 2022

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

- Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокнев В.Ю.**  
Повышение эффективности второй аспирации универсального сепаратора вороха..... 4
- Дёмшин С.Л., Исупов А.Ю., Тимшин Д.И.**  
Параметры и режимы работы дисковой секции при работе с культиваторными и плоскорезушими лапами..... 13
- Пахомов В.И., Брагинец С.В., Бахчевников О.Н.**  
Влияние СВЧ-вакуумной сушки на свойства листьев кориандра, используемых в качестве кормовой добавки для аквакультуры..... 24
- Поляков Г.Н., Шуханов С.Н., Косарева А.В.**  
Совершенствование технических средств для возделывания яровых зерновых культур с разработкой сеялки для посева в гряды..... 33

### АГРОНОМИЯ

- Азаренко Ю.А., Волкова В.А., Воронкова Н.А.**  
Влияние экологических факторов на содержание меди в почве и яровой мягкой пшенице в условиях Омского Прииртышья..... 42
- Антипова Т.А., Бабайцева Т.А.**  
Влияние предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов на формирование урожайности ярового ячменя..... 49
- Бортник Т.Ю., Клековкин К.С., Карпова А.Ю.**  
Продуктивность звена «ячмень + клевер – клевер 1 и 2 года пользования» при возделывании по последействию различных систем удобрения... 57
- Елисеев С.Л., Ренёв Е.А., Бинияз М.Ф.**  
Влияние срока посева на урожайность льна масличного в Среднем Предуралье..... 65
- Ленточкин А.М., Куклина Е.Н.**  
Формирование посевных качеств семян раннеспелыми, среднеранними и среднеспелыми сортами яровой пшеницы..... 71
- Титова В.И., Белоусова Е.Г.**  
Оценка эффективности внутрипочвенного компостирования сидеральной массы горчицы белой с жидким свиным навозом..... 78
- Тулинов А.Г., Лобанов А.Ю.**  
Оценка новых сортов и гибридов картофеля на экологическую пластичность..... 85
- Фигурин В.А., Кислицына А.П.**  
Повышение продуктивности многолетних трав на дерново-подзолистых кислых почвах..... 91

---

## CONTENTS

### PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

- Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazykin V.A., Mokiye V.Yu.**  
Improving the efficiency of the second aspiration of the universal grain separator..... 4
- Demshin S.L., Isupov A.J., Timshin D.I.**  
Disk section operation parameters and modes when working with cultivator and flat-cutting hoes 13
- Pakhomov V.I., Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N.**  
Effect of microwave-vacuum drying on the properties of coriander leaves used as an aquaculture feed additive..... 24
- Polyakov G.N., Shukhanov S.N., Kosareva A.V.**  
Improvement of technical means for the cultivation of spring grain crops with the development of a seeder for sowing in ridges..... 33

### AGRONOMY

- Azarenko Ju.A., Volkova V.A., Voronkova N.A.**  
The influence of environmental factors on the copper content in the soil and spring soft wheat in the conditions of the Omsk Irtysh region..... 42
- Antipova T.A., Babaytseva T.A.**  
The influence of pre-sowing seed treatment and spraying of crops on the formation of yields of spring barley..... 49
- Bortnik T.Yu., Klekovkin K.S., Karpova A.Yu.**  
The productivity of the link «barley + clover – clover 1 and 2 years of use» when cultivating according to the aftereffect of various fertilization systems..... 57
- Eliseev S.L., Renev E.A., Biniyaz M.F.**  
Influence of the sowing date on the yield of oil flax in the Middle Preduralie..... 65
- Lentochkin A.M., Kuklina E.N.**  
Sowing qualities of seeds formed by early-ripening, mid-early and mid-ripening varieties of spring wheat 71
- Titova V.I., Belousova E.G.**  
Efficiency assessment of intra-soil composting of white mustard seed mass with liquid swine manure 78
- Tulinov A.G., Lobanov A.Yu.**  
Environmental plasticity evaluation of new potato varieties and hybrids..... 85
- Figurin V.A., Kislitsyna A.P.**  
Increasing the productivity of perennial grasses on sod-podzolic acidic soils..... 91

<b>Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Ющенко Д.Н., Бутко А.С.</b> Изменение агрофизических свойств чернозёмных почв при интенсификации земледелия в лесостепи Западной Сибири.....	99	<b>Yushkevich L.V., A.G. Shchitov, Yushchenko D.N., Butko A.S.</b> Changes in the agrophysical properties of chernozem soils during the intensification of agriculture in the forest-steppe of Western Siberia.....	99
<b>ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ</b>		<b>VETERINARY AND ZOOTECHNY</b>	
<b>Гукежев В.М., Хуранов А.М.</b> Быки-производители – главный рычаг повышения эффективности селекции.....	106	<b>Gukezhev V.M., Khuranov A.M.</b> Bulls-producers – the main lever for increasing selection efficiency.....	106
<b>Гурова С.В., Аксенова В.М.</b> Современные подходы к диагностике степени тяжести бронхопневмонии телят.....	112	<b>Gurova S.V., Aksenova V.M.</b> Modern approaches to the diagnostics of the severity of bronchopneumonia in calves.....	112
<b>Завьялов О.А., Фролов А.Н., Харламов А.В., Курилкина М.Я.</b> Влияние различных уровней эссенциальных и токсичных элементов в семенной жидкости на качественные характеристики спермы быков-производителей голштинской породы .....	118	<b>Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kharlamov A.V., Kurilkina M.Y.</b> Influence of different levels of essential and toxic elements in seminal liquid on qualitative characteristics of sperm of holshtein bulls.....	118
<b>Любимова Ю.Г., Терещенко В.А., Иванов Е.А., Кичеева А.Г., Иванова О.В.</b> Гематологические показатели коров при использовании в кормлении премиксов из лесных ресурсов и природных минералов.....	129	<b>Lyubimova Yu.G., Tereshchenko V.A., Ivanov E.A., Kicheeva A.G. Ivanova O.V.</b> Hematological indicators of cows when using premixes from forest resources and natural minerals in feeding.....	129
<b>Малкова Н.Н., Ирхина, В.К., Остякова М.Е., Щербинина С.А.</b> Коррекция белкового и печёночного профиля у телят в селенодефицитном регионе.....	136	<b>Malkova N.N., Irkhina V.K., Ostyakova M.E., Shcherbinina S.A.</b> Correction of protein and liver profile in calves in the selenium deficiency region.....	136
<b>Николаев С.В.</b> Динамика биохимического состава крови у коров при разных способах введения раствора декстрозы.....	142	<b>Nikolaev S.V.</b> Dynamics of blood biochemical composition in cows with different methods of administration of dextrose solution.....	142
<b>Новикова Н.Н., Косарева Н.А.</b> Определение концентрации биоконсерванта для получения качественного сочного корма в лабораторных условиях.....	147	<b>Novikova N.N., Kosareva N.A.</b> Determination of bioconservant concentration for obtaining high-quality juicy feed in laboratory conditions.....	147
<b>Рязанцева К.В., Сизова Е.А.</b> Кальций и фосфор в организме цыплят-бройлеров на фоне высокоэнергетических рационов.....	153	<b>Ryazantseva K.V., Sizova E.A.</b> Calcium and phosphorus in the body of broiler chickens on the background of high energy diets...	153

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Научная статья

УДК 631.362.36

doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_4

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВТОРОЙ АСПИРАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА ВОРОХА

©2022. Александр Иванович Бурков<sup>1</sup>, Андрей Леонидович Глушков<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>2</sup>glandrey@yandex.ru

**Аннотация.** Одной из тенденций развития зерноочистительной техники в настоящее время является создание универсальных воздушно-решётных машин высокой производительности, которые могут работать в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки. К данной группе машин относится универсальный сепаратор вороха СВУ-60 («Воронежсельмаш», Россия). Недостатком второй аспирации данного сепаратора является низкая эффективность выделения лёгких примесей в пневмосепарирующем канале, так как его глубина (0,14 м) значительно ниже оптимальных значений даже для режима вторичной очистки при наименьших удельных зерновых нагрузках. Цель исследования – повышение эффективности очистки зернового материала от лёгких примесей во второй аспирации универсального сепаратора вороха за счет оптимизации основных конструктивных параметров пневмосепарирующего канала. Экспериментальные исследования проведены на модели второй аспирации сепаратора шириной 0,3 м на трёх режимах его работы: предварительной, первичной и вторичной очистке зерна. В исследованиях применялись методы однофакторного и многофакторного эксперимента. Изучено влияние основных конструктивных параметров пневмосепарирующего канала на эффект очистки зернового материала от лёгких примесей при допустимых потерях полноценного зерна в отходы. Получены адекватные с вероятностью 0,95 уравнения регрессии процесса очистки зернового материала от лёгких примесей. Определены основные конструктивные параметры пневмосепарирующего канала второй аспирации универсального сепаратора вороха: глубина канала 0,17...0,20 м, угол наклона нижней части канала 0...10°. Данные параметры пневмосепарирующего канала позволяют повысить эффект очистки зернового материала от лёгких примесей в сравнении с исходным вариантом: в режиме предварительной очистки – на 8,0...13,2% (от 46,5 до 54,5...59,7%); в режиме первичной очистки – на 17,7...21,8% (от 58,9 до 76,6...80,7%); в режиме вторичной очистки – на 11,0...11,5% (от 43,9 до 54,9...55,4%).

**Ключевые слова:** зерно, лёгкие примеси, сепаратор зерна, пневмосепарирующий канал, эффект очистки от лёгких примесей.

**Введение.** Одной из тенденций развития зерноочистительной техники в настоящее время у нас в стране и за рубежом является создание универсальных воздушно-решётных машин высокой производительности, которые могут работать в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки. Использование данных машин позволяет сократить их номенклатуру и облегчает эксплуатацию [1, 2]. Лидерами в области производства универсальных зерноочистительных машин являются компании PETHKUS (Германия) (очистители A12, F12, P12, U12 и U15), Buhler (Германия) (универсальные зерноочистительные машины серии TAS (TAS 154A-4, TAS 204A-4, TAS 206A-6)), Cimbria (Дания) (очистители Delta 144.2, Delta 159.1, Delta 168.1)), «Воронежсельмаш» (Россия) (сепараторы универсальные серии Universal (U-60, U-120, U-160, U-250)), Осколсельмаш (Россия) (очистители зерна ОЗФ-80/40/20, ОЗФ-50/25/10) и другие [3-14].

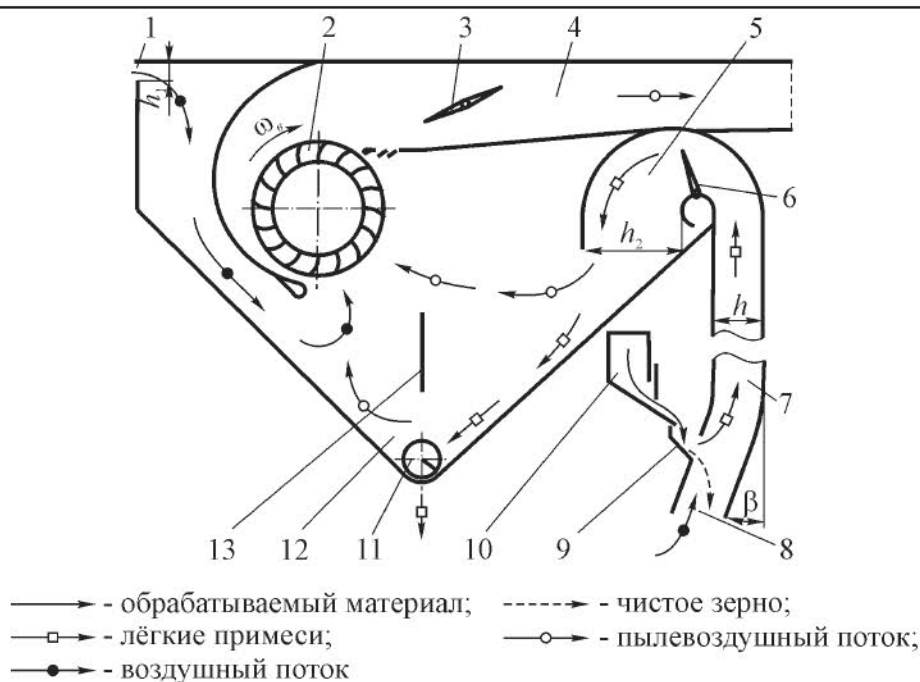
К данной группе машин относится и сепаратор вороха СВУ-60 («Воронежсельмаш», Россия), производительностью 60, 40 и 20 т/ч соответственно в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки зерна. Он содержит две аспирационные системы, работающие практически независимо друг от друга, так как каждая аспирация имеет свой диаметральный вентилятор и решётную часть. Первая аспирация очищает зерно от лёгких примесей до решёт, а вторая – после решёт. Такое техническое решение позволяет проводить быструю

настройку технологического режима в каждой аспирации. Но применение двух вентиляторов усложняет конструкцию пневмосистемы и увеличивает удельные энергозатраты на очистку зерна [1].

К недостаткам второй аспирации сепаратора СВУ-60 можно отнести низкую эффективность выделения лёгких примесей в пневмосепарирующем канале (ПСК), так как его глубина (0,14 м) значительно ниже оптимальных значений даже для режима вторичной очистки при наименьших удельных зерновых нагрузках [15].

*Целью исследования* является повышение эффективности очистки зернового материала от лёгких примесей во второй аспирации универсального сепаратора вороха за счёт оптимизации основных конструктивных параметров пневмосепарирующего канала.

**Методика.** Вторая аспирация универсального сепаратора вороха (рис. 1) работает следующим образом. Очищаемый материал из бункера 10 поступает в пневмосепарирующий канал 7, где под действием потока воздуха, создаваемого вентилятором 2, из неё выделяются лёгкие примеси и направляются далее в осадочную камеру 12. Вывод очищенного зерна и лёгких примесей из второй аспирации осуществляется через устройства 8 и 11. Пылевоздушный поток через выходной патрубок 4 поступает в пылеуловитель (на рисунке не показан).



- 1 – отвод воздушного потока из первой аспирации; 2 – диаметральный вентилятор;  
 3 – дроссельная заслонка; 4 – выходной патрубок; 5 – отвод пневмосепарирующего канала;  
 6 – регулировочная заслонка; 7 – пневмосепарирующий канал;  
 8, 11 – устройства вывода фракций; 9 – скатная доска; 10 – загрузочный бункер;  
 12 – осадочная камера; 13 – отражательная перегородка

Рис. 1. Технологическая схема модели второй аспирации универсального сепаратора вороха  
 Fig. 1. Technological scheme of the model of the second aspiration universal heap separator

Экспериментальные исследования второй аспирации сепаратора проведены с использованием методики планирования многофакторного и однофакторного экспериментов [16, 17] на её модели, имеющей ширину 0,3 м и натуральные размеры в продольно-вертикальной плоскости. Диаметр колеса вентилятора составлял 0,4 м, а глубины отводов воздушного потока из первой аспирации и пневмосепарирующего канала  $h_1=0,03$  м и  $h_2=0,40$  м.

Так как сепаратор является универсальным, то опыты проводили на трёх режимах его работы: предварительной, первичной и вторичной очистке зерна при удельной подаче зернового материала в соответствующих режимах  $11,1 \pm 0,1$ ,  $7,4 \pm 0,1$  и  $3,7 \pm 0,1$  кг/(с·м). Во время проведения опытов в ПСК устанавливали соответствующую скорость воздуха по допустимым потерям зерна в отходы (предваритель-

ная очистка – 0,05%, первичная очистка – 0,5%, вторичная очистка – 1,0%).

Исследования проведены при очистке смеси, состоящей из зерна пшеницы сорта Иргина и лёгких примесей, в качестве которых при использовали древесный опил (предварительная и первичная очистка) и щуплый овёс (вторичная очистка). Средняя скорость витания, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации скорости для частиц опила составили 3,09 м/с, 1,32 м/с и 0,43 м/с, для щуплого овса – 6,62 м/с, 2,18 м/с и 0,33, а для семян пшеницы – 9,26 м/с, 1,03 м/с и 0,11 соответственно. При скорости воздуха в канале 6,5 м/с древесный опил теоретически можно полностью выделить из зерновой смеси. Максимальной эффективности выделения щуплого овса (85...95%) с учетом допустимых потерь полноценного зерна в отходы в режиме вторичной очистки (1,0%) можно до-

биться при скорости воздуха в ПСК 7,5...8,0 м/с.

Масса смеси для одного опыта составляла 30 кг, а её влажность при первичной и вторичной очистке – 16,5%. Для режима предварительной очистки зерновую смесь увлажняли до 31,4% [18, 19]. Количество лёгких примесей в смеси при предварительной очистке составляло 5,0%, а при первичной и вторичной очистке – 3,0%.

Качество работы пневмосепарирующего канала оценивали эффектом  $E$  очистки от лёгких примесей (отношение массы выделенных лёгких примесей к их массе в исходном материале).

Лёгкие примеси выделяли из полученных фракций с помощью пневмокласификатора К-293 компании РЕТКУС. Полученные компоненты взвешивали на электронных весах ВЛТК-500М.

**Результаты.** На первом этапе исследования был реализован план эксперимента  $3^2$  на каждом из трёх режимов работы сепаратора [20, 21, 22]. Факторы, уровни и шаги их варьирования выбраны с учётом исходных параметров пневмосепарирующего канала второй аспирации сепаратора СВУ-60 ( $h=0,140$  м,  $\beta=20^\circ$ ) (табл.).

Таблица

Факторы, уровни и шаги их варьирования при исследовании пневмосепарирующего канала второй аспирации универсального сепаратора вороха

Кодированное обозначение факторов	Название факторов, их обозначение и единица измерения	Уровни факторов			Шаги варьирования
		-1	0	+1	
$x_1$	Глубина пневмосепарирующего канала ( $h$ ), м	0,14	0,17	0,20	0,03
$x_2$	Угол наклона нижней части канала ( $\beta$ ), град.	10	20	30	10

После обработки результатов эксперимента получены уравнения регрессии эффекта

$E$  очистки от лёгких примесей в пневмосепарирующем канале (%):

- в режиме предварительной очистки

$$E = 52,4 + 4,1x_1 - 2,2x_2 - 1,8x_1^2 - 2,8x_1x_2; \quad (1)$$

- в режиме первичной очистки

$$E = 69,2 + 6,8x_1 - 2,3x_2 - 3,5x_1^2 + 1,4x_1x_2 + 2,9x_2^2; \quad (2)$$

- в режиме вторичной очистки

$$E = 49,8 + 3,9x_1 - 3,0x_2 - 2,0x_1^2 + 1,8x_1x_2 + 1,6x_2^2. \quad (3)$$

Для оценки адекватности полученных уравнений регрессии использовали  $F$ -критерий Фишера. Расчетные значения  $F$ -критерия для уравнений (1), (2) и (3) составили 4,67; 8,44 и 1,92 соответственно. Для всех полученных уравнений значения  $F$ -критерия

ниже его табличного значения  $F_{табл.}=9,6$  при уровне значимости 0,05, следовательно данные уравнения адекватны.

Анализ полученных уравнений регрессии проводили с помощью графического изображения их на плоскости (рис. 2).



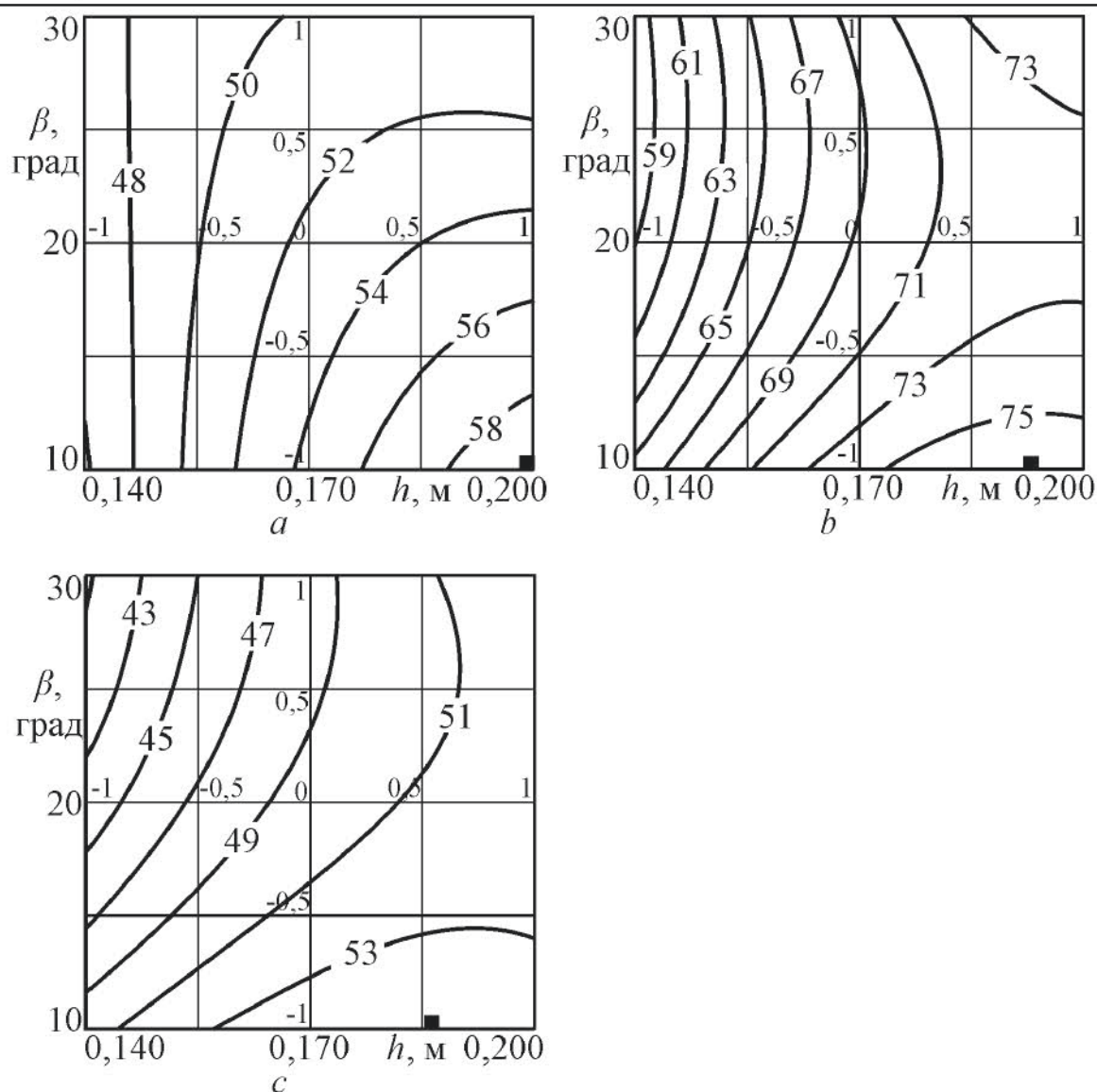


Рис. 2. Линии равных значений эффекта очистки зернового материала от лёгких примесей  $E$  (%) в режиме предварительной (а), первичной (b) и вторичной (c) очистки

Fig. 2. Lines of equal values of the effect of cleaning grain material from light impurities  $E$  (%) in the preliminary mode (a), primary (b) and secondary (c) treatment

При исходных параметрах пневмосепарирующего канала второй аспирации сепаратора СВУ-60 ( $h=0,140$  м,  $\beta=20^\circ$ ) эффект  $E$  очистки от лёгких примесей в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки составил 46,5, 58,9 и 43,9% соответственно.

Максимальный эффект очистки достигается при следующих параметрах ПСК: при предварительной очистке  $E=59,7\%$  ( $h=0,200$  м,  $\beta=10^\circ$ ); при первичной очистке  $E=76,6\%$  ( $h=0,193$  м,  $\beta=10^\circ$ ); при вторичной очистке  $E=54,9\%$  ( $h=0,186$  м,  $\beta=10^\circ$ ).

Глубина  $h$  ПСК оказывает наибольшее влияние на эффект  $E$  очистки от лёгких примесей. Так ее увеличение от 0,140 до 0,200 м (при  $\beta=10^\circ$ ) в режиме предварительной очистки повышает эффект  $E$  очистки на 13,9% (от 45,8 до 59,7%).

В режиме первичной очистки при увеличении  $h$  от 0,140 до 0,193 м (при  $\beta=10^\circ$ ) эффект  $E$  очистки повышается на 11,0% (от 65,6 до 76,6%). Дальнейшее увеличение  $h$  до 0,200 м приводит к снижению  $E$  на 0,2%.

В режиме вторичной очистки при увеличении  $h$  от 0,140 до 0,186 м (при  $\beta=10^\circ$ ) эффект  $E$  очистки повышается на 4,7 % (от 50,2 до 54,9%). Дальнейшее увеличение  $h$  до 0,200 м приводит к снижению  $E$  на 0,4%.

Оптимальные значения глубины  $h$  пневмосепарирующего канала в зависимости от режима работы находятся в пределах 0,186...0,200 м. При окончательном выборе данного параметра кроме эффекта очистки от лёгких примесей следует также учитывать максимальную производительность вентилятора и необходимую среднюю скорость воздуха в ПСК при вторичной очистке зерна пшеницы (до 8,0 м/с). Данная скорость обеспечи-

вается при глубине ПСК  $h=0,170$  м. При этом эффект  $E$  очистки (рис. 2, *c*) снижается всего на 0,6% (от 54,9 до 54,3%).

Таким образом, оптимальное значение глубины  $h$  пневмосепарирующего канала можно принять в пределах 0,170...0,200 м. При глубине ПСК  $h=0,170$  м и угле наклона нижней части канала  $\beta=10^\circ$  эффект  $E$  очистки от лёгких примесей составил в режиме предварительной очистки 54,5%, а в режиме первичной очистки – 74,4%.

Для уточнения оптимального значения угла  $\beta$  наклона нижней части канала был проведен однофакторный опыт при глубине ПСК  $h=0,170$  м (рис. 3).

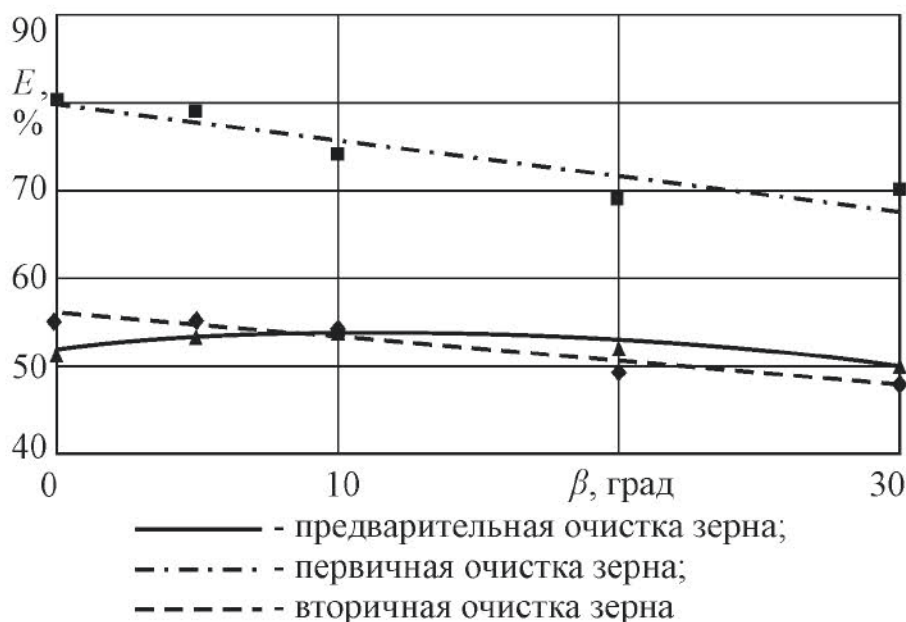


Рис. 3. Зависимости эффекта очистки зернового материала  $E$  от угла наклона нижней части пневмосепарирующего канала  $\beta$

Fig. 3. Dependences of the effect of cleaning grain material  $E$  on the angle of inclination of the lower part of the pneumatic separating channel  $\beta$

При увеличении угла  $\beta$  от 0 до  $30^\circ$  в режимах первичной и вторичной очистки эффект  $E$  очистки от лёгких примесей снижается соответственно на 10,9% (от 80,7 до 69,8%) и 7,0% (от 55,4 до 48,4%). В режиме предварительной очистки максимальный эффект очистки от лёгких примесей  $E=54,5\%$  достигается при  $\beta=10^\circ$ .

**Выводы.** Определены основные конструктивные параметры пневмосепарирующего канала второй аспирации универсального сепаратора вороха: глубина канала  $h=0,170...0,200$  м, угол наклона нижней части канала  $\beta=0...10^\circ$ . Параметры позволяют, по сравнению с исходным вариантом ( $h=0,140$  м,  $\beta=20^\circ$ ), повысить эффект  $E$  очистки зернового материала от лёгких

примесей: в режиме предварительной очистки – на 8,0...13,2% (от 46,5 до 54,5...59,7%); в режиме первичной очистки на – 17,7...21,8% (от 58,9 до 76,6...80,7%); в режиме вторичной очистки – на 11,0...11,5% (от 43,9 до 54,9...55,4%).

**Список источников**

1. 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.
2. Чеботарёв В.П., Барановский И.В., Князев А.А., Немцев П.М. Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин // *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве*. Материалы Международной научно-практической конференции. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». 2010. С. 184-189.
3. Buhler GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/universal\\_cleaningmachine.html](https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/universal_cleaningmachine.html) (дата обращения: 04.03.2022).
4. Cimbria Manufacturing A/S [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (дата обращения: 04.03.2022).
5. Orobinsky V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A., Gievsky A.M. Two-aspiration air-sieve grain cleaning machines of new generation // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Volume 954, 012056. DOI:10.1088/1755-1315/954/1/012056.
6. PETKUS Technologie GmbH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (дата обращения: 04.03.2022).
7. 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.
8. Болотова Н. Очистка зерна // *Хлебопродукты*. 2010. № 5. С. 32-33.
9. 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.
10. 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.
11. Очиститель зерна фракционный ОЗФ-80/40/20 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://oskolseimash.ru/catalog/ochistitel-zerna-fraktsionnyu-ozf-80-40-20/> (дата обращения: 04.03.2022).
12. Очистка зерна и семян [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://voronezhseimash.ru/produksiya/ochistka-zerna/> (дата обращения: 04.03.2022).
13. Тарасенко А.П., Оробинский В.И. Зерноочистительные машины семейства ОЗФ // *Достижения науки и техники АПК*. 2006. № 8. С. 15-16.
14. Чернышов А.В., Внук С.К., Попов А.Е. Обзор конструкций универсальных воздушно-решётных зерноочистительных машин // *Тенденции развития технических средств и технологий в АПК*. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I, 2021. С. 83-89.
15. Бурков А.И., Сычуг Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчёт и испытание. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 261 с.
16. Завалишин Ф.С., Мацнёв М.Г. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства. М.: Колос, 1982. 231 с.
17. Кошурников А.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. 317 с.
18. Баум А.Е., Резчиков В.А. Сушка зерна. М.: Колос, 1983. 223 с.
19. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2004. 624 с.
20. Анисимов Н.П. Об использовании методики планирования эксперимента в соответствии с трёхуровневыми планами Бокса-Бенкена // *Вестник магистратуры*. 2017. № 2-2 (65). С. 32-36.
21. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences. New York: Chapman and Hall/CRC, 2006. 456 p. DOI: 10.1201/9781315276021.
22. Селезнёва Е.В., Юрина Т.А. Система автоматизированного планирования эксперимента и получения уравнения регрессии // *Вестник СибАДИ*. 2014. № 3 (37). С. 84-87.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE SECOND ASPIRATION OF THE UNIVERSAL GRAIN SEPARATOR

©2022. Aleksander I. Burkov<sup>1</sup>, Andrey L. Glushkov<sup>2✉</sup>, Viktor A. Lazykin<sup>3</sup>,  
Valentin Yu. Mokiyev<sup>4</sup>,

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

<sup>2</sup>glandrey@yandex.ru

**Abstract.** One of the current trends in the development of grain cleaning equipment is the creation of high-performance universal air-sieve machines capable of operating in the modes of preliminary, primary and secondary cleaning. This group of machines includes the universal grain separator SVU-60 (Voronezhselmash, Russia). The disadvantage of the second aspiration of this separator is the low efficiency of cleaning from light impurities in the aspirating channel, since its depth (0.14 m) is much lower than the optimal values even for the secondary cleaning mode at the lowest specific grain loads. The research aimed to increase the efficiency of grain material cleaning from light impurities in the second aspiration of a universal grain separator by optimizing the main design parameters of the aspirating channel. Experimental studies were carried out on the model of the second aspiration of a 0.3 m wide separator in three modes of its operation: preliminary, primary and secondary grain cleaning. The studies used the methods of single-factor and multi-factor experiment. The influence of the main structural parameters of the aspirating channel on the effect of cleaning the grain material from light impurities with permissible losses of high-grade grain to waste was studied. Adequate with a probability of 0.95 regression equations for the process of cleaning grain material from light impurities are obtained. The main structural parameters of the aspirating channel of the second aspiration of the universal grain separator are determined: the channel depth is 0.17...0.20 m, the angle of inclination of the lower part of the channel is 0...10°. These parameters of the aspirating channel make it possible to increase the effect of cleaning grain material from light impurities in comparison with the initial version: during preliminary cleaning by 8.0...13.2% (from 46.5 to 54.5...59.7%); during primary cleaning by 17.7...21.8% (from 58.9 to 76.6...80.7%); during secondary cleaning by 11.0...11.5% (from 43.9 to 54.9 ...55.4%).

**Key words:** grain, light impurities, grain separator, aspirating channel, effect of cleaning from light impurities.

#### References

1. Burkov A.I. Tendentsii razvitiya vozdušno-reshetnykh zemoochistitel'nykh mashin na sovremennom etape (Trends in the development of air-sieve grain cleaning machines at the present stage), *Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2018, No. 2 (63), pp. 4-15. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15.
2. Chebotarev V.P., Baranovskii I.V., Knyazev A.A., Nemtsev P.M. Analiz tendentsii razvitiya sovremennykh zernoochistitel'nykh i sortiroval'nykh mashin (Analysis of trends in the development of modern grain cleaning and sorting machines), *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve, Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, Respublikanskoe unitarnoe predpriyatie «Nauchno-prakticheskii tsentr Natsional'noi akademii nauk Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva»*, 2010, pp. 184-189.
3. Buhler GmbH [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: [https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/universal\\_cleaningmachine.html](https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/universal_cleaningmachine.html) (data obrashcheniya: 04.03.2022).
4. Cimbria Manufacturing A/S [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://www.cimbria.com/ru/products/processing/screen-cleaner.html> (data obrashcheniya: 04.03.2022).
5. Orobinsky V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A., Gievsky A.M. Two-aspiration air-sieve grain cleaning machines of new generation, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, Volume 954, 012056. DOI:10.1088/1755-1315/954/1/012056.
6. PETKUS Technologie GmbH [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (data obrashcheniya: 04.03.2022).

7. 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.
8. Bolotova N. Ochistka zerna (Grain cleaning), Khleboprodukty, 2010, No. 5. pp. 32-33.
9. 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.
10. 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.
11. Ochistitel' zerna fraktsionnyi OZF-80/40/20 (Fractional grain cleaner OZF-80/40/20) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://oskolselmash.ru/catalog/ochistitel-zerna-fraktsionnyy-ozf-80-40-20/> (data obrashcheniya: 04.03.2022).
12. Ochistka zerna i semyan (Grain and seed cleaning) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://voronezhselemash.ru/produkcija/ochistka-zerna/> (data obrashcheniya: 04.03.2022).
13. Tarasenko A.P., Orobinskii V.I. Zernoochistitel'nye mashiny semeistva OZF (Grain cleaning machines of the OZF family), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2006, No. 8, pp. 15-16.
14. Chernyshov A.V., Vnukov S.K., Popov A.E. Obzor konstruktivnykh univ'er-sal'nykh vozdušno-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashin (Overview of the designs of universal air-sieve grain cleaning machines), Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologii v APK, Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Voronezh, Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni Imperatora Petra I, 2021, pp. 83-89.
15. Burkov A.I., Sychugov N.P. Zernoochistitel'nye mashiny. Konstruktsiya, issledovanie, raschet i ispytanie (Grain cleaning machines. Design, research, calculation and testing), Kirov, NIISKh Severo-Vostoka, 2000, 261 p.
16. Zavalishin F.S., Matsnev M.G. Metody issledovaniya po mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva (Methods of research on the mechanization of agricultural production), Moskva, Kolos, 1982, 231 p.
17. Koshumikov A.F. Osnovy nauchnykh issledovaniy (Basics of scientific research), Perm', IPTs Prokrost, 2014, 317 p.
18. Baum A.E., Rezchikov V.A. Sushka zerna (Drying grain), Moskva, Kolos, 1983. 223 p.
19. Khalanskii V.M., Gorbachev I.V. Sel'skokhozyaistvennyye mashiny (Agricultural machines), Moskva, KolosS, 2004, 624 p.
20. Anisimov N.P. Ob ispol'zovanii metodiki planirovaniya eksperimenta v sootvetstvie s trekhurovnevnyimi 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.
21. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences, New York, Chapman and Hall/CRC, 2006, 456 p. DOI: 10.1201/9781315276021.
22. 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.И. Бурков**<sup>1</sup> – д-р техн. наук, профессор;

**А.Л. Глушков**<sup>2</sup> – канд. техн. наук;

**В.А. Лазыкин**<sup>3</sup> – канд. техн. наук;

**В.Ю. Мокиев**<sup>4</sup> – канд. техн. наук.

<sup>1,2,3,4</sup> Федеральний аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, ул. Ленина, 166а, г. Киров, Россия, 610007

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

*Information about the authors*

**A.I. Burkov**<sup>1</sup> – Dr Techn. Sci., Professor;

**A.L. Glushkov**<sup>2</sup> – Cand. Techn. Sci., Senior Researcher;

**V.A. Lazykin**<sup>3</sup> – Cand. Techn. Sci., Researcher;

**V.Yu. MokiyeV**<sup>4</sup> – Cand. Techn. Sci., Researcher.

<sup>1,2,3,4</sup> Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007

<sup>2</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 15.03.2022; одобрена после рецензирования 21.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 15.03.2022; approved after reviewing 21.04.2022; accepted for publication 19.05.2022*

Научная статья  
УДК 631.319.06  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_13

## ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ДИСКОВОЙ СЕКЦИИ ПРИ РАБОТЕ С КУЛЬТИВАТОРНЫМИ И ПЛОСКОРЕЖУЩИМИ ЛАПАМИ

©2022. Сергей Леонидович Дёмшин<sup>1✉</sup>, Алексей Юрьевич Исунов<sup>2</sup>,

Даниил Игоревич Тимшин<sup>3</sup>,

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

<sup>1</sup>sergdemshin@mail.ru

**Аннотация.** Одним из способов повышения качества обработки почвы многофункциональными агрегатами является оснащение сменными адаптерами для выполнения завершающих технологических операций. При наличии в составе агрегата дисковых секций установка различных адаптеров приводит к изменению вертикальной нагрузки на диски, причем степень вариации напрямую зависит от типа рабочих органов адаптера. На стадии проектирования комплекта адаптеров необходимо знать диапазон параметров и режимов работы дисковой секции, при которых показатели качества обработки почвы соответствуют области оптимальных значений. Проведены экспериментальные исследования влияния конструкционно-технологических параметров дисковой секции на агротехнические показатели качества обработки почвы при совместной работе с культиваторными и плоскорежущими лапами. Реализован план эксперимента, позволяющий оценить влияние режима работы и параметров дисковой секции, таких как угол атаки  $\alpha$ , вертикальная нагрузка  $N$  на дисковую секцию и междисковое расстояние  $l$  на показатели качества обработки почвы: крошение, гребнистость поверхности, неравномерность глубины обработки. Для проведения исследований изготовлена лабораторно-полевая установка, конструкция которой позволяет изменять выбранные параметры в необходимых пределах. Результаты опыта показали, что при работе с культиваторными стрельчатыми лапами, рационально, учитывая качество обработки почвы и особенности конструкции агрегата, использовать дисковую секцию при углах атаки  $18-23^\circ$ , междисковом расстоянии 230-280 мм и массе балластного груза 100-120 кг на метр захвата, при совместном функционировании с плоскорежущими лапами – при углах атаки  $20-23^\circ$ , междисковом расстоянии 270-330 мм и массе балласта 130-160 кг/м. Полученные данные позволяют на стадии проектирования рационально распределить силы, действующие на агрегат в продольно-вертикальной плоскости и подобрать параметры и режимы работы дисковых секций и адаптеров для дополнительной обработки почвы.

**Ключевые слова:** агрегат почвообрабатывающий, лапа плоскорежущая, лапа культиваторная, секция дисковая, планирование эксперимента, адаптер сменный почвообрабатывающий, показатели агротехнические.

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0094).

**Введение.** Почвообрабатывающие орудия с дисковыми сферическими органами широко распространены в земледелии вследствие высокой универсальности: они выполняют операции основной и предпосевной обработки почвы, используются при осуществ-

лении технологий прямого посева [1, 2]. Процесс обработки почвы дисковой секцией в виде комплекта сферических дисков, жёстко закрепленных на оси, подробно изучен в середине прошлого века [3, 4, 5, 6]. В последние годы исследования по данной теме направлены на повышение эффективности работы дисковых секций посредством совершенствования конструкции и формы дисков, использование для изготовления дисков перспективных материалов, придания секции дисков дополнительного вращения или подтормаживания и т.д. [7, 8, 9, 10, 11]. Отдельным направлением работ является разработка комбинированных агрегатов с включением в состав дисковых рабочих органов [12, 13]. При этом, как правило, в процессе экспериментов дисковые секции изучаются как отдельно взятое орудие при работе по определенному агротехническому фону, либо непосредственно в составе агрегата, что не позволяет достоверно оценить влияние параметров и режимов работы дисковой секции на качество обработки почвы, предварительно обработанной другими рабочими органами.

В России разработка почвообрабатывающих агрегатов с дисковыми секциями началась во второй половине XX века [14]. Их технологическая схема предусматривала установку дисков впереди плоскорезущих или культиваторных лап. В этом случае мелкие частицы почвы и пожнивные остатки, образующиеся после прохода дисков, при движении подрезающих лап проникают в нижние слои почвы, обогащая их органическим веществом и снижая эрозионные риски. Данные машины широко применяются в условиях недостатка влаги и ветровой эрозии в южных регионах РФ, в Казахстане и на Украине. В регионах с избыточным увлажнением преимущества этой схемы не столь значимы, и более выражена плохая заглубляемость дисковых органов при обработке переуплотненной почвы. В этих условиях дисковые секции перспективно располагать после стрельчатых лап, которые подрезают пласт почвы и частично рыхлят его, так как в

деформированный пласт почвы легче внедряются диски и измельчают его.

На основании вышеизложенного предложена конструктивно-технологическая схема агрегата для осуществления операций основной и предпосевной обработки почвы посредством одного технического средства, и разработан опытный образец агрегата МПА–2,2/3,0 [15, 16]. Основой его конструкции являются две дисковые секции и сменные рабочие органы – плоскорезущие лапы для выполнения основной почвообработки на 14-25 см и культиваторные стрельчатые лапы для предпосевной почвообработки на 6-14 см. Особенностью агрегата является то, что лапы устанавливаются впереди дисковых секций, жёстко закрепленных на раме, т.е. диски функционируют в почве уже взрыхленной лапами, подрезающими пласт почвы и формирующими ровное дно борозды. В этом случае нет необходимости соблюдения агротребований по выравниванию дна борозды после обработки дисковыми орудиями, что делает возможным применение дисковых секций с увеличенным междисковым расстоянием. Это решение перспективно для улучшения заглубления дисковых секций при работе на тяжелых пересушенных почвах, что характерно для яблевой обработки стерни в условиях Евро-Северо-Востока России, когда веса агрегата недостаточно, и диски секций не могут достичь установочной глубины обработки [17]. Также при обработке почвы на глубину более 18 см увеличение потенциальной глубины обработки дисковыми секциями при совместной работе с плоскорезущими лапами позволит устранить плохо рыхляемый горизонт почвы, находящийся по глубине между зоной рыхления дисков секции лушильника и зоной воздействия на почву от лемехов лапы. При этом существенно снизится забивание дисковых секций растительными остатками и почвой.

Установка сменных адаптеров для дополнительной обработки почвы на агрегат

МПА-2,2/3,0 обеспечит формирование его узкоспециализированных вариантов, в т.ч. для более качественной предпосевной подготовки почвы, для нарезания гряд под пропашные культуры и других операций, но при этом изменит условия работы дисковых секций, так как вертикальная нагрузка на нее существенно меняется в зависимости от типа почвообрабатывающих органов адаптера [18, 19].

Анализ развития многофункциональной почвообрабатывающей техники показал, что дисковые рабочие органы являются одними из наиболее востребованных по наличию в составе комбинированных агрегатов. Одной из проблем, ограничивающей их более широкое применение, является то, что рабочий процесс обработки почвы дисковыми секциями при технологической схеме агрегата, в которой они расположены за подрезающими лапами, не достаточно исследован.

*Цель исследования* - изучение влияния конструкционно-технологических параметров дисковой секции на агротехнические показатели качества обработки почвы при совместной работе с культиваторными и плоскорезными лапами.

**Методика.** Проведенные испытания базовой модели агрегата МПА-2,2, укомплектованной секциями дисков диаметром 450 мм на общей оси с междисковым расстоянием 180 мм, показали достаточно высокое качество основной и мелкой обработки почвы [20]. Жёсткое крепление секций на раме обуславливает дополнительное заглубляющее усилие за счёт распределения на них части веса агрегата и достаточно точную его регулировку посредством изменения параметров навесной системы трактора и положения опорных колес агрегата.

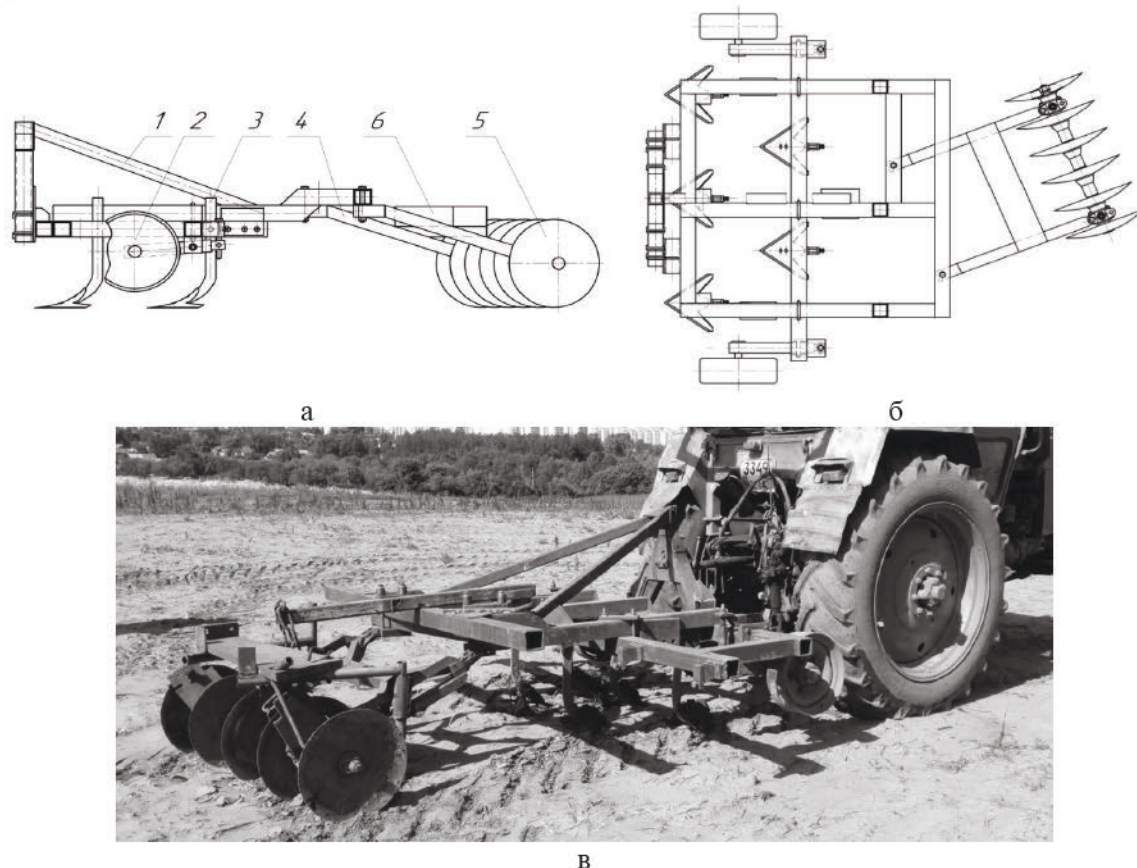
При формировании возможного комплекта адаптеров в виде прикатывающих кат-

ков, штригель-борон, гребнеобразующих корпусов и т.д. уже на стадии проектирования необходимо знать диапазон параметров и режимов работы дисковых секций: угла атаки, вертикальной нагрузки и междискового расстояния, при которых показатели качества обработки почвы дисковой секцией соответствуют области оптимальных значений.

Для проведения экспериментов изготовлена лабораторно-полевая установка, агрегируемая с трактором МТЗ-82, конструкция которой позволяет имитировать рабочий процесс обработки почвы агрегата МПА-2,2/3,0 (рис. 1). На ее раму устанавливаются культиваторные лапы шириной захвата 330 мм в количестве 5 шт. или три плоскорезные лапы шириной захвата 760 мм и дисковая секция (длина 1,5 м), шарнирное крепление которой на раме позволяет изменять угол атаки в диапазоне от 0 до 40°. Величина вертикальной нагрузки на оси дисковой секции регулируется сменными грузами. Междисковое расстояние – при помощи сменных втулок разной длины, причём секция на минимальном уровне (-1) имеет 9 дисков, на нулевом уровне (0) – 7 шт., на максимальном уровне (+1) – 5 шт.

Для изучения совместного функционирования культиваторных и плоскорезных лап с дисковыми рабочими органами реализован план эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка для трёх факторов, позволяющий оценить влияние режима работы и параметров дисковой секции: угла атаки  $\alpha$ , град, вертикальной нагрузки  $N$ , кг, на дисковую секцию и междискового расстояния  $l$ , мм, на показатели качества обработки почвы (табл. 1).





1 – рама, 2 – опорное колесо, 3 – лапа культиваторная, 4 – кронштейн крепления дисковой секции, 5 - дисковая секция, 6 – балластные грузы

Рис. 1. Лабораторно-полевая установка для мелкой обработки почвы:

а – вид сбоку, б – вид сверху, в – при проведении исследований

Fig. 1. Laboratory and field installation for fine tillage: a – side view, b – top view, c – during research

Исследования включали изучение совместной работы дисковых рабочих органов с плоскорежущими (основная обработка почвы) и культиваторными стрельчатыми (мелкая обработка почвы) лапами.

В качестве критериев оптимизации выбраны:  $V_1$  – крошение почвы (фракция менее 50 мм) плоскорежущими лапами и дисковой

секцией ( $P_{50}$ , %);  $V_2$  – крошение почвы (фракция менее 25 мм) культиваторными лапами и дисковой секцией ( $P_{25}$ , %);  $V_3$  – гребнистость после прохода плоскорежущих лап и дисковой секции ( $A_{Пл}$ , мм);  $V_4$  – гребнистость поверхности поля после прохода культиваторных лап и дисковой секции ( $A_{Хл}$ , мм).

Таблица

Обозначение факторов, уровни и интервалы их варьирования

Код фактора	Название фактора, его обозначение и единица измерения	Уровень фактора			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
$x_1$	Угол атаки $\alpha$ , град	10	20	30	10
$x_2$	Вертикальная нагрузка на дисковую секцию $N$ , кг	80	160	240	80
$x_3$	Междисковое расстояние $l$ , мм	180	270	360	180

Местом проведения исследований являлись поля опытного хозяйства ФГБНУ ФАНЦ

Северо-Востока (г. Киров). Почва участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая,

рельеф - ровный. Первый этап исследований (основная обработка почвы) проводился по стерне ячменя, второй (мелкая обработка почвы) – по чистому пару (1,5 месяца после обработки агрегатом КПС-4+БЗСС-1,0).

Параметры почвы в ходе первого этапа исследований: влажность в слое до 20 см - 18,9 %, твёрдость в слое 0–10 см - 1,78 МПа, 10-20 см - 2,73 МПа, 20-30 см - 2,80 МПа. Средняя длина пожнивных остатков 14,5 см. Установочная глубина обработки почвы плоскорезными лапами 20 см. Скорость движения лабораторной установки 6,7 км/ч (4р передача МТЗ-82).

На втором этапе опыта: влажность в слое до 20 см - 15,3 %, твёрдость в слое до 10 см -

$$Y_1 = 69,2 + 5,25 \cdot x_1 + 10,63 \cdot x_2 - 6,52 \cdot x_1^2 + 5,25 \cdot x_2 \cdot x_3 - 5,27 \cdot x_2^2 + 4,5 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (1)$$

$$Y_3 = 45,31 + 4,5 \cdot x_1 + 5,75 \cdot x_1 \cdot x_2 + 3,21 \cdot x_2^2 - 5,0 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,71 \cdot x_3^2. \quad (2)$$

Для анализа уравнений регрессии (1, 2) построены трёхмерные графики зависимости содержания  $P_{50}$  фракции почвы размером ме-

0,94 МПа, 10-20 см - 1,39 МПа. Установочная глубина обработки культиваторными лапами 10 см. Скорость движения лабораторной установки 7,9 км/ч (5р передача МТЗ-82). Показатели условий проведения опытов определены в соответствии с ГОСТ 20915-2011.

**Результаты.** После реализации плана эксперимента на лабораторно-полевой установке, оборудованной плоскорезными лапами и дисковой секцией, и обработки данных с помощью программ *Microsoft Excel* и *Statgraphics Plus 5.1* получены следующие модели регрессии, проверенные на адекватность по  $F$ -критерию Фишера (вероятность  $p = 0,95$ ):

нее 50 мм ( $Y_1$ ) от угла атаки  $\alpha$  дисковой секции, вертикальной нагрузки  $N$  и междискового расстояния  $l$  (рис. 2).

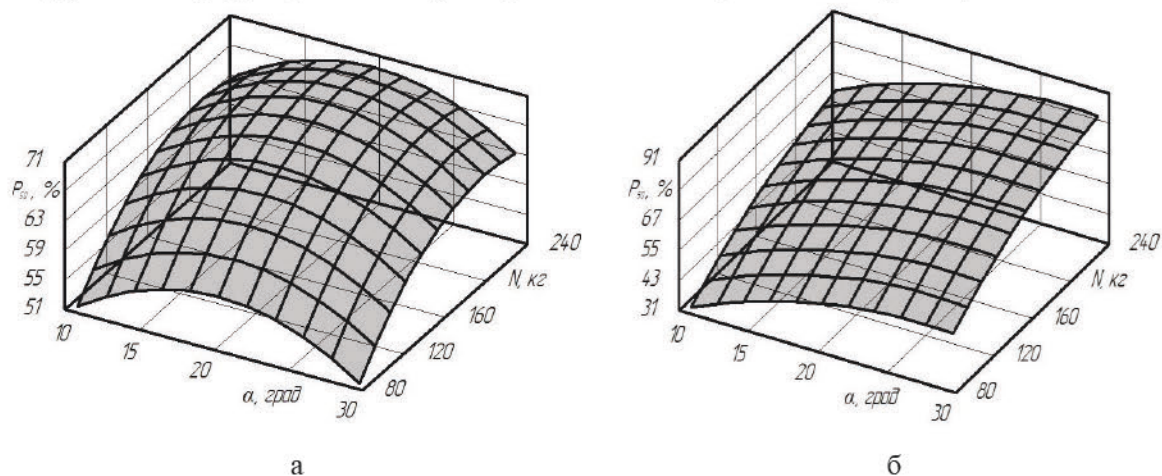


Рис. 2. Влияние угла атаки  $\alpha$ , град., дисковой секции ( $x_1$ ) и вертикальной нагрузки  $N$ , кг, ( $x_2$ ) на содержание  $P_{50}$ , %, фракции почвы до 50 мм при: а -  $l = 180$  мм ( $x_3 = 0$ ); б -  $l = 360$  мм ( $x_3 = +1$ )  
 Fig. 2. The influence of attack angle  $\alpha$ , disk section deg., ( $x_1$ ) and vertical load  $N$ , kg, ( $x_2$ ) on the content of  $P_{50}$ , % soil fraction up to 50 mm at: а -  $l = 180$  ( $x_3 = 0$ ); б -  $l = 360$  mm ( $x_3 = +1$ )

Изучение моделей регрессии (1, 2) показывает, что увеличение угла атаки  $\alpha$  и вертикальной нагрузки  $N$  существенно повышает степень крошения почвы и глубину обработки дисковыми рабочими органами, повышение междискового расстояния  $l$  приводит к возрастанию глубины обработки и гребнистости почвы. В то же время при минимальных значениях

вертикальной нагрузки и угла атаки на участках почвы повышенной твёрдости имели место случаи полного выглубления дисковой секции. Наличие фракции частиц почвы размером менее 50 мм имеет максимум при углах атаки в диапазоне 23-25° и максимальной вертикальной нагрузке, равной 240 кг. При этом с увеличением угла

атаки, нагрузки на дисковую секцию и междискового расстояния существенно уменьшается толщина необработанного слоя почвы, но возрастает гребнистость поверхности и количество комков почвы размером более 50 мм в верхнем слое.

Точное определение глубины обработки стерни дисковыми секциями путем замера не представляется возможным, так как граница

взрыхленной ими почвы не имеет четкой линии вследствие гребнистого рельефа дна борозды. Поэтому для сравнения качества обработки почвы исследуемыми рабочими органами с различными комбинациями выбранных факторов применялась визуальная оценка поперечно-вертикальных срезов обработанной почвы (рис. 3).



Рис. 3. Почвенный срез на глубину обработки после прохода плоскорезущих лап и дисковой секции: а –  $\alpha = 10^\circ$  ( $x_1$ ),  $N = 80$  кг ( $x_2$ ),  $l = 270$  мм ( $x_3$ ); б –  $\alpha = 30^\circ$  ( $x_1$ ),  $N = 240$  кг ( $x_2$ ),  $l = 360$  мм ( $x_3$ )  
 Fig. 3. Soil cut to the processing depth after the passage of the flat-cutting paws and the disk section: а –  $\alpha = 10^\circ$  ( $x_1$ ),  $N = 80$  kg ( $x_2$ ),  $l = 270$  mm ( $x_3$ ); б –  $\alpha = 30^\circ$  ( $x_1$ ),  $N = 240$  kg ( $x_2$ ),  $l = 360$  mm ( $x_3$ )

Визуальное изучение снимков почвенных срезов подтвердило ранее сделанные предположения о том, что увеличение междискового расстояния, при прочих равных условиях, существенно повысит глубину обработки дисковыми органами вследствие возрастания вертикальной нагрузки на отдельный диск секции и уменьшения общей площади опорной поверхности секции. В то же время при максимальных значениях междискового

расстояния и угла атаки секции наблюдается некоторое снижение степени крошения почвы.

Второй этап исследований включал реализацию плана эксперимента (табл.) по изучению совместной работы культиваторных лап и дисковых рабочих органов в виде секций. Данные опыта обработаны с помощью программ *Microsoft Excel* и *Statgrafics Plus 5.1* и получены следующие модели регрессии (вероятность  $p = 0,95$ ):

$$Y_2 = 78,61 + 4,0 \cdot x_1 + 5,5 \cdot x_2 - 2,25 \cdot x_3 + 3,0 \cdot x_1 \cdot x_2 - 4,58 \cdot x_2^2 - 4,08 \cdot x_3^2, \quad (3)$$

$$Y_4 = 19,5 - 3,05 \cdot x_1 - 1,53 \cdot x_2 - 1,28 \cdot x_3 + 1,95 \cdot x_2 \cdot x_3 + 3,5 \cdot x_3^2. \quad (4)$$

Для исследования уравнений регрессии (3, 4) построены трёхмерные графики зависимости содержания  $P_{25}$  фракции почвы размером менее 25 мм ( $Y_2$ ) от междискового расстояния  $l$ , угла атаки  $\alpha$  и массы балластного груза  $N$  (рис. 4). Анализ поверхностей отклика показывает, что до определенного момента возрастание исследуемых факторов приводит к повышению степени крошения и глубине обра-

ботки почвы, а при достижении значений междискового расстояния 200-230 мм и массы груза 160-200 кг содержание фракции почвы менее 25 мм снижается. Это происходит вследствие того, что в большей части диапазона исследуемых факторов глубина обработки дисковыми секциями превышает глубину хода культиваторных лап на величину до 30 мм, что обуславливает вынос

нижних слоёв почвы, необработанной культиваторными лапами, хотя их установочная глубина обработки близка к максимальной (12 см). Наибольшее влияние на заглубление

дисковых секций оказывают увеличение междискового расстояния и массы балласта, что негативно влияет на крошение почвы и гребнистость.

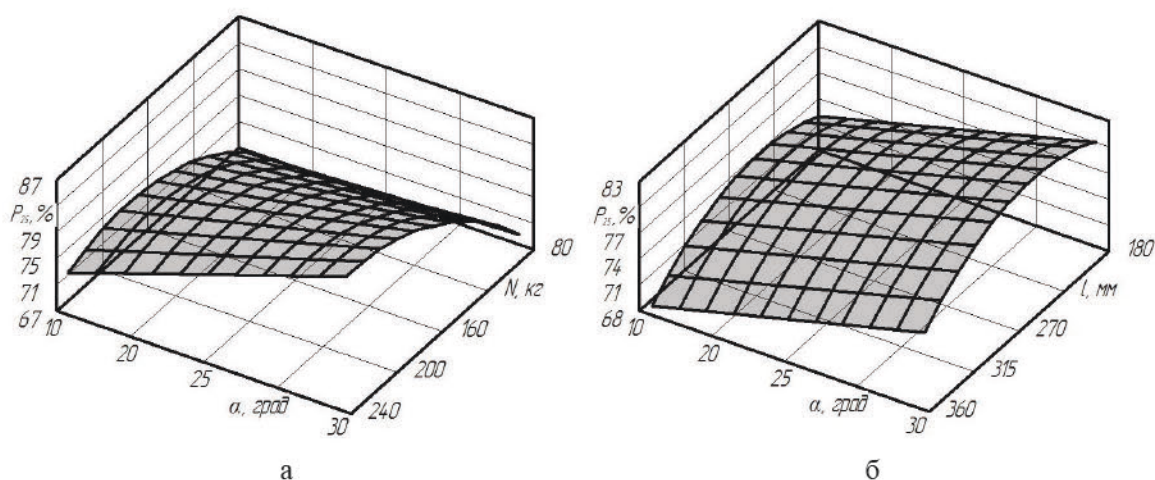


Рис. 4. Влияние угла атаки  $\alpha$ , град., ( $x_1$ ), вертикальной нагрузки  $N$ , кг, ( $x_2$ ), и междискового расстояния  $l$ , мм, ( $x_3$ ) на содержание  $P_{25}$ , %, фракции частиц почвы до 25 мм при: а -  $l = 270$  мм ( $x_3 = 0$ ); б -  $N = 160$  кг ( $x_2 = 0$ )  
 Fig. 4. Influence of the angle of attack  $\alpha$ , deg., ( $x_1$ ), vertical load  $N$ , kg, ( $x_2$ ), and inter-disk distance  $l$ , mm, ( $x_3$ ) on the content of  $P_{25}$ , %, fraction of soil particles up to 25 mm at: а -  $l = 270$  mm ( $x_3 = 0$ ); б -  $N = 160$  kg ( $x_2 = 0$ )

На повышение гребнистости при минимуме нагрузки и угла атаки также влияет то, что почва взрыхлена культиваторными лапами, и диски секции сравнительно хорошо заглубляются, формируя продольные бороздки

глубиной до 50 мм (рис. 5). В то время, как на среднем уровне факторов поперечный отброс почвы дисками является более интенсивным, что уменьшает величину гребнистости.



а



б



Рис. 5. Вид участка (а, в) и почвенный срез (б, г) после обработки культиваторными лапами и дисковой секцией: а, б –  $\alpha = 10^\circ$  ( $x_1 = -1$ ),  $N = 160$  кг ( $x_2 = 0$ ),  $l = 360$  мм ( $x_3 = 1$ ); в, г –  $\alpha = 20^\circ$  ( $x_1 = 0$ ),  $N = 160$  кг ( $x_2 = 0$ ),  $l = 270$  мм ( $x_3 = 0$ )

Fig. 5. View of the site (a, c) and soil section (b, d) after treatment with cultivator paws and a disk section: a, b -  $\alpha = 10^\circ$  ( $x_1 = -1$ ),  $N = 160$  kg ( $x_2 = 0$ ),  $l = 360$  mm ( $x_3 = 1$ ); c, d -  $\alpha = 20^\circ$  ( $x_1 = 0$ ),  $N = 160$  kg ( $x_2 = 0$ ),  $l = 270$  mm ( $x_3 = 0$ )

В целом результаты экспериментов подтверждают характерные особенности рабочего процесса дисковых секций, выявленные исследованиями В.Ф. Стрельбицкого [5] и других ученых. В частности, то, что глубина обработки почвы существенно повышается при увеличении угла атаки дисковых секций и вертикальной нагрузке на них. При этом значения требуемого веса балластного груза при совместной работе с культиваторными лапами ориентировочно на 15-25 % ниже, чем при предпосевной обработке почвы отдельно взятой дисковой секцией; для плоскорезуших лап – не менее чем на треть.

При проектировании адаптеров для данного варианта агрегата необходимо иметь в виду, что дисковая секция имеет шарнирное крепление на раме установки, обуславливая, тем самым, её высокую заглубляемость. Агрегат МПА-2,2/3,0 отличает жёсткое крепление дисковых секций на раме, что препятствует неконтролируемому изменению заданной глубины обработки дисковыми секциями.

Наиболее приемлемые значения глубины обработки (8-12 см) дисковые рабочие органы показали при углах атаки до  $15^\circ$  и массе балласта не более 80 кг/м, но при шарнирном способе крепления дисковой секции на раме. Содержание фракции почвы до 25 мм достигает

оптимума при угле атаки  $30^\circ$ , междисковом расстоянии 250-270 мм и массе балластного груза 160-180 кг, что примерно соответствует и оптимальным значениям гребнистости поверхности. Результаты эксперимента с учётом того, что жёсткое крепление дисковых секций ограничивает и позволяет достаточно точно регулировать глубину погружения дисков в почву, а увеличение угла атаки дисковой секции повышает энергоёмкость почвообработки и габариты агрегата, позволяют определить диапазоны рациональных конструктивно-технологических параметров дисковых секций агрегата со сменными рабочими органами для мелкой обработки почвы: угол атаки  $18-23^\circ$ , междисковое расстояние 230-280 мм и масса балласта 100-120 кг/м.

Вариантов комбинаций рабочих органов базовой модели агрегата и сменных адаптеров имеется достаточно большее количество, и при выборе из них наиболее перспективных для практического применения нужно руководствоваться принципом минимальной достаточности, а также их соответствию агротехническим требованиям на выполнение операций. При проектировании сменных адаптеров необходимо учитывать выявленные в процессе эксперимента диапазоны ра-

циональных значений конструкционно-технологических параметров, что обеспечит наиболее эффективное использование дисковых рабочих органов в составе агрегата.

**Выводы.** 1. Для изучения влияния конструкционно-технологических параметров дисковых рабочих органов многофункционального почвообрабатывающего агрегата (угол атаки, вертикальная нагрузка на дисковую секцию и междисковое расстояние) на агротехнические показатели качества обработки почвы (крошение, гребнистость, глубина обработки) реализован план эксперимента Бокса–Бенкина второго порядка для трёх факторов.

2. Полученные данные позволяют на стадии проектирования рационально распре-

делить силы, действующие на агрегат в продольно-вертикальной плоскости и подобрать параметры и режим работы дисковых секций и адаптеров для дополнительной обработки почвы. Выявлено, что при работе с культиваторными лапами рационально, учитывая качество обработки почвы и особенности конструкции агрегата, использовать дисковую секцию с углами атаки 18-23°, междисковым расстоянием 230-280 мм и массой балласта 100-120 кг на метр захвата; при работе с плоскорежущими лапами – при углах атаки 20-23°, междисковом расстоянии 270-330 мм и массе балластного груза 130-160 кг/м.

#### Список источников

1. Клочков А.В., Попов В.А. Современная сельскохозяйственная техника для растениеводства. Горки: Белорусская ГСХА. 2009. 172 с.
2. Теслюк Г.В., Волик Б.А., Сокол С.П., Кобещ О.М., Семенюта А.М. Грунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: Монографія. Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2016. 144 с.
3. Синекоков Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин. М.: Машгиз, 1949. 86 с.
4. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. М.: Машиностроение, 1976. 135 с.
5. Kerper R.A., Bainer R., Barger E. L. Principle of farm machinery, 3rd Edition. Westport: The AVI Publishing Company, Inc., 1978. 527 p.
6. Bemacki H., Hamañ J., Kanafoiski Cz. Agricultural Machines. Theory and Constracñion. Vol.1. Washington, D. C., 1972. 883 p.
7. Макаров П.И. Технология и техника для гладкой вспашки почв. Казань: Казанский ун-т, 2000. 288 с.
8. Konovalov V.I. Justification of design parameters of a disk working body with a changing radius of curvature // E3S Web of Conferences 193, 01014 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019301014>
9. Кобяков И.Д., Союнов А.С. Исследование шестилезвийного дискового рабочего органа почвообрабатывающих орудий // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. 2008. № 12. С. 21-22.
10. Акимов А.П., Константинов Ю.В.. Оптимизация параметров и режимов функционирования дисков почвообрабатывающих машин и орудий. Чебоксары: Изд-во Чувашской ГСХА, 2017. 136 с.
11. Upadhyay G., Raheman R. Performance of combined offset disc harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin // Journal of Terramechanics, 2018; 78: 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2018.04.002>
12. Жук А. Ф. Новые дисколаповые агрегаты // Труды ГОСНИТИ. 2013. № 1. С. 167–170.
13. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków // Zeszyty problemowe postępow nauk rolniczych. 2009 z. 543: 355–364 p.
14. Жук А.Ф., Ревякин Е.Л. Развитие машин для минимальной и нулевой обработки почвы. М.: Росинформгротех, 2007. 156 с.
15. Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат: пат. 2679700 Рос. Федерация, № 2018110972; заявл. 27.03.2018; опубл. 12.02.2019, Бюл. № 5. 10 с.
16. Андреев В.Л., Дёмшин С.Л., Ильичев В.В., Черемисинов Д.А., Юнусов Г.С. Многофункциональный почвообрабатывающий агрегат со сменными рабочими органами // Вестник НГИЭИ. 2018. №11 (90). С. 87-102.
17. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. Научно обоснованные подходы к выбору систем обработки почв в севооборотах для условий Евро-Северо-Востока РФ: метод. пособие. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 35 с.
18. Алдошин Н.В., Васильев А.С., Кудрявцев А.В., Голубев В.В., Алипичев А.Ю. Результаты исследования предпосевной обработки почвы прутковым катком // Агроинженерия. 2020. № 2(96). С. 9-16. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-9-16.
19. Бодалев А.П., Иванов А.Г., Костин А.В., Шкляев К.Л., Шкляев А.Л., Дерюшев И.А. Взаимодействие пружинных рабочих органов тяжелых зубовых борон с почвой // Вестник НГИЭИ. 2020. №1 (104). С. 16–30.

## DISK SECTION OPERATION PARAMETERS AND MODES WHEN WORKING WITH CULTIVATOR AND FLAT-CUTTING HOES

©2022. Sergey L. Demshin<sup>1✉</sup>, Aleksey J. Isupov<sup>2</sup>, Daniil I. Timshin<sup>3</sup>,

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

<sup>1</sup>sergdemshin@mail.ru

**Abstract.** One of the ways to improve the quality of tillage with multifunctional units is to equip them with replaceable adapters to perform the final technological operations. If there are disk sections in the unit, the installation of various adapters leads to a change in the vertical load on the disks, and the degree of variation directly depends on the type of working bodies of the adapter. At the stage of designing a set of adapters, it is necessary to know the range of parameters and operating modes of the disk section, at which the indicators of the quality of tillage correspond to the area of optimal values. Experimental studies of the influence of the structural and technological parameters of the disk section on the agrotechnical indicators of the quality of tillage during combined work with duck foot cultivators and flat hoes. An experimental plan has been implemented to evaluate the influence of the operating mode and parameters of the disk section, such as the angle of attack  $\alpha$ , vertical load  $N$ , on the disk section and the distance  $l$  between disks on the indicators of the quality of tillage: crumbling, surface ridges, uneven depth of tillage. For conducting experiments, a laboratory-field setup was made, the design of which allows changing the selected parameters within the required limits. The results of the experiment showed that when working with duck feet, it is rational, taking into account the quality of tillage and the design features of the unit, to use a disk section at angles of attack of 18-23° degrees, the distance between disks of 230-280 mm and a ballast weight of 100-120 kg per meter of grip; when operating together with flat-cutting hoes – at angles of attack 20–23°, disk spacing 270-330 mm and ballast weight 130-160 kg/m. The data obtained make it possible at the design stage to rationally distribute the forces acting on the unit in the longitudinal-vertical plane, and to select the parameters and modes of operation of disk sections and adapters for additional tillage.

**Key words:** tillage unit, flat-cutting hoe, duck foot cultivator, disk section, experiment planning, replaceable tillage adapter, agrotechnical indicators.

**Acknowledgments:** The work was carried out within the framework of the State task of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky” (subject No. 0767-2019-0094).

### References

1. Klochkov A. V., Popov V. A. *Sovremennaya sel'skokhozyaystvennaya tekhnika dlya rasteniyevodstva (Modern agricultural machinery for crop production)*, Gorki: Belorusskaya GSKHA, 2009, 172 p.
2. Teslyuk G.V., Volyk B.A., Sokol S.P., Kobets O.M., Semenyuta A.M. *Gruntoobrobni ahrehaty na osnovi dyskovykh robochykh orhaniv: monohrafiya (Tillage machines based on disk working elements: monograph)*, Dnipropetrovsk: TOV "Accent PP", 2016, 144 p.
3. Sineokov G.N. *Diskovyye rabochiye organy pochvoobrabatyvayushchikh mashin (Disk working bodies of tillage machines)*, M.: Mashgiz, 1949, 86 p.
4. Strelbitsky V.F. *Diskovyye pochvoobrabatyvayushchiye mashiny (Disk tillage machines)*, M.: Mashinostroenie, 1976, 135 p.
5. Kepner R.A., Bainer R., Barger E. L. *Principle of farm machinery*, 3rd Edition, Westport: The AVI Publishing Company, Inc., 1978, 527 p.

6. Bemacki H., Haman J., Kanafoiski Cz. Agricultural Machines. Theory and Constracnion, Vol.1, Washington, D.C., 1972, 883 p.
7. Makarov P.I. Tekhnologiya i tekhnika dlya gladkoy vspashki pochv (Technology and equipment for smooth plowing of soils), Kazan: Kazan University, 2000, 288 p.
8. Konovalov V.I. Justification of design parameters of a disk working body with a changing radius of curvature. E3S Web of Conferences 193, 01014 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019301014>.
9. Kobyakov I.D., Soyunov A.S. Issledovaniye shestilezviynogo diskovogo rabocheho organa pochvoobratyvyayushchikh orudiy (Investigation of the six-blade disk working body of soil-cultivating implements), Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozjajstva, 2008, No. 12, Pp. 21–22.
10. Akimov A.P., Konstantinov Yu.V. Optimizatsiya parametrov i rezhimov funktsionirovaniya diskov pochvoobratyvyayushchikh mashin i orudiy (Optimization of parameters and operating modes of disks of tillage machines and implements), Cheboksary: Izd-vo Chuvashskoy GSKHA, 2017, 136 p.
11. Upadhyay G., Raheman R. Performance of combined offset disk harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin, Journal of Terramechanics, 2018; 78: 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2018.04.002>
12. Zhuk A.F. Novyye diskolapovyeye agregaty (New disk-paw aggregates), Trudy GOSNITI, 2013, No. 1, Pp. 167–170.
13. Talarczyk W., Zbytek Z. Uniwersalna konstrukcja kultywatora podorywkowego i obsypnika do ziemniaków (Universal construction stubble cultivator and shaper of the ridges for potatoes), Zeszyty problemowe postkpuw nauk rolniczych, 2009, No. 543, Pp. 355-364.
14. Zhuk A.F., Revyakin E.L. Razvitiye mashin dlya minimal'noy i nulevoy obrabotki pochvy (Development of machines for minimum and no tillage), M.: Rosinformagrotekh, 2007, 156 p.
15. Multifunctional tillage unit : pat. 2679700 RU, № 2018110972; date of filing 27.03.2018; date of publication 13.04.2020, Bull. № 11, 10 p.
16. Andreev V. L., Dyomshin S. L., Ilyichev V. V., Cheremisinov D. A., Yunusov G. S. Mnogofunktsional'nyy pochvoobratyvyayushchiy agregat so smennymi rabochimi organami (Multifunctional soil-cultivating unit with replaceable working bodies), Vestnik NGIEI, 2018, No. 11 (90), Pp. 87–102.
17. Kozlova L.M., Popov F.A., Nockova E.N. Nauchno obosnovannyye podkhody k vyboru sistem obrabotki pochv v sevooborotakh dlya usloviy Evro-Severo-Vostoka RF: metod. posobiye (Scientifically based approaches to the choice of soil treatment systems in crop rotations for the conditions of Euro-North-East of the Russian Federation: methodical manual), Kirov: North-East Agricultural Research Institute, 2013, 35 p.
18. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V., Golubev V.V., Alipichev A.Yu. Rezul'taty issledovaniya predposevnoy obrabotki pochvy prutkovym katkom (Study of seedbed preparation with rod-type soil compaction roller), Agricultural Engineering, 2020; 2 (96): 9-16. (In Eng.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-9-16.
19. Bodalev A.P., Ivanov A.G., Kostin A.V., Shklyayev K.L., Shklyayev A.L., Deriushev I.A. Vzaimodeystviye pruzhinnykh rabochikh organov tyazhelykh zubovykh boron s pochvoy (Interaction of spring operating part of heavy tine harrows with soil), Bulletin NGIEI, 2020, No. 1 (104), Pp. 232–239.
20. Demshin S.L., Cheremisinov D.A., Ostal'tsev V.P., Ilyichev V.V. Rezul'taty issledovaniya bazovoy modeli mnogofunktsional'nogo pochvoobratyvyayushchego agregata (Results of research of the basic model of multifunctional tillage unit), An Agrarian Science of Euro-Nord-East, 2013, No. 2 (33), Pp. 63–66.

*Сведения об авторах*

**С.Л. Дёмшин**<sup>1✉</sup> – д-р техн. наук, доцент;

**А.Ю. Исупов**<sup>2</sup> – канд. техн. наук;

**Д.И. Тимшин**<sup>3</sup> – аспирант,

<sup>1,2,3</sup>Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, ул. Ленина, 166-а, г. Киров, Россия, 610007

<sup>1</sup>sergdemshin@mail.ru

*Information about the authors*

**S.L. Demshin**<sup>1✉</sup> – Dr. Tech. Sci., Associate Professor;

**A.J. Isupov**<sup>2</sup> – Cand. Tech. Sci.;

**D.I. Timshin**<sup>3</sup> – Postgraduate Student,

<sup>1,2,3</sup>Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, 166-a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007

<sup>1</sup>sergdemshin@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 18.04.2022; одобрена после рецензирования 22.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 18.04.2022; approved after reviewing 22.04.2022; accepted for publication 19.05.2022*



## ВЛИЯНИЕ СВЧ-ВАКУУМНОЙ СУШКИ НА СВОЙСТВА ЛИСТЬЕВ КОРИАНДРА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

© 2022. Виктор Иванович Пахомов<sup>1</sup>, Сергей Валерьевич Брагинец<sup>2</sup>,

Олег Николаевич Бахчевников<sup>3</sup>✉

<sup>1,2,3</sup>Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия,

<sup>3</sup>oleg-b@list.ru

**Аннотация.** Зеленые листья кориандра (*Coriandrum sativum* L.) являются источником питательных веществ. Их новым применением является использование в качестве добавки с антиоксидантными свойствами в кормах для аквакультуры.  $\beta$ -каротин является основным антиоксидантным компонентом листьев, поэтому важно изучить его сохранность при сушке. Перспективным методом обезвоживания листьев является СВЧ-вакуумная сушка. Цель исследования – изучить кинетику процесса СВЧ-вакуумной сушки листьев кориандра и выявить закономерности изменения содержащегося в них  $\beta$ -каротина в процессе сушки и при последующем хранении. Исследования выполнены на опытной установке для СВЧ-вакуумной сушки мощностью 800 Вт при максимальной температуре нагрева 55°C, при давлении воздуха 60 кПа. При сушке влажность листьев за 10 мин снизилась с 74,8 до 10,2 %. Высокая скорость сушки от 28,5 до 30,8 %/мин наблюдалась при влажности листьев до 23 %, после достижения которой резко снижалась. Лучшее сохранение  $\beta$ -каротина в листьях кориандра наблюдалась при СВЧ-вакуумной сушке, после которой его содержание составило 55,1 % от исходного, в то время как после СВЧ-сушки – 53,4 %, а после конвективной – 33,4 %. Листья кориандра, высушенные СВЧ-вакуумной сушкой, имеют лучшую сохранность  $\beta$ -каротина при хранении в течение 6 месяцев по сравнению с листьями, высушенными конвективной сушкой.

**Ключевые слова:** кориандр, листья, сушка, СВЧ-сушка, вакуум, удаление влаги,  $\beta$ -каротин.

**Введение.** Кориандр (*Coriandrum sativum* L.) – это ценная культура, обладающая скороспелостью и значительным содержанием ценных питательных веществ. В качестве пищевого продукта используют его зеленые листья [1]. Листья кориандра имеют очень высокое содержание аскорбиновой кислоты (витамин С) и каротиноидов (предшественники витамина А) [2]. Среднее значение содержания каротиноидов составляет 62 мг/100 г, в том числе  $\beta$ -каротина – 6 мг/100 г [3]. Исследования листьев кориандра выявили их высокую антиоксидантную активность [3, 4]. Было

установлено, что высокая антиоксидантная активность обусловлена значительным содержанием каротиноидов, причем,  $\beta$ -каротин был идентифицирован как основной антиоксидантный компонент [4, 5].

Новым применением листьев кориандра является их использование в качестве кормовой добавки [2, 4, 6, 7], в том числе в кормах для аквакультуры.

Листья кориандра имеют высокую влажность – 84-88 % [2, 3], поэтому их сушат до достижения влажности 10-12 % различными способами [8, 9, 10]: с использова-

нием солнечной [9, 11], конвективной сушки [12, 13]. Недостатком первого способа является низкая производительность, а второго - разрушение в процессе сушки значительной части содержащегося в растениях  $\beta$ -каротина в результате действия повышенной температуры [14]. Для устранения этих недостатков предложен способ СВЧ-сушки зеленых растений, позволяющий снизить температуру и продолжительность обработки [14, 15, 16]. Однако, СВЧ-сушка обеспечивает эффективное обезвоживание сырья только при условии своевременного удаления водяного пара. При этом естественная вентиляция не может в полной мере обеспечить выполнение этого условия [17, 18]. Поэтому рационально совмещать СВЧ-сушку зеленых листьев с действием вакуума [17], что позволит эффективно отводить водяной пар и осуществлять ее при более низкой температуре, что предположительно позволит увеличить сохранность  $\beta$ -каротина.

*Цель исследования* – изучить кинетику процесса СВЧ-вакуумной сушки листьев кориандра и выявить закономерности изменения содержащегося в них  $\beta$ -каротина в процессе сушки и при последующем хранении.

**Методика.** Кориандр был выращен в Ростовской области России в 2021 г. Свежие листья влажностью 80-83 % были собраны в июне 2021 г. Перед сушкой их влажность составляла 74,8 %. Содержание  $\beta$ -каротина в зеленых листьях до начала сушки составляло 6,62 мг/100 г. Непосредственно перед сушкой листья кориандра измельчали до размера частиц 7-10 мм. Более крупный, чем обычно, размер частиц листьев после измельчения обоснован их использованием в качестве кормовой добавки.

Эксперименты проведены на опытной установке для СВЧ-вакуумной сушки. Сушку выполняли при неизменной потребляемой мощности СВЧ-генератора 800 Вт, стандартной частоте излучения 950 МГц и максималь-

ной температуре нагрева 55°C. В сушильной камере опытной установки создали и поддерживали пониженное атмосферное давление, равное 60 кПа. Масса порции листьев, высушиваемых в опытной установке в ходе одного опыта, составляла 100 г.

Влажность листьев определяли стандартным методом полного высушивания. Для этого образцы измельченных листьев кориандра массой 10 г выдерживали в сушильном шкафу при температуре 105°C в течение 24 ч до стабилизации массы [19, 20]. Массу образцов определяли с точностью до 0,01 г.

Скорость сушки определяли как изменение влажности сырья за определенный промежуток времени. Удельную энергоемкость сушки определяли как расход энергии на испарение 1 кг влаги.

В процессе сушки температуру нагрева частиц листьев определяли оптическим пирометром [21]. Содержание  $\beta$ -каротина определяли, используя метод HPLC (хроматографии в тонком слое сорбента) [22, 23] и выражали как отношение его массы к 100 г сухого вещества листьев. Высушенные измельченные листья кориандра хранили в закрытом отапливаемом помещении в непрозрачных пластиковых пакетах при температуре 18-20°C в продолжении 6 месяцев (180 дней) – с июня по декабрь 2021 г. Через каждые 30 дней из них брали пробы и определяли содержание  $\beta$ -каротина. Для сравнения определяли содержание  $\beta$ -каротина в измельченных листьях кориандра, хранившихся в тех же условиях, но высушенных СВЧ-сушкой при температуре 55°C и конвективной сушкой при температуре 70°C [24, 25].

**Результаты.** В процессе СВЧ-вакуумной сушки влажность листьев кориандра за 10 мин снизилась с 74,8 до 10,2 % (рис. 1).

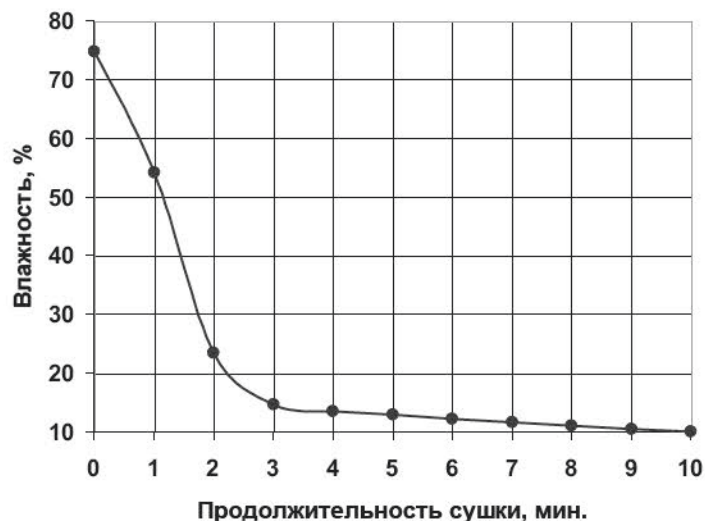


Рис. 1. Изменение влажности листьев кориандра в процессе СВЧ-вакуумной сушки  
 Fig. 1. Change of moisture content in coriander leaves in the process of microwave-vacuum drying

СВЧ-вакуумная сушка требует значительно меньше времени, чем конвективная. В отличие от конвективной сушки при СВЧ-вакуумной сушке процесс обезвоживания происходит неравномерно. Установлено, что большая часть содержащейся в листьях влаги была

удалена в первые 4 мин процесса сушки, после чего влажность снижалась менее интенсивно.

На рис. 2 показана кривая изменения скорости обезвоживания в ходе СВЧ-вакуумной сушки.



Рис. 2. Изменение скорости обезвоживания листьев кориандра в процессе СВЧ-вакуумной сушки  
 Fig. 2. Change in drying rate of coriander leaves during microwave-vacuum drying

Скорость сушки быстро увеличивалась в начале процесса, через 2 мин после начала достигла максимума, затем в течение 2 мин быстро снизилась до 1,05 %/мин. В заключи-

тельный период сушки (4-10 мин) скорость обезвоживания медленно снижалась.

Влияние влажности листьев кориандра на скорость сушки показано на рис. 3.

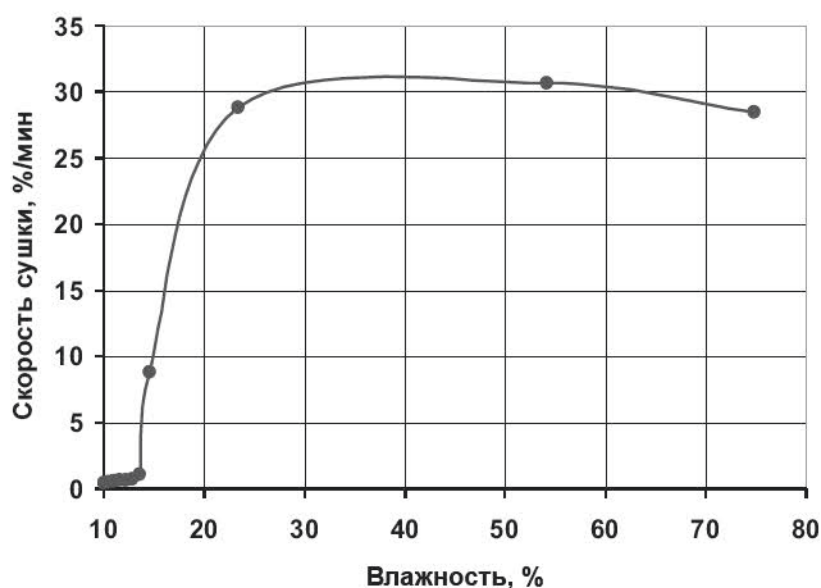


Рис. 3. Зависимость скорости СВЧ-вакуумной сушки листьев кориандра от их влажности  
Fig. 3. Dependence of drying rate of coriander leaves in microwave-vacuum drying process on their moisture content

Высокая скорость сушки от 28,5 до 30,8 %/мин наблюдалась при высокой влажности листьев от 74,8 до 23,36 %. После достижения значения влажности 23,36 % скорость обезвоживания резко снижалась до достижения значения влажности 12,82 %. При дальнейшем снижении влажности скорость сушки остается почти постоянной. В проведенных

опытах расчетная удельная энергоемкость СВЧ-вакуумной сушки составила 3,91 кВт·ч/кг испаренной влаги.

Проведены экспериментальные исследования сохранности β-каротина в листьях кориандра непосредственно после сушки различными способами (табл. 1, рис. 4).

Таблица 1

Сохранность β-каротина в листьях кориандра после сушки различными способами

Способ сушки	Исходное содержание β-каротина, мг/100 г	Содержание β-каротина после сушки, мг/100 г	Содержание β-каротина после сушки по сравнению с исходным, %
Конвективная сушка при температуре 70°C	6,62	2,21	33,4
СВЧ сушка при температуре 55°C	6,62	3,54	53,4
СВЧ-вакуумная сушка при температуре 55°C	6,62	3,65	55,1

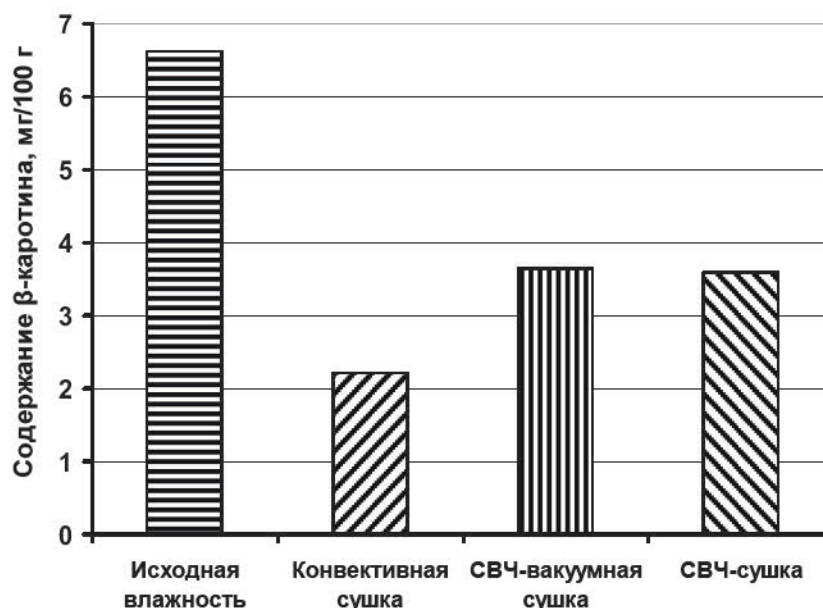


Рис. 4. Сохранность β-каротина в листьях кориандра после сушки различными способами  
 Fig. 4. Preservation of β-carotene in coriander leaves after drying by different methods

Установлено, что в результате воздействия высокой температуры в процессе сушки содержание β-каротина в листьях кориандра значительно снижается по сравнению с исходным. Но влияние разных способов сушки на содержание β-каротина неодинаково. Лучшая сохранность β-каротина в листьях кориандра наблюдалась в результате СВЧ-вакуумной сушки, после которой его содержание составило 55,1 % от исходного, в то время как после СВЧ-сушки – 53,4 %, а после конвективной – 33,4 %.

Таким образом, способ СВЧ-вакуумной сушки обеспечивает значительно лучшую сохранность каротина, чем конвективная сушка. Существенные различия в сохранности β-каротина в листьях после СВЧ-вакуумной и СВЧ-сушки отсутствуют.

Результаты экспериментальных исследований по оценке влияния способа сушки на сохранность β-каротина в листьях кориандра при их длительном хранении приведены в табл. 2 и рис. 5.

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований сохранности β-каротина после сушки и при последующем хранении высушенных листьев кориандра

Способ сушки	Содержание β-каротина, %						
	Продолжительность хранения после сушки, мес.						
	0	1	2	3	4	5	6
Конвективная сушка при температуре 70°C	100	84.62	73.76	61.99	48.87	38.91	28.96
СВЧ-вакуумная сушка при температуре 55°C	100	85.21	77.26	66.58	61.64	57.26	54.25

Установлено, что существенных различий в сохранности β-каротина во время хранения в листьях, высушенных СВЧ-сушкой, по

сравнению с СВЧ-вакуумной сушкой – нет, поэтому на рисунке 5 экспериментальные данные по этому способу не показаны.

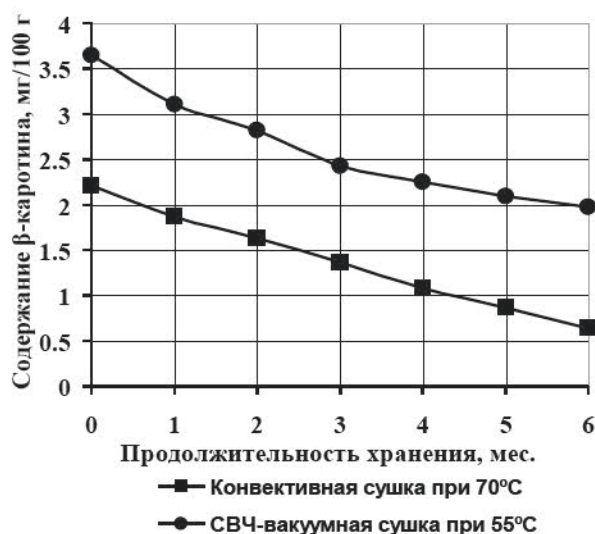


Рис. 5. Зависимость содержания  $\beta$ -каротина в листьях кориандра после сушки различными способами от продолжительности хранения

Fig. 5. Dependence of  $\beta$ -carotene content in coriander leaves after drying by different drying methods and duration of storage

Листья кориандра, высушенные СВЧ-вакуумной сушкой, имеют лучшую сохранность  $\beta$ -каротина в течение 6 месяцев после сушки по сравнению с листьями, высушенными конвективной сушкой. По прошествии 6 месяцев содержание  $\beta$ -каротина в высушенных этим способом листьях снизилось на 45,8 % по сравнению с исходным, в то время как содержание  $\beta$ -каротина в листьях, высушенных конвективной сушкой, уменьшилось на 71,04 %.

Снижение содержания  $\beta$ -каротина в высушенных конвективной сушкой листьях в процессе хранения происходит в среднем более интенсивно, чем в высушенных СВЧ-вакуумной сушкой.

**Выводы.** 1. В процессе СВЧ-вакуумной сушки листьев кориандра их влажность снижа-

лась с 74,8 до 10,2 % в течение 10 мин. Высокая скорость сушки от 28,5 до 30,8 %/мин наблюдалась при высокой влажности листьев до 23 %, после достижения которой резко снижалась.

2. Применение СВЧ-вакуумной сушки обеспечивает хорошую сохранность  $\beta$ -каротина в листьях кориандра, его содержание составило 55,1 % от исходного, в то время как после конвективной сушки – 33,4 %. Листья кориандра, высушенные СВЧ-вакуумной сушкой, имеют лучшую сохранность  $\beta$ -каротина при хранении в течение 6 месяцев по сравнению с листьями, высушенными конвективной сушкой.

#### Список источников

1. Bhat S., Kaushal P., Kaur M., Sharma H. K. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. African Journal of Plant Science. 2014. Vol. 8. No. 1. pp. 25-33.
2. Nadeem M., Anjum F. M., Khan M. I., Tehseen S., El-Ghorab A., Sultan J. I. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.): A review. British Food Journal. 2013. Vol. 115. No. 5. pp. 743-755.
3. Хмелинская Т.В., Смоленская А.Е., Соловьева А.Е. Комплексная биохимическая характеристика кориандра (*Coriandrum sativum* L.). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 80-90.
4. De Almeida Melo E., Mancini Filho J., Guerra N.B. Characterization of antioxidant compounds in aqueous coriander extract (*Coriandrum sativum* L.). LWT-Food Science and Technology. 2005. Vol. 38. No. 1. pp. 15-19.
5. Divya P., Puthusseri B., Neelwarne B. Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of

- commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. Food Research International. 2012. Vol. 45. No. 1. pp. 342-350.
6. Kassahun B.M. Unleashing the Exploitation of Coriander (*Coriander sativum* L.) for Biological, Industrial and Pharmaceutical Applications. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research. 2020. Vol. 8. No. 6. pp. 552-564.
  7. Остапчук П.С., Зубоченко Д.В., Кувейда Т.А. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019. Т. 20. № 2. С. 103-117.
  8. Babu A.K., Kumaresan G., Aroul V.A., Velraj R. Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 90. pp. 536-556.
  9. Lyczko J., Masztalerz K., Lipan L., Iwiński H., Lech K., Carbonell-Barrachina Á.A., Szumny A. *Coriandrum sativum* L. – Effect of Multiple Drying Techniques on Volatile and Sensory Profile. Foods. 2021. Vol. 10. No. 2. pp. 403.
  10. Venkanna A., Champawat P.S., Jain S.K. Study on drying kinetics of coriander leaves using different drying techniques. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2019. Vol. 8. No. 3. pp. 3887-3895.
  11. Singh S.K., Singh B.R., Sengar R.S., Kumar P. Development and effectiveness of greenhouse type solar dryer for coriander leaves. Journal of Environmental Biology. 2022. Vol. 43. No. 1. pp. 85-96.
  12. Olabinjo O.O., Asamu A.I., Filani I. O. Mathematical modelling of drying kinetics of coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) using a convective dryer. Annals Food Science and Technology. 2020. Vol. 21. No. 1. pp. 31-39.
  13. Mouhoubi K., Boulekbache-Makhlouf L., Mehaba W., Himed-Idir H., Madani K. Convective and microwave drying of coriander leaves: Kinetics characteristics and modeling, phenolic contents, antioxidant activity, and principal component analysis. Journal of Food Process Engineering. 2021. pp. e13932.
  14. Yilmaz A., Alibas I. Determination of microwave and convective drying characteristics of coriander leaves. Journal of Biological & Environmental Sciences. 2017. Vol. 11. No. 32. pp. 75-85.
  15. Khodifad B.C., Dhamsaniya N.K., Rathod P.J. Effect of microwave drying on sensory attribute of coriander leaves. International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 8. No. 5. pp. 1618-1623.
  16. Sarimeseli A. Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves. Energy Conversion and Management. 2011. Vol. 52. No. 2. pp. 1449-1453.
  17. Zhang M., Tang J.M., Mujumdar A.S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology. 2006. Vol. 17. No. 10. P. 524-534.
  18. Hihat S., Remini H., Madani K. Effect of oven and microwave drying on phenolic compounds and antioxidant capacity of coriander leaves. International Food Research Journal. 2017. Vol. 24. No. 2. pp. 503-509.
  19. Shaw M., Meda V., Tabil Jr. L., Opoku Jr. A. Drying and color characteristics of coriander foliage using convective thin-layer and microwave drying. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. 2006. Vol. 41. No. 2. pp. 56-65.
  20. Singh S.K., Singh B.R., Sengar R.S., Kumar P., Patil A.K. Drying characteristics and prediction of best fitted drying model for coriander leaves. Environment Conservation Journal. 2021. Vol. 22. No. 3. pp. 243-251.
  21. Shafi F., Jan N., Qadri T., Naseer B., Beigh M., Zargar I., Bhat T. Effect of drying methods on chemical constituents and flour of coriander (*Corianderum sativum*) leaves. International Journal of Chemical Studies. 2020. Vol. 7. No. 6. pp. 1790-1796.
  22. Barba A.O., Hurtado M.C., Mata M.S., Ruiz V.F., De Tejada M.L.S. Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. Food Chemistry. 2006. Vol. 95. No. 2. pp. 328-336.
  23. Chen D., Wu M., Xie S., Li X., Tao Y., Wang X., Yuan Z. Determination of tartrazine, lutein, capsanthin, canthaxanthin and  $\beta$ -carotene in animal-derived foods and feeds by HPLC method. Journal of Chromatographic Science. 2019. Vol. 57. No. 5. pp. 462-468.
  24. Staniszewska I., Dzadz L., Nowak K.W., Zielinska M. Evaluation of storage stability of dried powdered coriander, parsley and celery leaves based on the moisture sorption isotherms and glass transition temperature. LWT. 2021. Vol. 146. pp. 111440.
  25. Пестова Л.П., Винецкий Е.И., Чернов А.В. Обоснование процессов послеуборочной обработки урожая листовой массы сельскохозяйственных культур с использованием СВЧ-излучения // *Новые технологии*. 2021. Т.17. № 3. С. 24-31.

## EFFECT OF MICROWAVE-VACUUM DRYING ON THE PROPERTIES OF CORIANDER LEAVES USED AS AN AQUACULTURE FEED ADDITIVE

© 2022. Viktor I. Pakhomov<sup>1</sup>, Sergey V. Braginetz<sup>1</sup>, Oleg N. Bakhchevnikov<sup>1✉</sup>,

<sup>1,2,3</sup> Agricultural Research Centre Donskoy, Zernograd, Russia,

<sup>3</sup> oleg-b@list.ru

**Abstract.** The green coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) are a source of valuable nutrients. Their use as a feed additive with antioxidant properties in aquaculture feed is a new application.  $\beta$ -carotene is the main antioxidant component of leaves, so it is important to study its preservation dur-

ing drying. Microwave-vacuum drying is a promising new method for foliage dehydration. The aim of the study was to investigate the dynamics of dehydration during microwave-vacuum drying of coriander leaves, and to determine the stability of  $\beta$ -carotene in them during drying and subsequent storage. Experiments were carried out on a microwave-vacuum drying pilot apparatus at a power of 800 W and a maximum heating temperature of 55 °C at a reduced atmospheric pressure of 60 kPa. The moisture content of the leaves decreased during the drying process from 74.8 to 10.2 % in 10 min. Microwave-vacuum drying requires considerably less time than convection drying. The drying rate of the leaves increased rapidly at the beginning of the process, peaked at 30.8 % (db)·min<sup>-1</sup> and then decreased rapidly. A high drying rate of 28.5 to 30.8 % (db)·min<sup>-1</sup> was observed at high leaves moisture content up to 23 %, after which it decreased sharply. Most of the moisture content was removed from the leaves in the first 3 min of drying. It was found that the best stability of  $\beta$ -carotene was observed in coriander leaves as a result of microwave-vacuum drying, after which its content was 55.1 % of the original content, while after microwave drying it was 53.4 % and after convective drying it was 33.4 %. Coriander leaves dried by microwave-vacuum drying had better  $\beta$ -carotene stability during storage for 6 months after drying compared to convection dried leaves. The  $\beta$ -carotene content in the dried by this method leaves decreased by 45.8 % after 6 months.

**Key words:** coriander, leaves, drying, microwave drying, vacuum, moisture removal,  $\beta$ -carotene.

#### References

1. Bhat S., Kaushal P., Kaur M., Sharma H. K. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. African Journal of Plant Science, 2014, Vol. 8, No. 1, pp. 25-33.
2. Nadeem M., Anjum F. M., Khan M. I., Tehseen S., El-Ghorab A., Sultan J. I. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.): A review. British Food Journal, 2013, Vol. 115, No. 5, pp. 743-755.
3. Hmelinskaja T.V., Smolenskaja A.E., Solov'eva A.E. Kompleksnaja biokhimičeskaja harakteristika koriandra (*Coriandrum sativum* L.) (Complex biochemical characteristics of *Coriandrum sativum* L.), Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii, 2021, Vol. 182, No. 1, pp. 80-90.
4. De Almeida Melo E., Mancini Filho J., Guerra N.B. Characterization of antioxidant compounds in aqueous coriander extract (*Coriandrum sativum* L.). LWT-Food Science and Technology, 2005, Vol. 38, No. 1, pp. 15-19.
5. Divya P., Puthusseri B., Neelwarne B. Carotenoid content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties, Food Research International, 2012, Vol. 45, No. 1, pp. 342-350.
6. Kassahun B.M. Unleashing the Exploitation of Coriander (*Coriander sativum* L.) for Biological, Industrial and Pharmaceutical Applications. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research, 2020, Vol. 8, No. 6, pp. 552-564.
7. Ostapchuk P.S., Zubochenko D.V., Kuevda T.A. Rol' antioksidantov i ispol'zovanie ih v zhivotnovodstve i ptičevodstve (obzor) (The role of antioxidants and their use in animal breeding and poultry farming (review), Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka, 2019, Vol. 20, No. 2, pp. 103-117.
8. Babu A.K., Kumaresan G., Aroul V.A., Velraj R. Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, Vol. 90, pp. 536-556.
9. Lyczko J., Masztalerz K., Lipan L., Iwiński H., Lech K., Carbonell-Barrachina Á.A., Szumny A. *Coriandrum sativum* L. – Effect of Multiple Drying Techniques on Volatile and Sensory Profile. Foods, 2021, Vol. 10, No. 2, pp. 403.
10. Venkanna A., Champawat P.S., Jain S.K. Study on drying kinetics of coriander leaves using different drying techniques. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2019, Vol. 8, No. 3, pp. 3887-3895.
11. Singh S.K., Singh B.R., Sengar R.S., Kumar P. Development and effectiveness of greenhouse type solar dryer for coriander leaves. Journal of Environmental Biology, 2022, Vol. 43, No. 1, pp. 85-96.
12. Olabinjo O.O., Asamu A.I., Filani I. O. Mathematical modelling of drying kinetics of coriander leaves (*Coriandrum sativum* L.) using a convective dryer. Annals Food Science and Technology, 2020, Vol. 21, No. 1, pp. 31-39.
13. Mouhoubi K., Boulekbache-Makhlouf L., Mehaba W., Himed-Idir H., Madani K. Convective and microwave drying of coriander leaves: Kinetics characteristics and modeling, phenolic contents, antioxidant activity, and principal component analysis. Journal of Food Process Engineering, 2021, pp. e13932.
14. Yilmaz A., Alibas I. Determination of microwave and convective drying characteristics of coriander leaves. Journal of Biological & Environmental Sciences, 2017, Vol. 11, No. 32, pp. 75-85.
15. Khodifad B.C., Dhamsaniya N.K., Rathod P.J. Effect of microwave drying on sensory attribute of coriander leaves. International Journal of Chemical Studies, 2020, Vol. 8, No. 5, pp. 1618-1623.
16. Sarimeseli A. Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves. Energy Conversion and Management, 2011, Vol. 52, No. 2, pp. 1449-1453.



17. Zhang M., Tang J.M., Mujumdar A.S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 2006, Vol. 17, No. 10, P. 524–534.
18. Hihat S., Remini H., Madani K. Effect of oven and microwave drying on phenolic compounds and antioxidant capacity of coriander leaves. *International Food Research Journal*, 2017, Vol. 24, No. 2, pp. 503-509.
19. Shaw M., Meda V., Tabil Jr. L., Opoku Jr. A. Drying and color characteristics of coriander foliage using convective thin-layer and microwave drying. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 2006, Vol. 41, No. 2, pp. 56-65.
20. Singh S.K., Singh B.R., Senger R.S., Kumar P., Patil A.K. Drying characteristics and prediction of best fitted drying model for coriander leaves. *Environment Conservation Journal*, 2021, Vol. 22, No. 3, pp. 243-251.
21. Shafi F., Jan N., Qadri T., Naseer B., Beigh M., Zargar I., Bhat T. Effect of drying methods on chemical constituents and flour of coriander (*Corianderum sativum*) leaves. *International Journal of Chemical Studies*, 2020, Vol. 7, No. 6, pp. 1790-1796.
22. Barba A.O., Hurtado M.C., Mata M.S., Ruiz V.F., De Tejada M.L.S. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 2006, Vol. 95, No. 2, pp. 328-336.
23. Chen D., Wu M., Xie S., Li X., Tao Y., Wang X., Yuan Z. Determination of tartrazine, lutein, capsanthin, canthaxanthin and  $\beta$ -carotene in animal-derived foods and feeds by HPLC method. *Journal of Chromatographic Science*, 2019, Vol. 57, No. 5, pp. 462-468.
24. Staniszewska I., Dzadz L., Nowak K.W., Zielinska M. Evaluation of storage stability of dried powdered coriander, parsley and celery leaves based on the moisture sorption isotherms and glass transition temperature. *LWT*, 2021, Vol. 146, pp. 111440.
25. Pestova L.P., Vinevskij E.I., Chernov A.V. Obosnovanie processov posleuborochnoj obrabotki urozhaja listovoj massy sel'skohozjajstvennyh kul'tur s ispol'zovaniem SVCh-izlucheniya (Justification of the processes of post-harvest processing of the leaf mass of agricultural crops using microwave radiation), *Novye tehnologii*. 2021, T.17, No. 3, pp. 24-31.

### *Сведения об авторах*

**В.И. Пахомов**<sup>1</sup> – д-р техн. наук;

**С.В. Брагинец**<sup>2</sup> – канд. техн. наук;

**О.Н. Бахчевников**<sup>3✉</sup> – канд. техн. наук;

<sup>1,2,3</sup>Аграрный научный центр «Донской», ул. Ленина 14, г. Зерноград, Ростовская область, Россия, 347740

<sup>3</sup>oleg-b@list.ru

### *Information about the authors*

**V.I. Pakhomov**<sup>1</sup> – Dr. Tech. Sci.;

**S.V. Braginets**<sup>2</sup> – Cand. Tech. Sci.;

**O.N. Bakhchevnikov**<sup>3✉</sup> – Cand. Tech. Sci.;

<sup>1,2,3</sup> Agrarian scientific center «Donskoy», 14, Lenina St., Zernograd, Rostov region, Russia, 347740

<sup>3</sup>oleg-b@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 12.04.2022; одобрена после рецензирования 31.05.2022; принята к публикации 09.06.2022.*

*The article was submitted 12.04.2022; approved after reviewing 31.05.2022; accepted for publication 09.06.2022*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С РАЗРАБОТКОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА В ГРЯДЫ

©2022. Геннадий Николаевич Поляков<sup>1</sup>, Станислав Николаевич Шуханов<sup>2✉</sup>,

Анна Викторовна Косарева<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Иркутский государственный аграрный университет, Иркутск, Россия,

<sup>2</sup>Shuhanov56@mail.ru

*Аннотация.* В условиях Восточной Сибири преобладает резко континентальный климат, который характеризуется продолжительной зимой и коротким летом. Зерновым культурам не всегда хватает времени для полного созревания. Поэтому посевные работы рекомендуют проводить в ранние сроки. Применение ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых с минимальной обработкой почвы и прямого посева ведет к более позднему прогреванию почвы под мульчирующей органической «подушкой» и переносу сроков посева. Для Иркутской области характерны продолжительные весенне-летние засухи, которые могут существенно снизить урожайность зерновых культур. Необходимо отметить, что во время посева и в течение вегетационного периода влажность почвы может значительно изменяться, что влияет на качество посева и фазы развития культурных растений. В связи с этим, на сегодняшний день являются актуальными исследования, направленные на выбор и обоснование рациональных посевных машин, с точки зрения обеспечения эффективного теплового режима и использования капиллярной влаги в течение срока созревания зерна. Были проведены полевые экспериментальные исследования сеялок и посевных комплексов – СЗП-3,6, «Джон-Дир 1830», «Конкорд». Определяли и сравнивали показатели работы трех типов сошников – дисковых, анкерных и лаповых (стрельчатых). Анализ экспериментов посевных машин позволил выдвинуть рабочую гипотезу по совершенствованию посева зерновых для климатических условий Иркутской области. Предложен полосной подпочвенно-разбросной способ посева зерновых культур в гряды с образованием уплотненного семенного ложа для полосы семян шириной 0,08 м и глубиной 0,05-0,08 м, с созданием мульчирующего слоя почвы над семенами. Практическая значимость работы заключается в том, что способ посева в гряды с применением модернизированного стрельчатого сошника экспериментальной сеялки имеет ряд конкурентоспособных преимуществ по сравнению с анкерными и дисковыми: активный прогрев почвы в грядах, температура почвы выше на 3-4°; появление всходов на 3-4 дня раньше; за счет уплотнения семенного ложа влажность почвы выше в течение всего периода на глубине 0-0,01 м и 0,01-0,02 м; удельное распределение семян по площади питания соответствует 60%; посев совмещен с культивацией почвы. В ходе эксперимента проявились ограничения по применению лапового сошника. При абсолютной влажности выше 23% лаповые сошники не устойчиво высевают семена по глубине. Полевые исследования экспериментальной сеялки для посева семян в гряды проводились в ООО «Иркутские семена» и ООО МИП «Новоямское» Иркутского района. Установлено повышение урожайности овса на 4,4 ц/га по сравнению с высеваем семян дисковыми сошниками.

**Ключевые слова:** способ посева, сошник, анкерный, лаповый, дисковый, семенное ложе, капиллярная влага, гряда, сроки посева, влажность почвы, температура почвы, всходы, урожайность, конкурентные преимущества.

**Введение.** В соответствии с утвержденным Правительством Российской Федерации Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы от 25 августа 2017 г. №996 и Стратегией развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 от 7 июля 2017 г. №1455-р необходимо обеспечить стабильный рост производства отечественной сельскохозяйственной продукции, технических средств и снижать уровень импортозависимости за счет внедрения и использования новых технологий при интенсивном взаимодействии с наукой. Это определило направление развития по разработке и совершенствованию технических средств для посева зерновых культур.

Поступающие в хозяйства региона новые полевые машины «Джон-Дир», «Кузбасс», «Конкорд», «Обь-4», СПК-2,1 «Омичка», «Агромастер», осуществляют, как правило, ленточный, полосной и подпочвенно-разбросной посев. Сравнительного анализа в условиях нашего региона не проводили, нет четких рекомендаций по их эффективности по сравнению с традиционным рядовым посевом дисковыми сеялками [1, 6, 7, 9].

Предлагаемые посевные машины не в полной мере учитывают климатические особенности Иркутской области: короткий вегетационный период развития зерновых культур и часто повторяющиеся весенне-летние засухи вынуждают изыскивать влагосберегающие приемы посева. Встречаются существенные противоречия при анализе и выборе рабочих органов посевных машин. Посевные комплексы, в основном, разработаны для условий запада Российской Федерации.

Для агротехнической оценки посевных машин проведены сравнительные экспериментальные исследования с наиболее распростра-

ненными типами сошников: дисковых, лаповых и анкерных [1, 2].

Установлено, что удельный вес площади, занятой семенами, составляет у лаповых сошников 60%, у анкерных – 13,5%, дисковых – 6,6%. В данном случае, лаповые сошники дают лучшие результаты по распределению площади питания для роста и развития растений [1, 7].

По глубине заделки семян наиболее устойчиво работают анкерные сошники. Они высевают на заданную глубину в пределах агротехнических требований 73,3-76,4% семян. Сеялки с дисковыми сошниками укладывают на необходимую глубину до 65% семян. Сеялки с лаповыми сошниками обеспечивают заделку семян при влажности выше 25% – 57,9% семян, а при меньшей влажности – до 68%, в соответствии с агротехническими требованиями [1, 2, 4].

Анкерные сошники при высокой влажности почвы обеспечивают устойчивый высеv по глубине, но по мере просыхания и повышения твердости почвы устойчивость хода снижается [1, 11, 12].

Экспериментально доказано, что применение лаповых сошников в сравнении с дисковыми и анкерными снижает засоренность посевов в 2-4 раза [1, 3, 5].

Для адаптации к условиям Предбайкалья предложены гребневой и грядовой способы посева [3, 11, 12, 14]. По данным источника [3], «технология гребневого посева яровой пшеницы применяется на Дальнем Востоке, в Казахстане, Узбекистане и Азербайджане». Внедрение этой технологии повышает урожайность пшеницы, по сравнению с традиционными системами, но только при высокой влажности и наличии грунтовых вод. В гребнях семена располагаются в ряд, поэтому площадь питания для семян равномерна. Установлено, что во время ве-

сенне-летней засухи почва в гребнях иссушается, и прорастание семян замедляется. Грядовой посев исключает выше перечисленные недостатки.

В технологиях возделывания овощных культур (морковь, свекла) посев в гряды широко применяется. Исследования посева яровых зерновых колосовых культур в гряды в регионе не проводились.

Обобщая результаты проведенных экспериментальных и литературных исследований посевных машин, выявлено, что они недостаточно хорошо адаптированы к природно-климатическим условиям региона. Формируемые ими бороздки и заделка семян не обеспечивают условий прогрева почвы над семенами и использования капиллярной влаги.

На основе научных исследований [4, 10, 12] и сравнительного изучения посевных машин (сеялок, посевных комплексов) с различными типами сошников и технологий посева семян был предложен полосной подпочвенно-разбросной способ посева семян в гряды [3, 5].

**Цель исследования.** Повысить урожайность зерновых культур путем разработки полевой машины для посева яровых культур в гряды и уплотнения семенного ложа, обеспечивающего активное прогревание высевных семян солнечной радиацией и эффективное использование капиллярной влаги в течение вегетационного периода.

Задачи исследования. 1. Дать агротехническую оценку посевных машин с различными типами сошников, применяемых в регионе.

2. Обосновать конструкцию сошников посевной машины для формирования гряды.

3. Провести полевые испытания экспериментальной сеялки для подпочвенно-разбросного способа посева в гряды и выявить изменения влажности почвы на глубине 0-10 см и 10-20 см в течение вегетационного периода и температуры почвы на глубине посева.

**Методика.** Методы исследования базировались на требованиях действующих государственных стандартов ГОСТ 31345-2007

«Сеялки тракторные. Методы испытания» и ГОСТ 24026-80 «Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения». Измерения температуры почвы проводились цифровым электронным термометром Доляна 1427367 (производство Китай). Влажность почвы является основным фактором, влияющим на рост и развитие культуры [11, 12, 13, 14]. Абсолютную влажность почвы измеряли в течение всего срока вегетации овса через каждые 10 дней на глубине 0-10 см и 10-20 см. Полученные экспериментальные данные обработаны при помощи математических и статических методов. Полевые испытания сеялки проводились в ООО «Иркутские семена» и ООО МИП «Новоямское» Иркутского района.

Полевые опыты проводили по схеме:

1. Боронование в два следа + рядовой посев (контроль);

2. Боронование в два следа + подпочвенно-разбросной посев в гряды.

Предшественником являлись пропашные культуры. Для посева использовались элитные сорта овса. Повторность опытов трехкратная.

При выполнении испытания проведены наблюдения и учеты:

1. Формирование гряды и положение семян в гряде;

2. Температура почвы на глубине посева;

3. Влажность почвы на глубине 0-10 см и 10-20 см с момента посева до уборки;

4. Урожайность культуры при различных способах посева (рядовой и полосной подпочвенно-разбросной в гряды).

Посев проводили на делянках с влажностью почвы 23-25% (ООО «Иркутские семена») и 21,8-22,7% (ООО МИП «Новоямское»).

**Результаты.** В Прибайкалье прогрев почвы можно ускорить и использовать капиллярную влагу путем образования над семенами гряды и уплотненного семенного ложа (рис. 1).

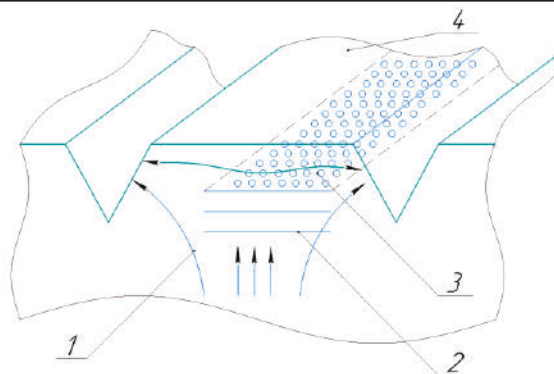


Рис. 1. Форма гряды и движение капиллярной влаги:  
1 – движение влаги; 2 – уплотнительное ложе; 3 – семена; 4 – гряда.

Fig. 1. The shape of the ridge and the movement of capillary moisture:  
1 – movement of moisture; 2 – sealing bed; 3 – seeds; 4 – ridge.

Гряды над семенами увеличивают площадь освещения и прогрев почвы. Влага, поступающая к семенам по капиллярам и обладающая высокой теплоемкостью, накапливает тепло, приобретенное в дневные часы, и сохраняет ее в ночное время, создает благоприятные условия для прорастания семян. Стенки гряды формируются катком с конической формой обода путем смещения и уплотнения почвы, образуя на них капилляры. Поэтому влага через стенки гряды сообщается с атмосферой. Лабораторными исследованиями установлено, что потери влаги через рыхлый

слой почвы над семенами значительно меньше, чем через стенки гряды (рис.1).

Предложенный подпочвенно-разбросной способ посева в гряды требует конструктивных изменений как самих лаповых сошников, так и расстановки катков серийных сеялок типа СЗС-2,1 и СКП-2,1 «Омичка». С целью создания уплотненного ложа и улучшения равномерности посева в конструкцию серийного лапового сошника были добавлены уплотнитель и щеки-ограничители (рис. 2).

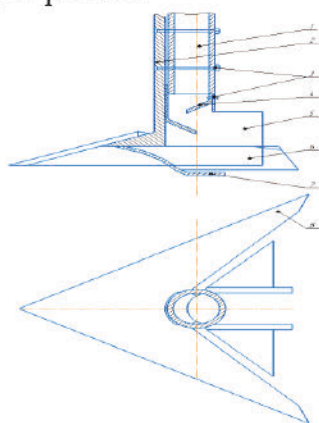


Рис. 2. Схема устройства переоборудованного лапового сошника: 1 – семяпровод;  
2 – стойка лапы с подлапником; 3 – болты крепления; 4 – рассеивающее устройство;  
5 – кожух лапы; 6 – щеки-ограничители; 7 – уплотнитель; 8 – плоскорежущая лапа.

Fig. 2. Scheme of the device of the converted paw coulter: 1 – seed tube; 2 – paw stand with underpaw;  
3 – mounting bolts; 4 – scattering device; 5 – paw casing; 6 – planes-limiters;  
7 – seal; 8 – flat cutting share.

Уплотнитель 7 создает ровное уплотненное ложе для семян. В результате уплотнения почвы улучшается равномерность глубины заделки семян и поступление влаги из нижних слоев почвы к семенам. Щеки-ограничители 6 предназначены для защиты семян от просыпания земли за крыльями ла-

пы 8, что улучшает процесс равномерности глубины заделки. Кроме того, щеки-ограничители производят ограничение разброса семян на ширину 0,08 м.

Экспериментальная сеялка выполнена на базе посевной машины СЗС-2,1 (рис. 3).



Рис. 3. Экспериментальная сеялка для посева зерновых в гряды.

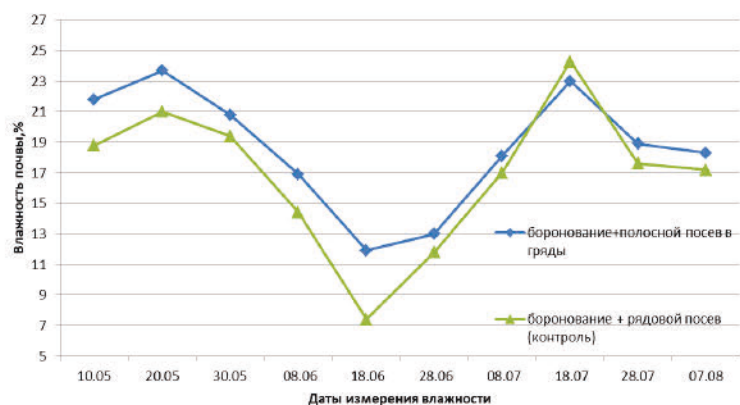
Fig. 3. Experimental seeder for sowing grain in ridges.

Как видно из рисунка 3, лаповые сошники смещены на поперечинах рамы сеялки так, чтобы они высевали семена между следами катков. Катки при перекачивании по полю вдавливают почву и образуют гряды в сечении трапецеидальной формы. Поперечное сечение гряды имеет следующие размеры: ширина в нижнем основании 0,228 м, в верхнем – 0,140-0,150 м, высота 0,06-0,07 м. Гряды формируются в соответствии с конструктивными изменениями сошника и прикапывающих катков.

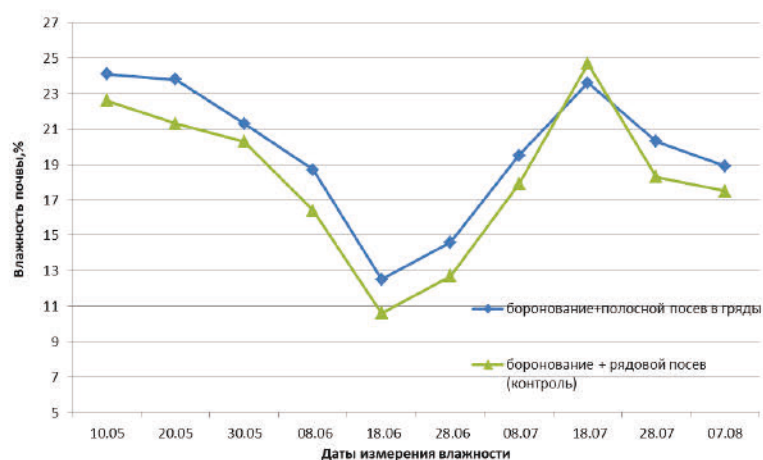
Следует добавить, что в зависимости от влажности почвы, ее структура различна. Так, при влажности выше 25% гребни имели глыбистую и комковатую структуру, при влажности ниже 23% она приобретала комковатую и зернистую структуру, более благоприятную для высеваемых культур.

Измерение температуры почвы показало, что прогрев почвы в грядках выше на 3-4 градуса, чем в рядках. Это способствует появлению всходов на 3-4 дня раньше, чем при рядовом посеве.

График изменения абсолютной влажности представлен на рисунке 4, из которого видно, что на протяжении всего периода наблюдений влажность почвы в грядках с применением экспериментальной сеялки выше, чем влажность при рядовом посеве. При рядовом посеве дисковыми сошниками влажность почвы на глубине посева достигает минимальных критических величин 7,4% на глубине 0-10 см и 10,6% – на глубине 10-20 см. При такой влажности замедляется развитие вторичной корневой системы растений. При посеве в гряды снижение влажности почвы меньше. На глубине 0-10 см составляет 12%, на глубине 10-20 см – 12,5%.



а



б

Рис. 4. Изменение абсолютной влажности почвы при полосном посеве в гряды и рядовом: а) на глубине 0-10 см; б) на глубине 10-20 см.

Fig. 4. Changes in the absolute moisture content of the soil during strip sowing in ridges and row sowing: a) to a depth of 0-10 cm; b) to a depth 10-20 cm.

Обобщающей оценкой различных способов посева является урожайность культуры. Сравнительная оценка рядового и под-

почвенно-разбросного способов посева зерновых культур представлена в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность зерна овса, ц/га

Предпосевная обработка почвы	Способ посева	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га
Боронование в 2 следа	Рядовой посев	42,1	-
Боронование в 2 следа	Подпочвенно-разбросной посев в гряды	46.5	4.4

Из таблицы 1 видно, что прибавка биологического урожая овса подпочвенно-разбросным способом в гряды составила 4,4 ц/га в сравнении с рядовым посевом.

Можно заключить, что подпочвенно-разбросной посев зерновых культур в гряды реализует влагосберегающие приемы посева,

улучшает прогрев почвы над семенами и повышает урожайность.

**Выводы:** 1. Основными типами сошников посевных машин являются: лаповые, дисковые и анкерные. Применяемые сошники и заделывающие органы не в полной мере способствуют формированию борозд, обеспечивающих прогрев семян солнечной радиацией и эффективное использование капиллярной влаги.

2. Подпочвенно-разбросной способ посева с размещением семян полосами в гряды является перспективным.

3. Лаповые сошники устойчиво высевают семена в почву с абсолютной влажностью не более 23 %. Предложена конструкция лапового сошника, которая включает уплотнительную пластину шириной 0,08 м и щеки-ограничители, ограничивающие рассев семян в гряде. Лапы расставлены между следами прикатывающих катков, которые формируют грядку над полосой семян, сечением трапециевидальной формы со следующими

размерами: ширина в нижнем основании 0,228 м, в верхнем – 0,140-0,150 м и высотой 0,06-0,07 м.

4. Образование гряды и уплотнительного семенного ложа способствует эффективному прогреву семян и использованию капиллярной влаги. Температура почвы на глубине посева модернизированными сошниками выше на 3-4° в сравнении с рядовым.

5. Посев семян в гряды является влаго-сберегающим приемом. При рядовом посеве дисковыми сошниками влажность почвы на глубине посева достигает минимальных критических величин 7,4% на глубине 0-10 см и 10,6% – на глубине 10-20 см. При посеве в гряды снижение влажности почвы достигает на глубине 0-10 см – 12%, а на глубине 10-20 см – 12,5%.

6. Прибавка биологического урожая овса подпочвенно-разбросным способом в гряды составила 4,4 ц/га в сравнении с рядовым посевом.

#### Список источников

1. Поляков Г.Н., Солодун В.И. Опыт применения и сравнительные испытания почвообрабатывающих посевных комплексов в Прибайкалье // Техника будущего: перспективы развития сельскохозяйственной техники. CLAAS. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Кубанский ГАУ, Краснодар, 2013. С. 154-159.
2. Поляков Г.Н., Солодун В.И., Шуханов С.Н. Состав и изменение структуры сельскохозяйственных машин для почвообработки в Иркутской области // Известия Международной академии аграрного образования. Санкт-Петербург. 2019. № 47. С.28-32.
3. Чернышова Е. Стартап в мешке. Крупные компании в поисках новых идей // Агротехника и технологии, 3(85) май-июнь 2021. С. 18-22.
4. Масалов В.Ф. Влажность почвы под различными культурами // Вопросы земледелия и растениеводства. Иркутск, 1968. С.53-63.
5. Лаврухин В.А., Беспямятнова Н.М., Терешенко И.С.. Посев зерновых и зернобобовых культур. М: Россельхозиздат, 1975. 47с.
6. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: в 2 ч., Ч. 2. Монография / Под ред. Я.М. Иванько, Н.Н. Дмитриева. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. 321с.
7. Поляков Г.Н., Шуханов С.Н. Состояние и тенденции технического обеспечения АПК Иркутской области // Известия Международной академии аграрного образования. Санкт-Петербург. № 45. 2019. с.52-57.
8. Канарев Ф.М. Вода – новый источник энергии. Краснодар, КГАУ. 2001. 200с.
9. Яковлев Д.А. и др. Обоснование рациональных параметров сошниковой группы сеялки СЗС-2,1 для прямого посева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 9 (179). С. 131-135.
10. Herfaty T. V., Roye S. Combined effects of moisture content prior compactive effect and final quantity on soil crust strength. J. Soil Sci., 1978, v. 29, T. 2, P. 67-173.
11. Huang B.K., Tayaruputh V. Design and analysis of a fluid spot and furrow opener. Trans. A.S.A.E., St. Joseph, Mich, 1973. Vol. 16, № 3. p. 414-419.
12. The development of performance data on seed drill furrow openers / By David E, Schaaf, Simon Ham, Bury Rogers, St. Joseph, Mich, 1979. 13 p.
13. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method // J. Terramech. 2011. №48 (5). P. 347-358.
14. Belyaev V.I., Vol'nov V.V., Iakovlev D.A., Sokolova L.V. The influence of the sowing coulters type on the seeding quality and the spring wheat yield // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. №941.
15. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. // Soil and Tillage Research. 2014. №140. P. 48-54.



16. Nazarov N., Yakovlev N., Ivanov N., Blynsky Y. Project designing of crop production agricultural technologies // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 403 012054 DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012054
17. Marquardt D. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters // SIAM J. Appl. Math. 1963. №11. С. 431-444.

## IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS FOR THE CULTIVATION OF SPRING GRAIN CROPS WITH THE DEVELOPMENT OF A SEEDER FOR SOWING IN RIDGES

©2022. Gennady N. Polyakov<sup>1</sup>, Stanislav N. Shukhanov<sup>2✉</sup>, Anna V. Kosareva<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup> Irkutsk State Agrarian University, Irkutsk, Russia,

<sup>2</sup>Shuhanov56@mail.ru

**Abstract.** In the conditions of Eastern Siberia, a sharply continental climate prevails, which is characterized by long winters and short summers. Grain crops do not always have enough time to fully ripen. Therefore, sowing work is recommended to be carried out at an early date. The use of resource-saving technologies for the cultivation of cereals with minimal tillage and direct sowing leads to later warming up of the soil under the mulching organic "cushion" and the postponement of sowing. The Irkutsk region is characterized by long spring-summer droughts, which can significantly reduce the yield of grain crops. It should be noted that during sowing and during the growing season, soil moisture can change significantly, which affects the quality of sowing and the phase of development of cultivated plants. In this regard, today the research aimed at the selection and justification of rational sowing machines is relevant in terms of ensuring an effective thermal regime and the use of capillary moisture during the grain ripening period. Field experimental studies of seeders and sowing complexes were carried out – SZP-3.6, John Deere 1830, "Concord". We determined and compared the performance of three types of coulters – disk, anchor and paw. An analysis of the experiments of sowing machines made it possible to put forward a working hypothesis for improving the sowing of grain for the climatic conditions of the Irkutsk region. A strip subsoil-scatter method of sowing grain crops in ridges with the formation of a compacted seed bed for a strip of seeds 0.08 m wide and 0.05-0.08 m deep is proposed, with the creation of a mulching soil layer above the seeds. The practical significance of the work lies in the fact that the method of sowing in ridges using a modernized paw coulters of an experimental seeder has a number of competitive advantages compared to anchor and disk seeders: active heating of the soil in the ridges, soil temperature is 3-4° higher; emergence of seedlings 3-4 days earlier; due to the compaction of the seed bed, soil moisture is higher during the entire period at a depth of 0-0.01m and 0.01-0.02m; the specific distribution of seeds over the nutrition area corresponds to 60%; sowing is combined with soil cultivation. During the experiment, restrictions on the use of the paw coulters appeared. At an absolute humidity above 23%, the coulters do not sow seeds steadily in depth. Field studies of an experimental seeder for sowing seeds in ridges were carried out at Irkutsk Semeny LLC and MIP Novoyamskoye LLC of the Irkutsk region. An increase in the yield of oats by 4.4 c/ha was established in comparison with the sowing of seeds with disk coulters.

**Key words:** sowing method, coulters, anchor, paw, disk, seed bed, capillary moisture, ridge, sowing time, soil moisture, soil temperature, seedlings, productivity, competitive advantages.

### References

1. Polyakov G.N., Solodun V.I. Opyt primeneniya i sravnitel'nyye ispytaniya pochvoobrabatyvayushchikh posevnykh kompleksov v Pribaykal'ye (Experience in the use and comparative testing of tillage sowing complexes in the Baikal region), Tekhnika budushchego: perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. CLAAS. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kubanskiy GAU, Krasnodar, 2013, pp. 154-159.

2. Polyakov G.N., Solodun V.I., Shukhanov S.N. Sostav i izmeneniye struktury sel'skokhozyaystvennykh mashin dlya pochvoobrabotki v Irkutskoy oblasti (Composition and change in the structure of agricultural machines for tillage in the Irkutsk region), Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya, Sankt-Peterburg, 2019, No. 47, pp. 28-32.
3. Chernyshova Ye. Startap v meshke. Krupnyye kompanii v poiskakh novykh idey (Large companies in search of new ideas), Agrotekhnika i tekhnologii, 3(85) may-iyun' 2021, pp.18-22.
4. Masalov V.F. Vlazhnost' pochvy pod razlichnymi kul'turami (Soil moisture under various crops), Voprosy zemledeliya i rasteniyevodstva, Irkutsk, 1968, p. 53-63.
5. Lavrukhin V.A., Bespamyatnova N.M., Tereshchenko I.S. Posev zernovykh i zernobobovykh kul'tur (Sowing grain and leguminous crops), M: Rossel'izdat, 1975, 47 p.
6. Sistema vedeniya sel'skogo khozyaystva Irkutskoy oblasti (The system of agriculture in the Irkutsk region), v 2 ch., CH. 2. Monografiya / Pod red. YA.M. Ivan'o, N.N. Dmitriyeva. Irkutsk: OOO «Megaprint», 2019, 321 p.
7. Polyakov G.N., Shukhanov S.N. Sostoyaniye i tendentsii tekhnicheskogo obespecheniya APK Irkutskoy oblasti (Status and trends in the technical support of the agro-industrial complex of the Irkutsk region), Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya, Sankt-Peterburg, No. 45, 2019, p. 52-57.
8. Kanarev F.M. Voda – novyy istochnik energii (Water is a new source of energy), Krasnodar, KGAU, 2001, 200 p.
9. Yakovlev D.A. i dr. Obosnovaniye ratsional'nykh parametrov soshnikovoy gruppy seyalki SZS-2,1 dlya pryamogo poseva (Substantiation of rational parameters of the coulter group of the SZS-2.1 seeder for direct sowing), Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 9 (179). pp. 131-135.
10. Kherfati T. V., Roy S. Kombinirovannoye vliyaniye vlazhnosti, predshestvuyushchey uplotnyayushchemu efektu, i konechnogo kolichestva na prochnost' pochvennoy korki. Zhurnal pochvovedeniya, 1978, v. 29, T. 2, P. 67–173.
11. Khuang B.K., Tayaput V. Proyektirovaniye i analiz zhidkostnogo applikatora i upora dlya borozdy. Per. A.S.A.E., ul. Dzhozef, shtat Michigan, 1973, Vol. 16, No. 3, pp. 414-419.
12. Razrabotka dannykh o proizvoditel'nosti soshnikov dlya morskoy seyalki, Devid E., Shaaf, Saymon Khann, Berri Rodzhers, Sent-Dzhozef, Michigan, 1979, 13 p.
13. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method, J. Terramech. 2011, No. 48 (5), P.347-358.
14. Belyaev V.I., Vol'nov V.V., Iakovlev D.A., Sokolova L.V. The influence of the sowing coulters type on the seeding quality and the spring wheat yield, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020, No. 941
15. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers, Soil and Tillage Research. 2014. No. 140. P. 48-54.
16. Nazarov N., Yakovlev N., Ivanov N., Blynsky Y. Project designing of crop production agricultural technologies, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019, No. 403 012054 DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012054
17. Marquardt D. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters, SIAM J. Appl. Math. 1963, No. 11, pp. 431-444.

*Сведения об авторах*

**Г.Н. Поляков**<sup>1</sup> – канд. техн. наук;

**С.Н. Шуханов**<sup>2✉</sup> – д-р техн. наук, профессор;

**А.В. Косарева**<sup>3</sup> – канд. техн. наук;

<sup>1,2,3</sup> Иркутский государственный аграрный университет, п. Молодежный 1/1, Иркутская обл., Россия, 664038

<sup>2</sup>Shuhanov56@mail.ru

*Information about the authors*

**G.N. Polyakov**<sup>1</sup> – Cand. Tech. Sci.;

**S.N. Shukhanov**<sup>2✉</sup> – Dr. Tech. Sci., Professor;

**A.V. Kosareva**<sup>3</sup> – Cand. Tech. Sci.;

<sup>1,2,3</sup> Irkutsk State Agrarian University, Molodezhny settlement 1/1, Irkutsk region, Russia, 664038

<sup>2</sup>Shuhanov56@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 04.04.2022; одобрена после рецензирования 11.04.2022; принята к публикации 09.06.2022. The article was submitted 04.04.2022; approved after reviewing 11.04.2022; accepted for publication 09.06.2022*

Научная статья  
УДК 631.871:633.11  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_42

## ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В ПОЧВЕ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕ В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

©2022. Юлия Александровна Азаренко<sup>1</sup>, Виктория Андреевна Волкова<sup>2✉</sup>,  
Наталья Артёмовна Воронкова<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия,

<sup>2,3</sup> Омский аграрный научный центр, Омск, Россия,

<sup>2</sup>volkovava1989@yandex.ru

**Аннотация.** Исследования проводили в трех природно-климатических зонах Омской области в Западно-Сибирском регионе: таежно-лесной (подзона южной тайги), лесостепной и степной. В результате было установлено, что зонально-климатические условия и агрогенные факторы влияют на изменение содержания меди в почвах и растениях яровой мягкой пшеницы. В зональном аспекте наибольшее содержание подвижных форм меди (12-21% от содержания кислоторастворимых форм) было в таежных и северных лесостепных почвах – дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Для черноземных почв лесостепи и степи доля подвижной меди не превышала 1,42%. В опыте с длительным внесением минеральных удобрений на лугово-черноземной почве количество доступной меди в почве (0,09-0,11 мг/кг) не зависело от варианта удобрения. Установлена средняя сопряженность между содержанием подвижных и кислоторастворимых форм меди ( $r = 0,43-0,47$ ). На дерново-подзолистых и серых лесных почвах яровой мягкой пшеницы было больше меди, чем в зерне, а на почвах черноземного ряда отмечалась обратная тенденция. Содержание меди в зерне пшеницы на разных типах почв варьировало от 2,03 до 4,40 мг/кг возд. сухой массы, что является недостаточным уровнем обеспеченности зерна данным элементом. Установлено, что при оптимизации минерального питания яровой пшеницы отмечалась тенденция снижения содержания меди в зерне в среднем на 22%, в соломе содержание меди существенно снизилось на 24%.

**Ключевые слова:** медь, удобрения, почва, пшеница.

**Введение.** Основным показателем в биогеохимических и агрохимических исследованиях, позволяющим выявить закономерности накопления и распределения химических элементов, является их количественное содержание в биологических объектах и окружающей среде. Зерно пшеницы содержит все необходимые вещества и элементы, нужные для жиз-

недеятельности живых организмов – белки, аминокислоты, жиры, витамины, макро- и микроэлементы и, в том числе, медь [1-3]. Медь относится к числу приоритетных биофильных микроэлементов для растительных организмов. Специфичность ее действия в растениях заключается в том, что участие меди в физиологических процессах не мо-

жет быть заменено другими химическими элементами. Физиологическая и биохимическая роль меди в растительном организме многообразна. Элемент образует комплексные соединения с белками, является частью ряда ферментов. Медь повышает активность дегидрогеназ и нитратредуктазы, принимает участие в азотном обмене растений, участвует в синтезе хлорофилла, лигнина, алкалоидов и меланина, катализирует скорость окислительно-восстановительных реакций и интенсивность дыхания. Недостаток микроэлемента в питании приводит к увеличению содержания свободных аминокислот и растворимых углеводов. Медь абсолютно необходима для формирования генеративных органов растений [2].

В зависимости от сложившихся условий среднее содержание меди в растениях, по данным М.Я. Школьника [4], колеблется от 6,3 до 8,7 мг/кг сухого вещества. Обзор по содержанию меди в растениях из незагрязненных регионов разных стран свидетельствует о том, что ее количество изменяется от 1 до 10 мг/кг воздушно-сухого вещества, редко превышая 20 мг/кг сухой массы [5]. Считается, что нормальное содержание меди в растениях – 30-40 мг/кг воздушно-сухой массы, предположительно максимальное – 150 мг/кг, минимальное (по В.В. Ковальскому) – 3-5 мг/кг [5,6].

По обобщённым данным исследователей, в зерновых культурах содержится меди от 1 до 18 мг/кг сухого вещества [1-6]. Пшеница относится к группе культур, очень чувствительных к недостатку меди в почве. Дефицит микроэлемента в ее питании приводит к хлорозу, побелению и подсыханию верхушечных листьев, задержке колошения, образованию шуплого зерна, что в итоге снижает урожайность растений и качество продукции [7]. В исследованиях Э.Д. Орловой [8] и других ученых отмечается, что оптимальным в зерне пшеницы является содержание меди 4-6 мг/кг. По сведениям Б.А. Ягодина [2], средняя концентрация меди в зерне культуры составляет 4,99 мг/кг, что близко к обобщенным данным

разных авторов (4,7-5,3 мг/кг), представленных в [3].

В условиях Западной Сибири современные исследователи отмечают снижение (в 1,5-2 раза) содержания меди в растительной продукции до критически недостаточного уровня для нормального развития растительных и животных организмов [9]. В связи с различной физиологической значимостью этого микроэлемента, избирательностью поглощения из почвы, а также в связи с различными другими абиотическими и биотическими факторами, содержание меди в растениях может существенно различаться. Доказано, что минеральные удобрения – существенный фактор, влияющий на микроэлементный состав получаемой растениеводческой продукции [7, 8]. Учитывая важнейшую роль меди в питании зерновых культур, целью исследования являлось установление закономерностей содержания меди в почвах Омского Прииртышья и накопления ее в растениях пшеницы в зависимости от зонально-климатических условий и применения минеральных удобрений.

**Методика.** Исследования проводили в трех природно-климатических зонах Омской области в Западно-Сибирском регионе: таежно-лесной (подзона южной тайги), лесостепной и степной. Объектами исследования являлись зональные почвы и выращиваемая на них яровая пшеница (*Triticum aestivum*). На основных типах почв были заложены разрезы и проведен отбор проб из генетических горизонтов и надземной массы пшеницы во время уборки.

Изучение влияния длительного применения минеральных удобрений на содержание меди в почве и растениях пшеницы проводили в 2017-2019 гг. в длительном стационарном полевом опыте лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ» на основе зернопарового севооборота (чистый пар-яровая пшеница-соя-яровая пшеница-ячмень). Объектами исследования являлись растения яровой мягкой пшеницы (сорт Ом-

ская 36), а также пробы почвы, отобранные перед посевом пшеницы по пару. Почва в полевом опыте – лугово-черноземная средне-мощная тяжелосуглинистая (содержание гумуса 6,6% (по Тюрину) в пахотном слое). Содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) – 105-128 и 350-420 мг/кг, соответственно, обменного  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  (ГОСТ 26487-85) – 88 и 11 ммоль/100 г почвы, соответственно,  $pH_{водн}$  – 6,7 (ГОСТ 26483-85). Для решения поставленной цели были проанализированы почвенные пробы (слой 0-20 см), отобранные в двух вариантах: без удобрений и удобренный фон (внесение фосфорсодержащего минерального удобрения в дозе  $P_{90}$  д.в. в паровое поле). Содержание меди в почвах установлено атомно-абсорбционным методом. Определяли массовую долю кислоторастворимой меди, близкую к валовому содержанию, экстрагированием 5M  $HNO_3$  в течение 3 ч при температуре 100°C и концентрацию ее подвижных форм в 1н ацетатно-аммонийном буферном растворе при  $pH = 4,8$  (по Крупскому, Александровой). Отбор

растительного материала проводили во время уборки пшеницы. Содержание микроэлемента в соломе и зерне культуры определяли после озоления проб при температуре  $525 \pm 25^\circ C$  атомно-абсорбционным методом.

**Результаты.** Содержание меди в почвах варьировало в широких пределах в зависимости от их генезиса, процессов почвообразования, состава и свойств. Проведенные нами исследования показали, что зональные почвы различаются по уровню кислоторастворимых и подвижных форм меди. Наименьшее содержание кислоторастворимой формы микроэлемента обнаружено в легкосуглинистых и среднесуглинистых дерново-подзолистых и серых лесных почвах, что связано с влиянием элювиальных процессов почвообразования, небольшим содержанием гумуса и илстой фракции в этих почвах. По данным таблицы 1 видно, что аккумуляция меди в верхних гумусовых горизонтах почв черноземного ряда существенно выше.

Таблица 1

Содержание меди в пахотном горизонте разных типов почв Омского Прииртышья

Почва	Медь, мг/кг		Доля подвижной меди, %
	5M $HNO_3$	1н ААБ, $pH = 4,8$	
Дерново-подзолистые	4,8-7,7	1,0-1,2	15-21
Серые лесные	5,7-7,2	0,9-1,1	12-18
Черноземы	12,0-23,0	0,08-0,2	0,55-1,42
Лугово-черноземные	5,4-25,4	0,05-0,2	0,44-0,99

Она обусловлена как усилением биогенно-аккумулятивных процессов, так и преимущественно тяжелосуглинистым гранулометрическим составом почв черноземного ряда. Минимальные концентрации элемента в выборке проб исследованных почв характерны для супесчаных разновидностей. Установлено существенное изменение концентраций подвижной меди, извлекаемой ацетатно-аммонийным буфером, в зависимости от типа почвы. Наибольшая мобильность меди и содержание ее подвижной формы характерны для дерново-подзолистых и серых лесных почв, в которых на долю подвижных соединений приходилось

12-21%. В верхних горизонтах почв черноземного ряда доля подвижной меди, напротив, резко снижалась и не превышала 1,42%. Полученные результаты объясняются геохимическими особенностями соединений меди, в частности, влиянием на их форму нахождения и подвижность таких факторов, как органическое вещество, реакции среды, содержание илстой фракции, оксидов железа, алюминия и марганца [10-12]. Нами установлена обратная зависимость ( $r = -0,71 \pm 0,13$ ) содержания подвижной меди от величины  $pH$ , что указывало на ведущую геохимическую роль реакции среды в распределении подвижной

меди в почвенном покрове Омского Прииртышья. В пахотном слое черноземов и лугово-черноземных почв установлена корреляция концентраций подвижной и кислоторастворимой меди ( $r = 0,47 \pm 0,19$ ).

В опыте с длительным внесением минеральных удобрений содержание кислотраство-

римой меди в почве составило 14,1-17,8 мг/кг в варианте длительного применения минеральных удобрений и 17,6-20,5 мг/кг – в контрольном варианте, что позволило отнести данную агропочву к среднеобеспеченной по данному элементу (табл. 2) [9].

Таблица 2

Содержание меди в почве (в слое 0-20 см), в среднем за 2017-2019 гг.

Вариант	Медь, мг/кг		Доля подвижной меди, %
	5M HNO <sub>3</sub>	1н ААБ, pH =4,8	
Контроль (без удобрений)	18,9	0,11	0,6
Удобренный фон (P <sub>90</sub> )	16,3	0,09	0,6

Независимо от варианта содержание доступной меди в почве характеризовалось как низкое – 0,09-0,11 мг/кг. Установлена средняя сопряженность между содержанием подвижных и кислоторастворимых форм меди ( $r = 0,43$ ), подтверждающая общие закономерности ее распределения в лугово-черноземных почвах, указанные выше. Зависимость между содержанием кислоторастворимых и подвижных форм меди говорит о том, что пул ее подвижных соединений частично может поддерживаться за счет фонда кислоторастворимых форм. При этом содержание доступной меди составило всего лишь 0,41-0,70% от ее общего

фонда, что соответствовало очень низкой обеспеченности почвы этим элементом. Яровая мягкая пшеница отзывчива на содержание меди в почве [2, 4, 7, 8], и поэтому применение медьсодержащих микроудобрений будет эффективным приемом.

Медь в целом является элементом сильного биологического поглощения. Процесс поступления ее в растения зависит от их биологических особенностей и совокупности внешних факторов. Нашими исследованиями выявлен различный уровень содержания меди в пшенице, выращенной в разных почвенно-климатических условиях (табл. 3).

Таблица 3

Среднее содержание меди в пшенице Омского Прииртышья в зависимости от почвенно-климатических условий, мг/кг. абс. сухой массы

Почвенно-климатическая зона, подзона	Зерно	Солома	Отношение Cu в зерне к соломе
Южная тайга, северная лесостепь	2,30±0,27	3,00±0,66	0,8
Центральная и южная лесостепь	3,76±0,20	2,82±0,38	1,3
Степная	4,09±0,31	2,38±0,45	1,7

Согласно полученным результатам, количество микроэлемента в зерне пшеницы на разных типах почв варьировало от 2,03 до 4,40 мг/кг. Наши исследования показали, что на дерново-подзолистых и серых лесных почвах среднее содержание меди в зерне и соломе пшеницы было низким, несмотря на значительную подвижность микроэлемента в почве. Более высокая концентрация меди при этом находилась в соломе. Характер накопления и

распределения меди в пшенице на черноземах и лугово-черноземных почвах центральной, южной лесостепи и степи с низким содержанием ее подвижной формы существенно изменялся. Количество микроэлемента в зерне культуры увеличивалось, а в соломе – уменьшалось по сравнению с почвами северных районов. Это обусловлено изменением комплекса природных факторов, в том числе почвенно-геохимических

условий, обеспечивающих благоприятные условия накопления меди в генеративных органах культуры. Преимущественно повышенное накопление меди в зерне может быть обусловлено ее исключительно важной физиологической ролью на начальных этапах прорастания семян и на всех стадиях онтогенеза [5].

Результаты полевого опыта с внесением минерального удобрения (P<sub>90</sub>) под яровую пшеницу показали, что оптимизация мине-

рального питания оказала влияние на химический состав растениеводческой продукции: на удобренном фоне отмечается тенденция снижения содержания меди в зерне в среднем на 22%, в соломе – на 24%, что вполне закономерно, так как с ростом урожайности концентрация микроэлементов снижалась за счет распространенного в растениеводстве «эффекта ростового разбавления» (табл. 4).

Таблица 4

Содержание меди в растениях пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений, мг/кг воздушно-сухой массы

Вариант	Зерно	Солома	Отношение Cu в зерне к соломе
Контроль (без удобрений)	4,12±±0,77	2,05±±0,26	2,0
Удобренный вариант (P <sub>90</sub> )	3,21±±0,89	1,55±±0,37	2,1
HCP <sub>05</sub>	Fф<Fт	0,29	-

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что оптимальным уровнем содержания меди в зерне считается в среднем 8 мг/кг [2, 6, 9 и др.]. Отклонение от оптимального содержания меди в зерне в нашем эксперименте составило 49% в варианте без удобрений, 60% – в варианте внесения P<sub>90</sub>.

**Выводы.** Таким образом, на содержание меди в почвах и растениях пшеницы агроценозов Омского Прииртышья существенное влияние оказывают зонально-климатические условия. Черноземы и лугово-черноземные почвы лесостепной и степной зон в целом имели высокие запасы кислоторастворимой меди при

низком содержании ее доступных соединений. Дерново-подзолистые и серые лесные почвы отличались повышенной мобильностью соединений микроэлемента, связанной с усилением кислотности среды. Наибольшее накопление меди в зерне пшеницы обеспечивалось на почвах черноземного типа почвообразования, однако ее количество в зерне осталось недостаточным. Систематическое применение минеральных удобрений на лугово-черноземных почвах способствовало снижению содержания меди в почве и растениеводческой продукции.

**Список источников**

1. Елькина Г.Я. Содержание аминокислот в растениях при разных уровнях содержания меди в почве // *Агрохимия*. 2018. № 12. С. 88–96.
2. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений: монография. СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2011. 368 с.
3. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants: 4th Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. 548 p.
4. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 323 с.
5. Кашин В.К., Убугунов Л.Л. Особенности накопления микроэлементов в зерне пшеницы в Западном Забайкалье // *Агрохимия*. 2012. № 4. С. 68-76.
6. Ковальский В.В. Методы определения микроэлементов в органах и тканях животных, растениях и почвах. М.: Колос, 1969. 272 с.
7. Волкова В.А. К вопросу о применении соединений меди в технологии возделывания яровой мягкой пшеницы // *Агрохимический вестник*. 2020. №2. С.68-72.
8. Орлова Э.Д., Пыхтарева Е.Г. Микроэлементы в почвах и растениях Омской области и применение микроудобрений: учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. Омск: изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. 76 с.

9. Сысо А.И. Российские нормативы оценки качества почв и кормов: проблемы их использования // Экологический мониторинг окружающей среды: материалы междунар. шк. молодых ученых. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос». 2016. Вып. 1.С. 153-168.

10. Trace elements in soils. Editor: Peter S. Hooda. Wiley. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 2010. 596 p.

11. Азаренко Ю.А. Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири: монография. Омск: Вариант-Омск. 2013. 232 с.

12. Abdoli M., Esfandiari E., Sadeghzadeh B., Mousavi S.-B. Zinc application method affect agronomy traits and grain micronutrients in bread and durum wheat under zins-deficient calcareous soil // YU J. Agr. Sci. 2016. № 26 (2). P. 202-214.

## THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE COPPER CONTENT IN THE SOIL AND SPRING SOFT WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE OMSK IRTYSH REGION

©2022. Yulia A. Azarenka<sup>1</sup>, Victoria A. Volkova<sup>2✉</sup>, Natalia A. Voronkova<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Omsk State Agrarian University P.A. Stolypin, Omsk, Russia,

<sup>2,3</sup> Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia,

<sup>2</sup>volkovava1989@yandex.ru

**Abstract.** The research was carried out in three climatic zones of the Omsk region in the West Siberian region: taiga-forest (subzone of the southern taiga), forest-steppe, and steppe. As a result, it was found that zonal and climatic conditions and agrogenic factors affect the change in copper content in soils and plants of spring soft wheat. In the zonal aspect, the highest content of mobile forms of copper (12-21% of the content of acid-soluble forms) was in zonal taiga and northern forest-steppe soils – sod-podzolic and gray forest soils. For chernozem soils of forest-steppe and steppe, the proportion of mobile copper did not exceed 1.42%. In the experiment with long-term application of mineral fertilizers on meadow-chernozem soil, the amount of available copper in the soil (0.09-0.11 mg/kg) did not depend on the fertilization option. The average conjugacy between the content of mobile and acid-soluble forms of copper ( $r = 0.43-0.47$ ) has been established. There was more copper on sod-podzolic and gray forest soils of spring soft wheat than in grain, and the reverse trend was observed on soils of the chernozem series. The copper content in wheat grain on different types of soils ranged from 2.03 to 4.40 mg/kg of air dry mass, which is an insufficient supply level. It was found that when optimizing the mineral nutrition of spring wheat, there was a tendency to decrease the copper content in grain by an average of 22%, in straw the copper content significantly decreased by 24%.

**Key words:** copper, fertilizers, soil, wheat.

### References

1. El'kina G.Ja. Soderzhanie aminokislot v rastenijah pri raznyh urovnjah sodержaniya medi v pochve (The content of amino acids in plants at different levels of copper in the soil), Agrohimiya, 2018, No. 12, pp. 88-96.

2. Bitjuckij N.P. Mikrojelementy vysshih rastenij: monografija (Trace elements of higher plants: monograph), SPb.: Izd-vo SPb un-ta, 2011, 368 p.

3. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants: 4th Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. 548 p.

4. Shkol'nik M.Ja. Mikrojelementy v zhizni rastenij (Trace elements in plant life), L., Nauka, 1974, 323 p.

5. Kashin V.K., Ubugunov L.L. Osobennosti nakopleniya mikrojelementov v zerne pshenicy v Zapadnom Zabajkal'e (Features of the accumulation of microelements in wheat grain in Western Transbaikalie), Agrohimiya, 2012, No. 4, pp. 68-76.

6. Koval'skij V.V. Metody opredeleniya mikrojelementov v organah i tkanjah zhivotnyh, rastenijah i pochvah (Methods for determination of microelements in organs and tissues of animals, plants and soils), M, Kolos, 1969, 272 p.

7. Volkova V.A. K voprosu o primenenii soedinenij medi v tehnologii vozdel'yvaniya jarovoj mjagkoj pshenicy (On the question of the use of copper compounds in the technology of cultivation of spring soft wheat), Agrohimicheskij vestnik, 2020, No. 2, pp.68-72.



8. Orlova Je.D. Pyhtareva E.G. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah Omskoj oblasti i primenenie mikroudobrenij (Trace elements in soils and plants of the Omsk Oblast and the use of microfertilizers), ucheb. posobie. Izd. 2-e, pererab. i dop. Omsk, izd-vo FGOU VPO OmGAU, 2007, 76 p.

9. Syso A.I. Rossijskie normativy ocenki kachestva pochv i kormov: problemy ih ispol'zovanija (Russian standards for assessing the quality of soils and fodder: problems of their use), Jekologicheskij monitoring okružhajushhej sredy: materialy mezhdunar. shk. molodyh uchenyh. Novosibirsk, IC NGAU «Zolotoj kolos», 2016, Vyp. 1, pp. 153-168.

10. Trace elements in soils. Editor: Peter S. Hooda. Wiley. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 2010. 596 p.

11. Azarenko Ju.A. Zakonomernosti sodержanija, raspredelenija, vzaimosvjazej mikrojelementov v sisteme pochva-rastenie v uslovijah juga Zapadnoj Sibiri: monografija (Patterns of content, distribution, relationships of microelements in the soil-plant system in the conditions of the south of Western Siberia: monograph), Omsk: Variant-Omsk, 2013, 232 p.

12. Abdoli M. Esfandiari E., Sadeghzadeh V., Mousavi S.-B. Zinc application method affect agronomy traits and grain micronutrients in bread and durum wheat under zins-deficient calcareous soil, YYU J. Agr. Sci. 2016. № 26 (2). P. 202-214.

### *Сведения об авторах*

**Ю.А. Азаренко**<sup>1</sup> – д-р с.-х. наук, доцент;

**В.А. Волкова**<sup>2</sup>✉ – младший научный сотрудник;

**Н.А. Воронкова**<sup>3</sup> – д-р с.-х. наук, доцент.

<sup>1</sup> Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, ул. Институтская площадь, д. 1, Омск, Россия, 644008

<sup>2,3</sup> Омский аграрный научный центр, ул. Королева, д. 26, Омск, Россия, 644012

<sup>1</sup>azarenko.omgau@mail.ru

<sup>2</sup>volkovava1989@yandex.ru

<sup>3</sup>voronkova.67@bk.ru.

### *Information about authors*

**Ju.A. Azarenko**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci., Assistant Professor;

**V.A. Volkova**<sup>2</sup>✉ – Junior Researcher;

**N.A. Voronkova**<sup>3</sup> – Dr. Agr. Sci., Assistant Professor.

<sup>1</sup>Omsk State Agrarian University. P.A. Stolypin, st. Institutskaya Square, 1, Omsk, Russia, 644008

<sup>2,3</sup> Omsk Agricultural Research Center, 26, Koroleva St., Omsk, Russia, 644012

<sup>1</sup>azarenko.omgau@mail.ru.

<sup>2</sup>volkovava1989@yandex.ru

<sup>3</sup>voronkova.67@bk.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 20.03.2022; одобрена после рецензирования 11.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 20.03.2022; approved after reviewing 11.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

Научная статья  
УДК 633.16"321":631.5  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_49

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И ОПРЫСКИВАНИЯ ПОСЕВОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

©2022. Татьяна Александровна Антипова<sup>1✉</sup>, Татьяна Андреевна Бабайцева<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск, Россия,

<sup>1</sup>tatyanka.antipova.95@mail.ru

<sup>2</sup>taan62@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты научных исследований по применению агроприёмов в технологии возделывания ячменя Памяти Чепелева на прорастание семян, поражённость болезнями, урожайность и её структуру. Исследования проведены в Ижевской ГСХА в 2019-2021 гг. В опытах было изучено действие препаратов различных групп: Agree's Форсаж, Agree's Фосфор – жидкие органоминеральные удобрения, Гумат +7 – удобрение на основе гуминовых кислот, Микровит Стандарт – микроудобрение, Мелафен – регулятор роста, Псевдобактерин-2, Ж и Флавобактерин – биологические фунгициды, Оплот – химический фунгицид. Расход рабочего раствора для предпосевной обработки семян 10 л/т, опрыскивания посевов в фазе кушения – 300 л/т. Площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. В результате проведённых исследований установлено, что проростки обработанных семян перед посевом отличались лучшим развитием корневой системы. Наиболее мощное её развитие получили проростки при обработке семян баковой смесью Agree's Форсаж + Оплот, сформировав среднюю длину корешков 17,3 см, что на 0,9 см длиннее, чем в контрольном варианте. Среднее количество корешков при этом составило 5,6 шт. Было доказано, что урожайность зависела от поражения корневыми гнилями в фазе кушения на 19 % и в фазе полной спелости на 35 %. Наилучшую защиту от поражения обеспечила предпосевная обработка семян химическим фунгицидом Оплот, а также баковыми смесями с его участием. Установлено, что наибольшая урожайность зерна 1,80–1,85 т/га была сформирована в вариантах с применением баковой смеси Agree's Форсаж + Оплот, химического фунгицида Оплот, а также с сочетанием предпосевной обработки семян смесью Agree's Форсаж + Оплот с последующим опрыскиванием по вегетации растений Agree's Фосфор. Полученные в опытах результаты нашли подтверждение в производственных условиях в одном из семеноводческих хозяйств Удмуртской Республики.

**Ключевые слова:** ячмень, пестициды, агрохимикаты, предпосевная обработка семян, опрыскивание растений, урожайность.

**Введение.** Протравливание семян является важным приёмом в технологии возделывания полевых культур, обеспечивающим появление здоровых всходов, защиту их от различных видов инфекций [1], а также способствует получению здоровых семян в урожае [2]. В научной литературе встречается немало

рекомендаций по применению в технологиях возделывания зерновых культур предпосевной обработки семян микро- и макроэлементами, стимуляторами и регуляторами роста, биопрепаратами [3–8]. Оптимальному развитию растений и формированию высококачественной продукции способствует обеспече-

ние равномерного питания в течение всей вегетации, что достигается некорневыми подкормками и опрыскиваниями посевов в течение вегетации различными препаратами [9-12].

Новый сорт ярового ячменя Памяти Чепелева обладает высокой урожайностью [13]. Так, на Сарапульском госсортоучастке Удмуртской Республики урожайность данного сорта в 2017-2019 гг. составила 5,12-5,70 т/га, что выше, чем стандартного сорта Раушан на 3,4–17,3 %. Однако нередко данный сорт сильно поражается корневыми гнилями. В связи с этим, целью исследований стало усовершенствование технологии возделывания ячменя Памяти Чепелева на основе предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов современными пестицидами и агрохимикатами.

**Методика.** Полевые опыты были заложены в 2019-2021 гг. на опытном поле УНПК «Агротехнопарк Ижевской ГСХА», лабораторные – на кафедре растениеводства, земледелия и селекции. В опытах было изучено действие препаратов различных групп: Agree’s Форсаж, Agree’s Фосфор – жидкие органоминеральные удобрения, Гумат +7 – удобрение на основе гуминовых кислот, Микровит Стандарт – микроудобрение, Мелафен – регулятор роста, Псевдобактерин-2, Ж и Флавобактерин – биологические фунгициды, Оплот – химический фунгицид. Предпосевная обработка семян проведена в день посева с объёмом рабо-

чего раствора 10 л/т, опрыскивание посевов – в фазе кущения, объём рабочего раствора – 300 л/га.

Опыт полевой, однофакторный в четырёхкратной повторности. Учётная площадь делянки – 25 м<sup>2</sup>. Посев сеялкой СС-11 Альфа на глубину 3-4 см при достижении физической спелости почвы. Норма высева всхожих семян 5,5 млн. шт./га.

Полевые исследования проведены в соответствии с методиками Государственного сортоиспытания. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян определены по ГОСТ 12038-84; сила роста, морфофизиологическая оценка проростков – по методике ГСИ [14]. Оценка достоверности полученных данных подтверждена методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову [15].

**Результаты.** После предпосевной обработки семян в лабораторных условиях был проведён анализ влияния данного приёма на особенности прорастания семян. Лабораторная всхожесть семян в исследованиях составила в пределах 77-85 %, сила роста варьировала от 70 до 76 %. При применении изучаемого технологического приёма не было выявлено существенных различий по данным показателям по вариантам опыта, однако было отмечено существенное влияние препаратов на развитие проростков (табл. 1).

Таблица 1

Морфологическая оценка 7-суточных проростков ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян (2019-2021 гг.)

Вариант	Длина колеоптиля, см	Длина ростка, см	Длина корешков, см	Количество корешков, шт.
Без обработки (к)	4,6	13,9	16,4	5,4
Agree’s Форсаж	4,6	14,7	16,7	5,5
Оплот	4,2	14,2	16,8	5,7
Agree’s Форсаж + Оплот	4,1	13,4	17,3	5,6
Мелафен	4,3	13,9	16,0	5,6
Микровит Стандарт	4,7	12,8	16,5	5,5
Микровит Стандарт + Оплот	4,3	12,6	16,7	5,7
Гумат +7	4,7	13,5	16,2	5,6
Псевдобактерин-2, Ж	4,6	13,7	16,5	5,5
Флавобактерин	4,6	13,1	16,3	5,5
НСР <sub>05</sub>	0,1	1,1	0,5	0,1

В вариантах опыта с проведением обработки семян регулятором роста Мелафен, фунгицидом Оплот в чистом виде или в баковых смесях отмечено уменьшение длины колеоптиля на 0,3-0,5 см (НСР<sub>05</sub>=0,1 см). В то же время, при обработке семян микроудобрением Микровит Стандарт, а также комплексом микроэлементов и веществ на основе гуминовых кислот Гумат +7 длина показателя увеличена на 0,1 см (НСР<sub>05</sub>=0,1 см), а в остальных вариантах существенных отклонений от показателя контроля установлено не было.

Длина роста в большинстве вариантов была на одном уровне, за исключением предпосевной обработки семян Микровит Стандарт + Оплот, где отмечено снижение показателя относительно показателя контрольного варианта на 1,3 см (НСР<sub>05</sub>= 1,1 см).

Предпосевная обработка семян оказала положительное влияние на формирование первичной корневой системы. Существенное увеличение средней длины корешков на 0,9 см (НСР<sub>05</sub>=0,5 см) отмечено в варианте с обработ-

кой семян Agree's Форсаж + Оплот. В остальных изучаемых вариантах наблюдалась лишь тенденция увеличения показателя. Отмечено и увеличение количества корешков на 0,2-0,3 шт. (НСР<sub>05</sub>=0,1 шт.). Исключением были варианты с применением удобрений Agree's Форсаж, Микровит Стандарт и биологических фунгицидов Псевдобактерин-2, Ж и Флавобактерин, где количество корешков осталось на уровне показателя контрольного варианта.

Таким образом, предпосевная обработка семян ячменя оказала влияние уже на этапе ювенильного развития растений.

В почвенно-климатических условиях Среднего Предуралья ячмень сильно восприимчив к корневым гнилям. Экспериментальные данные показали, что все варианты предпосевной обработки семян способствовали снижению развития болезни, существенно уменьшив показатель как в фазе кушения с 0,43 балла до 0,11–0,33 балла, так и в фазе полной спелости с 0,66 балла до 0,19-0,45 балла (табл. 2).

Таблица 2

Развитие корневых гнилей ячменя в фазе кушения и в фазе полной спелости, балл

Вариант		Поражённость корневыми гнилями		Отклонение относительно первого учёта
		фаза кушения	фаза полной спелости	
1	Без обработки (к)	0,43	0,66	0,23
2	Agree's Форсаж (обработка семян)	0,22	0,40	0,18
3	Оплот (обработка семян)	0,11	0,19	0,08
4	Agree's Форсаж + Оплот (обработка семян)	0,17	0,24	0,07
5	Agree's Форсаж (обработка семян) + Agree's Фосфор (опрыскивание)	0,25	0,41	0,16
6	Agree's Форсаж + Оплот (семена) + Agree's Фосфор (опрыскивание)	0,17	0,26	0,09
7	Мелафен (обработка семян)	0,33	0,46	0,13
8	Мелафен (обработка семян) + Мелафен (опрыскивание)	0,31	0,45	0,14
9	Микровит Стандарт (обработка семян)	0,31	0,42	0,11
10	Микровит Стандарт (обработка семян) + Микровит Стандарт (опрыскивание)	0,32	0,41	0,09
11	Микровит Стандарт + Оплот (обработка семян)	0,18	0,28	0,10
12	Микровит Стандарт + Оплот (обработка семян) + Микровит Стандарт (опрыскивание)	0,19	0,30	0,11
13	Гумат +7 (обработка семян)	0,24	0,41	0,17
14	Гумат +7 (обработка семян) + Гумат +7 (опрыскивание)	0,24	0,39	0,15
15	Псевдобактерин-2, Ж (обработка семян)	0,23	0,40	0,17
16	Псевдобактерин-2, Ж (обработка семян) + Псевдобактерин-2, Ж (опрыскивание)	0,21	0,38	0,17
17	Флавобактерин (обработка семян)	0,31	0,43	0,12
18	Флавобактерин (обработка семян) + Флавобактерин (опрыскивание)	0,32	0,42	0,10
	Среднее	0,25	0,39	0,14
	НСР <sub>05</sub>	0,07	0,06	0,09

Существенное снижение развития болезни в фазе кущения и полной спелости обеспечила предпосевная обработка семян препаратом Оплот: поражение корневыми гнилями оценено ниже на 0,32 балла в начале вегетации ячменя ( $HCP_{05} = 0,07$  балла) и на 0,47 балла в конце ( $HCP_{05} = 0,06$  балла). Применение данного фунгицида в баковых смесях с другими препаратами оказало меньшее, но тем не менее существенное снижение развития корневых гнилей: на 0,24–0,26 балла – в фазе кущения и на 0,36–0,42 балла – в фазе полной спелости.

Поражение корневыми гнилями отразилось на урожайности ячменя. В среднем за три года была выявлена существенная обратная средняя корреляция между анализируемыми показателями: при оценке поражения корневыми гнилями в фазе кущения коэффициент корреляции  $r = -0,44 \pm 0,22$ , в фазе полной спелости –  $r = -0,59 \pm 0,19$ .

В 2020 г. было отмечено поражение посевов пыльной головней в пределах 1,2 %. Однако существенного влияния изучаемых агроприемов на развитие данной болезни установлено не было.

В среднем за три года существенное повышение урожайности зерна до 1,85 т/га обеспечила предпосевная обработка семян баковой смесью Агрее’s Форсаж + Оплот с последующим опрыскиванием Агрее’s Фосфор, что превышает контроль на 0,20 т/га при  $HCP_{05} = 0,11$  т/га (рисунок 1). Значительное увеличение показателя до 1,82 т/га и 1,80 т/га обеспечила также предпосевная обработка семян препаратом Оплот и баковой смесью Агрее’s Форсаж + Оплот. Уровень урожайности в данных вариантах обеспечен увеличением продуктивности колоса: количество зёрен составило соответственно 15,0 и 14,6 шт. (контроль – 13,8 шт.,  $HCP_{05} = 0,8$  шт.), а масса зерна колоса – 0,55 и 0,56 г.

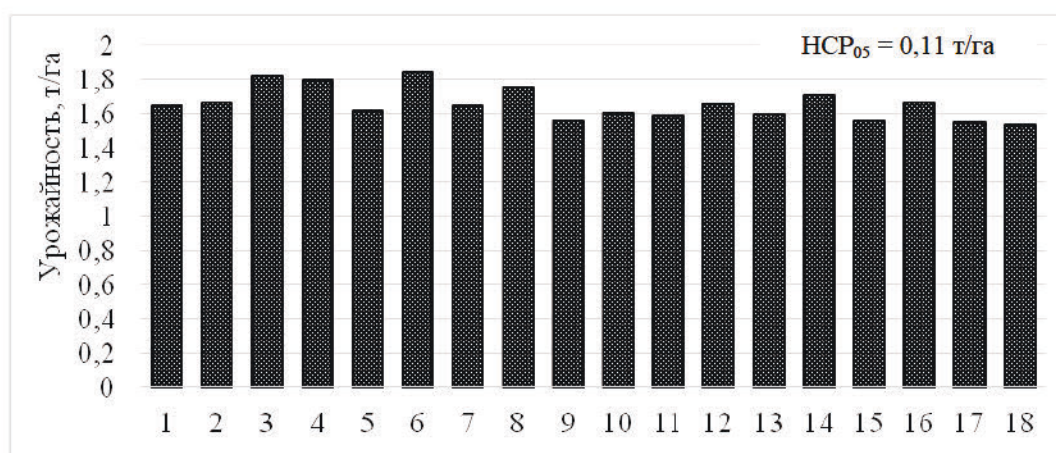


Рис. 1. Урожайность зерна ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов, средняя 2019-2021 гг. (номера вариантов приведены в таблице 2)

Fig. 1. Yield of barley grain depending on pre-sowing seed treatment and spraying of crops, average 2019-2021 (option numbers are given in table 2)

Рост урожайности обеспечило формирование оптимального сочетания количества продуктивных стеблей 430 шт./м<sup>2</sup> (контроль – 394 шт./м<sup>2</sup>;  $HCP_{05} = 28$  шт./м<sup>2</sup>) и продуктивности колоса 0,52 г (контроль – 0,48 г;  $HCP_{05} = 0,04$  г).

Существенное увеличение продуктивности колоса на 0,05-0,10 г ( $HCP_{05} = 0,04$  г) отмечено также в вариантах с обработкой семян комплексным удобрением Агрее’s Форсаж, обработкой семян данным препара-

том с последующим опрыскиванием Agree's Фосфор, двукратным применением препарата Микровит Стандарт, с применением баковой смеси Микровит Стандарт + Оплот, а также с двукратным применением препарата Гумат+7. Однако урожайность в данных вариантах была сформирована на уровне контрольного.

В 2020 г. предпосевная обработка семян баковой смесью Agree's Форсаж + Оплот была применена в ООО «Восход» Балезинского района Удмуртской Республики при производстве семян элиты ячменя Памяти Чепелева на

общей площади 112 га. Производственная проверка подтвердила полученные в опытах результаты. Наибольшая биологическая урожайность зерна 187 г/м<sup>2</sup> была сформирована в варианте с предпосевной обработкой семян смесью Agree's Форсаж + Оплот, что выше, чем при возделывании ячменя без предпосевной обработки семян, на 41 % (рис. 2). Дополнительная урожайность получена за счет увеличения продуктивного стеблестоя на 20 % и массы зерна с колоса на 17 %.

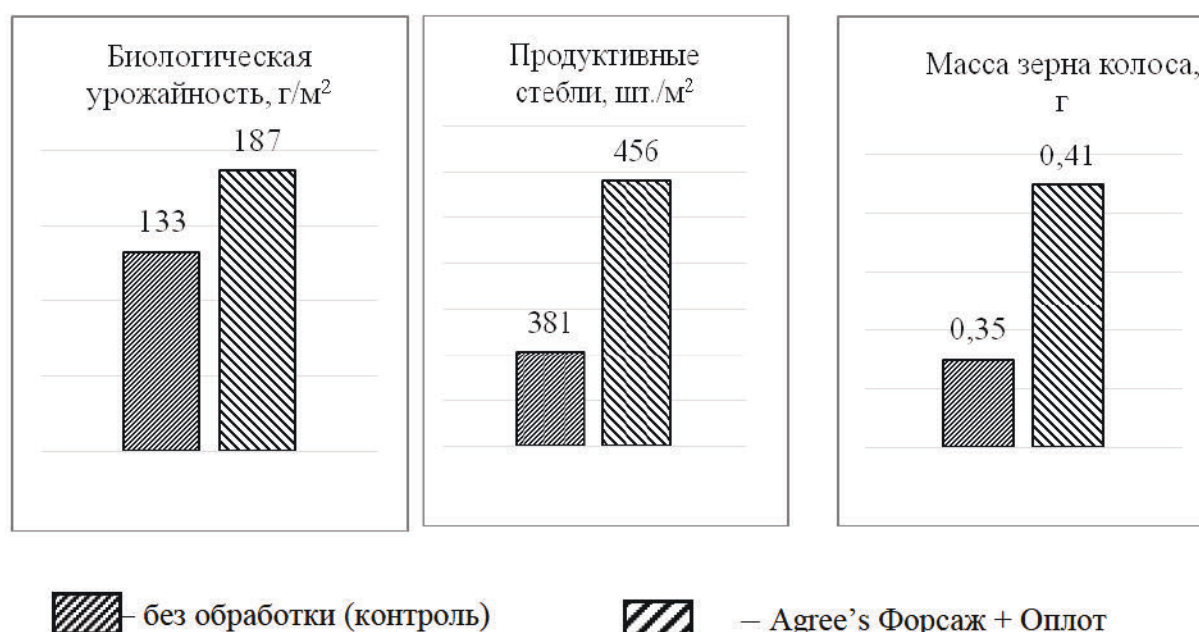


Рис. 2. Урожайность ячменя Памяти Чепелева и элементы её структуры в зависимости от предпосевной обработки семян (ООО «Восход» Балезинского района Удмуртской Республики, 2020 г.)

Fig. 2. Yield of barley Pamiati Chepeleva and elements of its structure depending on pre-sowing seed treatment (Voskhod OOO, Balezinsky District, Udmurt Republic, 2020)

**Выводы.** 1. Предпосевная обработка семян не оказала существенного влияния на посевные качества семян, но повлияла на особенности формирования органов проростков. Установлено, что проростки обработанных семян перед посевом отличались лучшим развитием корневой системы. Наиболее мощное её развитие получили проростки при обработке семян баковой смесью Agree's Форсаж + Оплот.

2. Предпосевная обработка семян химическим фунгицидом Оплот и баковой смесью данного фунгицида с органоминеральным удобрением Agree's Форсаж обеспечила лучшую защиту растений от корневых гнилей до достижения полной спелости.

3. Наибольшая урожайность 1,85 т/га, полученная при предпосевной обработке семян смесью Agree's Форсаж + Оплот с последующим опрыскиванием по вегетации Agree's Фосфор, обоснована оптимальным сочетанием

количества продуктивных растений 430 шт./м<sup>2</sup>, а также массы зерна с колоса 0,52 г. Урожайность 1,82 и 1,80 т/га при обработке семян препаратом Оплот и баковой смесью Agree's Форсаж + Оплот обоснована увеличением количества зерна в колосе до 15,0 и 14,6 шт. и массой зерна с колоса 0,55 и 0,56 г.

## Список источников

1. Павлова В.В., Дорофеева Л.Л., Кожуховская В.А. Влияние сорта яровой пшеницы на эффективность протравителей против корневых гнилей // Защита и карантин растений. 2006. № 6. С. 28–29.
2. Бабайцева Т.А. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность и посевные качества озимых зерновых культур // Вестник Ижевской ГСХА. 2018. № 2 (55). С. 12–21.
3. Влияние агропестицидов на ассимиляционную поверхность растений яровых зерновых культур / Г.А. Баталова, Ю.Е. Ведерников, Е.М. Лисицын [и др.] // Достижения науки и техники. 2017. № 6. С. 39–42.
4. Медведева И.Н., Чирков С.В. Влияние пестицидов и их сочетаний на урожайность ярового ячменя на фоне различной обеспеченности дерново-подзолистой почвы элементами питания в Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 59–70.
5. Постовалов А.А. Реакция микроорганизмов ризосферы ярового ячменя на минеральные удобрения и биопрепараты // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 4 (28). С. 39–45.
6. Колесникова В.Г. Реакция сортов овса посевного на предпосевную обработку семян препаратом Жусс-1 (В+Cu) // Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 52–58.
7. Сайдяшева Г.В., Кузина Е.В. Эффективность применения биоминеральных, минеральных удобрений и биопрепарата Бисолбифит при возделывании ярового ячменя в Среднем Поволжье // Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 82–89.
8. Effect of microbial-based inoculants on nutrient concentrations and early root morphology of corn (zea mays) / P. Colvo, J.W. Kloepper, D.B. Watts et al // Journal of plant nutrition and soil science. 2017. Vol. 180. N. 1. P. 56–70.
9. Применение ростостимуляторов при возделывании яровой мягкой пшеницы / Н.А. Воронкова, Н.Ф. Балабанова, В.А. Волкова [и др.] // Достижения науки и техники. 2020. № 10. С. 73–77.
10. Карпова Л.В., Строгонова А.Н., Четвериков Ф.П. Формирование урожая, посевных качеств и урожайных свойств семян яровой мягкой пшеницы под влиянием удобрений минеральных в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 4. С. 23–27.
11. Бабайцева Т.А., Слюсаренко В.В. Влияние предпосевной обработки семян озимой тритикале на особенности их прорастания // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. №4-2 (47). С. 90-12. DOI: 10.12737/article\_5a7dd6e829ab12.39261786
12. The effect of different organic fertilizers on yield and soil and crop nutrient concentrations / C.L. Thomas, G.E. Acquah, A.P. Whitmore et al // Agronomy. 2019. N. 9 (12). P. 1–16.
13. Результаты государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур за 2017-2019 гг. Характеристики сортов сельскохозяйственных культур, вновь включённых в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к использованию по Удмуртской Республике. Можга, 2020. С. 31.
14. Методика определения силы роста. Москва, 1983. - 14 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

## THE INFLUENCE OF PRE-SOWING SEED TREATMENT AND SPRAYING OF CROPS ON THE FORMATION OF YIELDS OF SPRING BARLEY

©2022. Tatiana A. Antipova<sup>1✉</sup>, Tatiana A. Babaytseva<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia,

<sup>1</sup>tatyanka.antipova.95@mail.ru

<sup>2</sup>taan62@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of scientific research on the use of agricultural techniques in the technology of cultivation of barley Pamiati Chepeleva on seed germination, disease infestation, yield and its structure. The research was carried out in the Izhevsk State Agricultural Academy in 2019-2021. In the experiments, the effect of drugs of various groups was studied: Agree's Forsazh, Agree's Fosphor – liquid organo-mineral fertilizers, Gumat +7 – fertilizer based on humic acids,

Microvit Standard – micronutrient, Melafen – growth regulator, Pseudobacterin-2, Zh and Flavobacterin – biological fungicides, Oplot – chemical fungicide. The consumption of the working solution for pre-sowing seed treatment is 10 l/t, spraying of crops in the tillering phase is 300 l/t. The plot area is 25 m<sup>2</sup>. As a result of the conducted studies, it was found that the seedlings of the treated seeds before sowing were distinguished by the best development of the root system. Its most powerful development was obtained by seedlings when processing seeds with the tank mixture of Agree's Forsazh + Oplot, forming an average root length of 17.3 cm, which is 0.9 cm longer than in the control version. The average number of roots was 5.6 pcs. It was proved that the yield depended on root rot damage in the tillering phase by 19% and in the full ripeness phase by 35%. The best protection against damage was provided by pre-sowing treatment of seeds with chemical fungicide Oplot, as well as tank mixtures with its participation. It was found that the highest grain yield of 1.80–1.85 t/ha was formed in variants with the use of the tank mixture of Agree's Forsazh + Oplot, the chemical fungicide Oplot, as well as with a combination of pre-sowing seed treatment with the mixture of Agree's Forsazh + Oplot followed by spraying on the vegetation of plants of Agree's Fospor. The results obtained in the experiments were confirmed in the production conditions in one of the seed farms of the Udmurt Republic.

**Key words:** barley, pesticides, pre-sowing seed treatment, plant spraying, yield.

#### References

1. Pavlova V.V., Dorofeeva L.L., Kozhukhovskaya V.A. Vliyanie sorta yarovoi pshenitsy na effektivnost' protivitelei protiv kornevykh gnilei (The influence of spring wheat varieties on the effectiveness of protectants against root rot), *Zashchita i karantin rastenii*, 2006, No. 6, pp. 28-29.
2. Babaitseva T.A. Vliyanie predposevnoi obrabotki semyan na urozhainost' i posevnye kachestva ozimnykh zernovykh kul'tur (The effect of pre-sowing seed treatment on the yield and sowing qualities of winter grain crops), *Vestnik Izhevskoi GSKhA*, 2018, No. 2 (55), pp. 12-21.
3. Vliyanie agropetsitsidov na assimilyatsionnyuyu poverkhnost' rastenii yarovykh zernovykh kul'tur (The effect of agropesticides on the assimilation surface of spring grain crops), G.A. Batalova, Yu. E. Vedernikov, E.M. Lisitsyn [i dr.], *Dostizheniya nauki i tekhniki*, 2017, No. 6, pp. 39-42.
4. Medvedeva I. N., Chirkov S.V., Vliyanie pestitsidov i ikh sochetanii na urozhainost' yarovogo yachmenya na fone razlichnoi obespechennosti demovo-podzolistoi pochvy elementami pitaniya v Predural'e (The effect of pesticides and their combinations on the yield of spring barley against the background of different provision of sod-podzolic soil with nutrients in Preduralie), *Permski agrarnyi vestnik*, 2020, No. 1 (29), pp. 59-70.5.
5. Postovalov A.A. Reaktsiya mikroorganizmov rizosfery yarovogo yachmenya na mineral'nye udobreniya i biopreparaty (Reaction of spring barley rhizosphere microorganisms to mineral fertilizers and biological products), *Vestnik Kurganskoi GSKhA*, 2018, No. 4 (28), pp. 39-45.
6. Kolesnikova V.G. Reaktsiya sortov ovsy posevnogo na predposevnyuyu obrabotku semyan preparatom Zhuss-1 (B+Cu) (Reaction of oat varieties to pre-sowing seed treatment with the preparation Zhuss-1 (B+Cu)), *Permskii agrarnyi vestnik*, 2021, No. 4 (36), pp. 52-58.
7. Saidyasheva G.V., Kuzina E.V. Effektivnost' primeneniya biomineral'nykh, mineral'nykh udobrenii i biopreparata Bisolbifit pri vozdeleyanii yarovogo yachmenya v Srednem Povolzh'e (The effectiveness of the use of biomineral, mineral fertilizers and biologics Bisolbifit in the cultivation of spring barley in the Middle Volga region), *Permskii agrarnyi vestnik*, 2018, No. 4 (24), pp. 82-89.
8. Effect of microbial-based inoculants on nutrient concentrations and early root morphology of corn (zea mays) / P. Colvo, J.W. Kloepper, D.B. Watts et al // *Journal of plant nutrition and soil science*. 2017. Vol. 180. N. 1. P. 56-70.
9. Primenenie rostostimulyatorov pri vozdeleyanii yarovoi myagkoi pshenitsy (The use of growth stimulators in the cultivation of spring soft wheat), N.A. Voronkova, N.F. Balabanova, V.A. Volkova [i dr.], *Dostizheniya nauki i tekhniki*, 2020, No. 10, pp. 73-77.
10. Karpova L.V., Strogonova A.N., Chetverikov F.P. Formirovanie urozhaya, posevnykh kachestv i urozhainykh svoystv semyan yarovoi myagkoi pshenitsy pod vliyaniem udobrenii mineral'nykh v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya (Formation of yield, sowing qualities and yield properties of spring wheat seeds under the influence of mineral fertilizers in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region), *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2020, No. 4, pp. 23-27.
11. Babaitseva T.A., Slyusarenko V.V. Vliyanie predposevnoi obrabotki semyan ozimoi tritcale na osobennosti ikh prorstaniya (The influence of pre-sowing treatment of winter tritcale seeds on the features of their germination), *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 4-2 (47), pp. 9-12, DOI: 10.12737/article\_5a7dd6e829ab12.39261786
12. The effect of different organic fertilizers on yeld and soil and crop nutrient concentrations / C.L. Thomas, G.E. Acquah, A.P. Whitmore et al, *Agronomy*, 2019. No. 9 (12), P. 1-16.



13. Rezul'taty gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur za 2017-2019 gg (Results of the state variety testing of agricultural crops for 2017-2019), Kharakteristiki sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur, vnov' vkluchennykh v Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii i dopushchennykh k ispol'zovaniyu po Udmurtskoi Respublike, Mozhga, 2020, P. 31.

14. Metodika opredeleniya sily rosta (Methodology for determining the strength of growth), Moskva, 1983, 14 p.

15. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (Methodology of field experience), M.: Agropromizdat, 1985, 351 p.

### *Сведения об авторах*

**Т.А. Антипова**<sup>1</sup>✉ – аспирант;

**Т.А. Бабайцева**<sup>2</sup> – д-р с.-х. наук, доцент.

<sup>1,2</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069

<sup>1</sup>tatyanka.antipova.95@mail.ru

<sup>2</sup>taan62@mail.ru

### *Information about the authors*

**T.A. Antipova**<sup>1</sup>✉ – Postgraduate Student;

**T.A. Babaytseva**<sup>2</sup> – Dr. Agr. Sci., Associate Professor.

<sup>1,2</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studentskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>1</sup>tatyanka.antipova.95@mail.ru

<sup>2</sup>taan62@mail.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 16.05.2022; одобрена после рецензирования 18.05.2022; принята к публикации 08.06.2022.*

*The article was submitted 16.05.2022; approved after reviewing 18.05.2022; accepted for publication 08.06.2022.*

Научная статья  
УДК 631.582:631.8  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_57

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА «ЯЧМЕНЬ + КЛЕВЕР – КЛЕВЕР 1 и 2 ГОДА ПОЛЬЗОВАНИЯ» ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПО ПОСЛЕДЕЙСТВИЮ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

©2022. Татьяна Юрьевна Бортник<sup>1✉</sup>, Константин Сергеевич Клековкин<sup>2</sup>,

Алина Юрьевна Карпова<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск, Россия,

<sup>1</sup>agrohim@izhgsha.ru

**Аннотация.** Исследования 2019-2021 гг. проведены на базе длительного полевого опыта по изучению эффективности различных систем удобрения, заложенного в 1979 г. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве в учхозе «Июльское» Ижевской ГСХА Воткинского района Удмуртской Республики. Почва до закладки опыта была среднеобеспечена подвижным фосфором и калием, слабокислая. Схема опыта включает 17 вариантов, сочетающих различные комбинации органических и минеральных удобрений, а также известковых мелиорантов. В 2019-2021 гг. по последствию 40-летнего использования систем удобрения возделывали ячмень с подсевом клевера, клевер 1 и 2 года пользования. Выявлено существенное последствие практически всех изучаемых систем удобрения; получены достоверные прибавки урожайности зерна ячменя 46,9-79,6 %, зелёной массы клевера 1 года пользования – 14,6-35,2 %, клевера 2 года пользования – 36,9-67,7 % по отношению к абсолютному контролю. Преимущество имеют органоминеральные системы удобрения в сочетании с известью. Систематическое известкование способствует повышению эффективности минеральных и органических удобрений.

**Ключевые слова:** системы удобрения, последствие, ячмень, клевер луговой, урожайность.

**Введение.** Ячмень является основной зернофуражной культурой как в России, так и в Удмуртской Республике. Высокая пластичность и адаптивный потенциал позволяют возделывать его во всех регионах Вятско-Камской земледельческой провинции. Согласно установленным данным [1-5], ячмень достаточно требователен к уровню плодородия почвы и хорошо отзывается на применение удобрений как на прямое их действие, так и на последствие. Многолетние бобовые травы за счёт своих биологических особенностей способны повысить продуктивность севооборота и сохранить плодородие пахотных почв. Среди

многолетних бобовых трав клевер луговой является наиболее распространённым видом в Удмуртской Республике. С одной стороны, продукция клевера является полноценным кормом для сельскохозяйственных животных, а с другой стороны, возделывание клевера способствует повышению эффективного плодородия почв за счёт поступления пожнивно-корневых остатков и накопления биологического азота [6-12]. В целом введение клевера лугового в севооборот, как и других многолетних бобовых трав, оказывает комплексное положительное действие на продуктивность последующих культур се-

вооборота и почву [13-14]. Так, под влиянием клевера улучшаются физические, физико-химические и биологические свойства почв. Процесс симбиотической азотфиксации на корнях клевера способствует обогащению почв доступным азотом, косвенно улучшая экологическую обстановку в агроценозе [15-17].

*Цель исследований* – изучить последствие различных систем удобрения на продуктивность звена севооборота «ячмень + клевер – клевер 1 и 2 года пользования» при выращивании на дерново-подзолистой почве.

**Методика.** Исследования проведены в длительном полевом опыте кафедры агрохимии и почвоведения Ижевской ГСХА, который был заложен в 1979 г. на опытном поле АО «Учхоз «Июльское» Ижевской ГСХА» Воткинского района Удмуртской Республики. Данный опыт входит в Географическую сеть опытов с удобрениями РФ.

Схема опыта включает 17 вариантов различных сочетаний и соотношений органических и минеральных удобрений на фоне известкования и без него (табл. 2-4). Повторность четырёхкратная, размещение делянок в повторениях рендомизированное, площадь учётной делянки – 95 м<sup>2</sup>. С 1979 г. исследования проводятся в севообороте: занятый пар (горохоовсяная или викоовсяная смесь) – озимые зерновые (рожь или тритикале) – пропашные (картофель, кормовая

свёкла) – ячмень. В настоящее время идёт Х ротация севооборота. Дозы внесения минеральных удобрений определяли по зональным рекомендациям. Удобрения (аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий) вносили поделочно вручную весной перед посевом во все годы исследований. Средние ежегодные одинарные дозы элементов питания за 40-летний период внесения составили N<sub>63</sub>P<sub>64</sub>K<sub>64</sub>. Известь вносили один раз в восемь лет; последний раз известкование проведено весной 2009 г. Дозу известки определяли по гидролитической кислотности. Подстилочный полуперепревший навоз КРС вносили один раз в четыре года под пропашную культуру, последний раз внесли весной перед посадкой картофеля в 2015 г. в дозах из расчёта 20 и 40 т/га.

В 2019-2021 гг. изучали последствие ранее использованных систем удобрения (т.е. удобрения в эти годы не вносили) на ячмене с подсевом клевера, в 2020 г. – на клевере I года и в 2021 г. – на клевере II года пользования.

Почва опытного участка дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на красно-буром опесчанном суглинке, типичная для условий Удмуртской Республики и Вятско-Камской земледельческой провинции (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы перед закладкой опыта (А<sub>п</sub>), Удмуртская республика, 1979 г.

Гумус, %	рН <sub>KCl</sub>	S	Hг	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		ммоль / 100 г почвы			по Кирсанову, мг/кг почвы	
2,15	5,25	10,8	2,75	79,7	69	91

Перед закладкой опыта почва была среднегумусированной, имела слабокислую реакцию и повышенную степень насыщенности основаниями, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия средняя.

Согласно природно-сельскохозяйственному районированию России, удмуртская республика отнесена к Вят-

ско-Камской провинции южно-таёжной подзоны дерново-подзолистых почв. Для данной местности средняя многолетняя годовая температура воздуха составляет 1,5 °С; продолжительность вегетационного периода с температурой более 5 и 10 °С – соответственно 164 и 123 дня; длительность безморозного периода – 120 и 125 дней; сумма

активных температур (более 10 °С) – 1900-2000 °С; средняя многолетняя сумма осадков за год – 475-500 мм, за вегетационный период – 250-270 мм. Средняя высота снежного покрова – 45-55 см; гидротермический коэффициент – 1,1; приход фар за вегетационный период с температурой выше 10°С – 2,0-2,5 млрд Ккал/га. Климатические условия данной местности позволяют получать высокие урожаи возделываемых сельскохозяйственных культур, особенно при улучшении использования агроклиматических ресурсов (солнечной энергии, осадков) [18].

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2019 г. Отличались от среднемноголетних данных. Так, в период вегетации растений ячменя среднемесячная температура была существенно ниже нормы – на 0,8-3,3°С. Особенно отличались сравнительно низкими температурами май, июль и август. В то же время в эти месяцы выпало значительно больше осадков по сравнению со среднемноголетними нормами; в августе количество выпавших осадков в 2,5 раза превысило среднемноголетний показатель. Количество выпавших осадков в сочетании с относительно низкими температурами способствовало затягиванию созревания зерна и затруднило уборку, что, в свою очередь, повлияло на уровень урожайности. Вегетационный период 2020 г. Также отличался от среднемноголетних данных. Так, в течение первой половины вегетации растений клевера (июнь), среднемесячная температура была существенно ниже нормы – на 1,7°С. В то же время в июне количество выпавших осадков существенно отличалось от среднемноголетней нормы и составило 50,2 %. Относительно низкие температуры июня и недостаток осадков способствовали затягиванию развития растений, однако высокие температуры июля в сочетании с высоким выпадением осадков (152,0 % к среднемноголетней норме) способствовали быстрому наращиванию вегетативной массы и повышению урожайности клевера лугового. В 2021 г. в апреле выпало осадков 203 % от среднемноголетней нормы,

что в сочетании с температурой на 1,4 °С выше нормы привело к хорошему отрастанию растений клевера. Однако в мае количество осадков резко сократилось (47 % от нормы), а среднемесячная температура возросла до 16,9°С, что сдерживало рост и развитие растений. Подобные агрометеорологические условия продолжались и в июне – количество осадков всего 50 % от среднемноголетней нормы и среднемесячная температура на 3,3°С выше многолетних данных. Таким образом, жаркая и сухая погода привела к формированию низкого уровня урожайности зелёной массы клевера 2-го года пользования.

Технология возделывания ячменя сорта Сонет и клевера лугового сорта ВИК 7 в опыте – общепринятая для условий удмуртской республики. Учеты, наблюдения и анализы проводили в соответствии с общепринятыми методиками.

**Результаты.** Ячмень в 2019 г. возделывался по второму, а клевер в 2020-2021 гг. – по третьему и четвёртому году последствия систем удобрения, которые применялись в 1979-2018 гг.

При высоком увлажнении и относительно низких температурах вегетационного периода 2019 г., без применения удобрений, был получен средний уровень урожайности ячменя – в пределах 1,13-2,03 т/га (табл. 2). Однако в этих условиях проявилось последствие ранее внесённых удобрений. Получены существенные прибавки урожайности зерна к абсолютному контролю в пределах 0,53-0,90 т/га, что соответствует 46,9-79,6 %. Это увеличение урожайности выявлено при использовании полного минерального удобрения в сочетании с систематическим известкованием (варианты 6 и 11), а также при использовании органоминеральных систем удобрения на фоне извести (варианты 8-9 и 12-15). Парные сочетания элементов питания, использование органической системы на фоне извести и полное минеральное удобрение без известкования не способствовали достовер-

ному повышению урожайности, т.е. последствие этих систем удобрения не выявлено. Не проявилось также и последствие извести, которая в последний раз была внесена в 2009 г. Однако, если сравнить варианты 6 и 7, то выра-

жена тенденция повышения урожайности от известкования; и при использовании сочетания известь + NPK (вариант 6) получена достоверная прибавка к контролю 0,56 т/га.

Таблица 2

Последствие длительного применения систем удобрений на урожайность зерна ячменя, т/га (Удмуртская Республика, 2019 г.)

Вариант	Урожайность	Отклонение к контролю	Отклонение за счёт последствия		
			известн	мин. удобрений	орг. удобрений
1. Без удобрений (к)	1,13	-	-	-	-
2. Известь	1,22	0,09	0,09	-	-
3. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	1,47	0,34	-	0,25	-
4. Известь + N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,38	0,25	-	0,16	-
5. Известь + P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,35	0,22	-	0,13	-
6. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,69	0,56	0,18	0,47	-
7. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,51	0,38	-	0,38	-
8. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,01	0,88	-	0,64	0,32
9. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1,5</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1,5</sub>	2,03	0,90	-	0,66	-
10. Известь + навоз 40 т/га	1,37	0,24	-	-	0,15
11. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + NPK экв. навозу	1,75	0,62	-	0,53	-
12. Известь + навоз 20 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,68	0,55	-	-	-0,01
13. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0,5</sub>	1,86	0,73	-	0,49	-
14. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1</sub>	1,86	0,73	-	0,49	-
15. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1,5</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,66	0,53	-	0,29	-
16. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	1,29	0,16	-	-0,08	0,04
17. Известь + N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	1,25	0,12	-	0,03	-
НСР <sub>05</sub>			0,46		

Таким образом, на фоне известкования повышается эффективность полного минерального удобрения в последствии. Следует отметить также преимущество одинарных доз NPK на фоне навоза и извести (вариант 8) по отношению к половинным (вариант 16), где достоверное отклонение составило 0,72 т/га. При увеличении доз NPK в 1,5 раза существенного увеличения урожайности не выявлено.

Растения клевера образовали мощную розетку под покровом ячменя в 2019 г., хорошо перезимовали и в относительно благопри-

ятных условиях вегетационного периода 2020 г. Сформировали высокую урожайность зелёной массы в пределах 30,7-41,5 т/га (табл. 3).

Последствие систем удобрения способствовало получению достоверной прибавки урожайности по всем вариантам длительного опыта – в пределах 14,6-35,2 % по отношению к абсолютному контролю. Проявилось даже последствие извести, внесённой последний раз в 2009 г., получена прибавка 15,3 % по отношению к контролю.

Последствие длительного применения систем удобрений  
на урожайность зелёной массы клевера лугового, т/га (Удмуртская Республика, 2020 г.)

Вариант	Урожайность	Отклонение к контролю	Отклонение за счёт последствия		
			известки	мин. удобрений	орг. удобрений
1. Без удобрений (к)	30,7	-	-	-	-
2. Известь	35,4	4,7	4,7	-	-
3. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	37,0	6,3	-	1,6	-
4. Известь + N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	35,1	4,4	-	-0,3	-
5. Известь + P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	37,1	6,4	-	1,7	-
6. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	39,6	8,9	3,9	4,2	-
7. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	35,7	5,0	-	5,0	-
8. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	41,5	10,8	-	6,1	1,9
9. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1,5</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1,5</sub>	39,4	8,7	-	4,0	-
10. Известь + навоз 40 т/га	35,4	4,7	-	-	0,0
11. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + NPK экв. навозу	38,7	8,0	-	3,3	-
12. Известь + навоз 20 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	37,4	6,7	-	-	-2,2
13. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0,5</sub>	37,5	6,8	-	2,1	-
14. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1</sub>	40,8	10,1	-	5,4	-
15. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1,5</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	39,0	8,3	-	3,6	-
16. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	36,5	5,8	-	1,1	1,3
17. Известь + N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	35,2	4,5	-	-0,2	-
НСР <sub>05</sub>			4,2		

При этом именно на фоне известки проявилось последствие минеральных удобрений в вариантах 8 и 14 при использовании органо-минеральной системы удобрения с полными дозами NPK или с повышенным применением фосфора; прибавки составили 19,9 и 17,6 % по отношению к фону известкования.

Не выявлено последствие органических удобрений. Последствие отдельных элементов питания в пределах ошибки опыта. Однако, в варианте 6 получена достоверная прибавка от последствия фосфора по отношению к варианту известь + НК. Следует также отметить, что применение полных доз минеральных удобрений (варианты 8 и 6) способствовало получению достоверного увеличения урожайности зелёной массы по сравнению с половинными дозами (варианты 16 и 17). В то же время увеличение доз минеральных удобрений в полтора раза в последствии не привело к возрастанию урожайности зелёной массы клевера.

В 2021 г. перезимовка растений клевера была хуже, чем в 2020 г. Были выражены местами даже выпадения растений, особенно на вариантах, где не проводилось известкование. Агрометеорологические условия вегетационного периода 2021 г. Не способствовали хорошему отрастанию растений; проявилась также засорённость участков относительно равномерно по всему опыту.

В связи с этим масса растений была значительно меньше, урожайные данные представлены в таблице 4. Несмотря на относительно невысокую урожайность зелёной массы, выявлено существенное последствие систем удобрения практически во всех сочетаниях, кроме вариантов 2 (только известкование), 5 (известь + РК), 7 (только минеральные удобрения NPK) и 17 (известь + половинные дозы NPK). Достоверные прибавки урожайности зелёной массы относительно контроля составили 0,97-1,78 т/га, что соответствует 36,9-67,7 %.

Последствие длительного применения систем удобрений  
на урожайность зелёной массы клевера лугового 2 года пользования, т/га  
(Удмуртская Республика, 2021 г.)

Вариант	Урожайность	Отклонение к контролю	Отклонение за счёт последствия		
			известн	мин. удобрений	орг. удобрений
1. Без удобрений (к)	2,63	-	-	-	-
2. Известь	2,95	0,32	0,32	-	-
3. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	3,60	0,97	-	0,65	-
4. Известь + N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,00	1,37	-	1,05	-
5. Известь + P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,26	0,63	-	0,31	-
6. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,25	1,62	0,79	1,30	-
7. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,46	0,83	-	0,83	-
8. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,23	1,60	-	0,43	-0,02
9. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1,5</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1,5</sub>	4,41	1,78	-	0,61	-
10. Известь + навоз 40 т/га	3,80	1,17	-	-	0,85
11. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> + NPK экв. навозу	3,61	0,98	-	0,66	-
12. Известь + навоз 20 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,64	1,01	-	-	-0,61
13. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>0,5</sub>	3,64	1,01	-	-0,16	-
14. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1</sub>	3,91	1,28	-	0,11	-
15. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1,5</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,80	1,21	-	0,04	-
16. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	3,70	1,07	-	-0,1	0,21
17. Известь + N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	3,49	0,86	-	0,54	-
НСР <sub>05</sub>			0,87		

Не прослеживается существенное последствие извести. Последствие органических удобрений, систематически вносившихся в дозе 40 т/га, также выражено на уровне положительной тенденции. Минеральные удобрения в последствии не способствовали получению достоверных прибавок урожайности за исключением азотно-калийных удобрений и NPK на фоне извести (варианты 4 и 6). Не установлено также преимущество минеральных или органических удобрений в последствии и полуторных доз NPK по отношению к полным или полным доз по отношению к половинным. Очевидно, на 4-й год последствие систем удобрения выражено недостаточно ярко. Кроме того, и агрометеорологические условия 2021 г. не способствовали формированию достаточно высокого уровня урожайности клевера 2-го года пользования.

**Выводы.** В результате проведения исследований в длительном полевом опыте по изучению эффективности последствия 40-летнего использования различных систем удобрения в севообороте выявлены следующие закономерности.

1. При возделывании ячменя в 2019 г. минеральные и органоминеральные системы

удобрения на фоне известкования (второй год последствия) способствовали получению достоверных прибавок зерна ячменя 46,9-79,6 % к абсолютному контролю. Последствие извести на 10-й год от внесения несущественно. Не выявлено последствие навоза на 5-й год после внесения. Систематическое известкование повышает эффективность минеральных удобрений.

2. Клевер 1 года пользования при возделывании по последствию 40-летнего внесения удобрений показал высокую эффективность всех изучаемых систем удобрения, достоверные прибавки зелёной массы составили 14,6-35,2 % по отношению к контролю, преимущество имеют органоминеральные системы в сочетании с известью. Выявлено существенное последствие извести на 11-й год после её внесения – получена прибавка урожайности 15,3 %. Не проявилось последствие навоза на 6 год после внесения.

3. При возделывании клевера 2-го года пользования не выявлено существенное влияние известкования (12-й год последствия), однако на фоне извести получены достоверные прибавки урожайности зелёной

массы по последствию минеральных и органо-минеральных систем удобрения в пределах 36,9-67,7 % по отношению к контролю. Последствие минеральных удобрений без фона

известности не установлено. Систематическое использование навоза в севообороте эффективно лишь на фоне известкования.

#### Список источников

1. Башков А.С., Бортник, Т.Ю., Карпова А.Ю., Загребина М.Н. Совершенствование системы удобрений ячменя в современных условиях // Аграрный вестник Урала. 2014. № 10. С. 14-18.
2. Макаров В.И., Суыгин П.Ф. Эффективность удобрений в земледелии Удмуртской Республики // Плодородие. № 3. 2014. С. 23-24.
3. Акманаева Ю.А. Продуктивность ячменя сорта Биос-1 в зависимости от содержания элементов питания в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве // Таврический научный обозреватель. 2017. №3-1. С. 88-90.
4. Teye B.A., Asfaw F.F., Yirsaw B.G., Alen A.A. Modeling the impact of climate and fertilizer on barley production // American Journal of Biological and Environmental Statistics. 2021. №7(2). P. 44-51.
5. Бортник Т.Ю., Игнатъев А.В. Агротехническая эффективность биологических удобрений азотом и фосфором при возделывании ячменя в условиях вятско-камской земледельческой провинции // Плодородие. 2021. № 5. С. 80-83.
6. Холзаков В.М. Достоинства клевера лугового // Земледелие. 2001. № 5. С. 28.
7. Шрамко Н.В., Мельцаев И.Г., Вихорева Г.В. Бобовые травы – основа кормопроизводства и повышения плодородия дерново-подзолистых почв нечернозёмной зоны // Кормопроизводство. 2008. № 3. С. 2-3.
8. Мингалев С.К., Лаптев В.Р. Влияние многолетних бобовых трав и способов их использования на урожайность культур севооборота // Аграрный вестник Урала. 2013. № 6. С. 4-5.
9. Зубарев Ю.Н. Вопросы полевого травосеяния в Предуралье. М.: МСХА, 2003. 276 с.
10. Sihnidtker, K., Rauber R. Gefardet der Leyumionsenanbau im okologisihen Landbau die Grundwasser gualitat? // Biolang. 1990. № 5. P. 15–18.
11. Jones, R., Abberton M., Weller R. Enhance the role red clover for sustainable UK agriculture // IGER Innov. 2003. № 7. P. 36-39.
12. Постников П.А., Попова В.В. Продуктивность клевера в полевых севооборотах // Пермский аграрный вестник. 2014. № 2(6). С. 29-34.
13. Monnier, G. Action des matieres organiques sur la stabilite structural des sols // Ann. Agronomy. 1965. № 5. P. 471–484.
14. Lutke Entrud, E. Feldfruchte fur eine gesunde Fruchtfolge // Dts. Bauernzeitung. 1967. № 1. P. 5.
15. Волошин, Е.И., Аветисян А.Т. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав. Красноярск, 2017. 31 с.
16. Fontaine D., Kristensen R.K., Rasmussen J., Eriksen J. Data on growth, uptake and fixation of grass-clover leys fertilized with mineral N fertilizer and cattle slurry // Data in Brief. №42 (2022) 107998. P. 2352-3409.
17. Mehmet Arif Ozyazici, Semih Acikbas, Harun Bektas. Legumes processing and potential: The use of red clover (Trifolium pratense) in soil fertility-building. A Review. 2021. 53 p.
18. Агротехнический справочник по Удмуртской АССР. Л.: Гидрометеониздат, 1961. 116 с.

## THE PRODUCTIVITY OF THE LINK «BARLEY + CLOVER – CLOVER 1 AND 2 YEARS OF USE» WHEN CULTIVATING ACCORDING TO THE AFTEREFFECT OF VARIOUS FERTILIZATION SYSTEMS

©2022. Tatyana Yu. Bortnik<sup>1✉</sup>, Konstantin S. Klekovkin<sup>2</sup>, Alina Yu. Karpova<sup>3</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia,

<sup>1</sup>agrohim@izhgha.ru

**Abstract.** Research (2019-2021) was carried out on the basis of a long-term field experiment to study the effectiveness of various fertilization systems. Field experiment was established in 1979 on soddy-medium-podzolic medium loamy soil in the Uchkhov Iyulskoye of the Izhevsk State Agricultural Academy of the Votkinsk District of the Udmurt Republic. The soil before the experiment was slightly acidic with an average supply of mobile forms of phosphorus and potassium. The experiment scheme includes 17 variants of various combinations of organic and mineral fertilizers with and without liming. In 2019-2021 barley with additional seeding of clover, clover 1 and 2 years of use were cultivated according to the aftereffect of 40 years of use of fertilization systems. A significant aftereffect of almost all the studied fertilization systems, expressed in significant increases in relation to the



absolute control in the yield of barley grain 46.9-79.6%, green mass of clover 1 year of use – 14.6-35.2%, clover 2 years of use – 36.9-67.7%, revealed. Organo-mineral fertilization systems in combination with lime have an advantage. Systematic liming improves the efficiency of mineral and organic fertilizers.

**Key words:** fertilization systems, aftereffect, barley, red clover, yield.

#### References

1. Bashkov A.S., Bortnik, T.Ju., Karpova A.Ju., Zagrebina M.N. Sover-shenstvovanie sistemy udobrenij jachmenja v sovremennyh usloviyah (Improving the system of barley fertilizers in modern conditions), Agrarnyj vestnik Urala, 2014, No.10, P. 14-18.
2. Makarov V.I., Sutygin P.F. Jefferktivnost' udobrenij v zemledelii Udmurtskoj Respubliki (Efficiency of fertilizers in agriculture of the Udmurt Republic), Plodorodie, No. 3, 2014, P. 23-24.
3. Akmanaeva Ju.A. Produktivnost' jachmenja sorta Bios-1 v zavisimosti ot sodержaniya jelementov pitaniya v der-novo-melkopodzolistoj tjazhelosuglinistoj pochve (Productivity of barley variety Bios-1 depending on the content of nutrients in soddy-fine podzolic heavy loamy soil), Tavricheskij nauchnyj obozrevatel', 2017, No.1, P. 88-90.
4. Taye B.A., Asfaw F.F., Yirsaw B.G., Alen A.A. Modeling the impact of climate and fertilizer on barley production // American Journal of Biological and Envi-ronmental Statistics, 2021, No.7(2), P. 44-51.
5. Bortnik T.Ju., Ignat'ev A.V. Agronomicheskaja jefferktivnost' bio-logicheskikh udobrenij Azotovit i Fosfatovit pri vozdelevanii jachmenja v uslo-vijah Vjatsko-Kamskoj zemledel'cheskoj provincii (Agronomic efficiency of biological fertilizers Azotovit and Phosphatovit in the cultivation of barley in the conditions of the Vyatka-Kama agricultural province), Plodorodie, 2021, No. 5, P. 80-83.
6. Holzakov V.M. Dostoinstva klevera lugovogo (Benefits of red clover), Zemledelie, 2001, No. 5, P. 28.
7. Shramko N.V., Mel'caev I.G., Vihoreva G.V. Bobovye travy – osno-va kormoproizvodstva i povyshenija plodorodija der-novo-podzolistyh pochv Ne-chernozjomnoj zony (Leguminous grasses are the basis for fodder production and increasing the fertility of soddy-podzolic soils of the Nonchernozem zone), Kormoproizvodstvo, 2008, No. 3, P. 2-3.
8. Mingalev S.K., Laptev V.R. Vlijanie mnogoletnih bobovyh trav i sposobov ih ispol'zovanija na urozhajnost' kul'tur sevooborota (Influence of perennial leguminous grasses and methods of their use on crop rotation crop yield), Agrarnyj vestnik Urala, 2013, No. 6, P. 4-5.
9. Zubarev Ju.N. Voprosy polevogo travosejanija v Predural'e (Issues of field grass sowing in the Preduralie), M, MSHA, 2003, 276 p.
10. Sihmidtke, K., Rauber R. Gefardet der Leyumionsenanbau im ekologisi-hen Landbau die Grundwasser qualität?, Biolang, 1990, No.5, P. 15-18.
11. Jones, R., Abberton M., Weller R. Enhancing the role red clover for sus-tainable UK agriculture, IGER Innov, 2003, No. 7, P. 36-39.
12. Postnikov P.A., Popova V.V. Produktivnost' klevera v polevyh sevooborotah (Clover productivity in field crop rotations), Permskij agrarnyj vestnik, 2014, No. 2(6), P. 29-34.
13. Monnier, G. Action des matieres organiques sur la stabilite structural des sols, Ann. Agronomy, 1965, No. 5, P. 471-484.
14. Lutke Entrud, E. Feldfruchte für eine gesunde Fruchtfolge, Dts. Bau-ernzeitung, 1967, No. 1, P. 5.
15. Voloshin, E.I., Avetisjan A.T. Rukovodstvo po udobreniju mnogoletnih bobovyh trav (Fertilization guide for perennial legumes), Krasnojarsk, 2017, 31 p.
16. Fontaine D. Kristensen R.K., Ras-mussen J., Eriksen J. Data on growth, uptake and fixation of grass-clover leys fertilized with mineral N fertilizer and cattle slurry / Data in Brief, No.42 (2022) 107998, P. 2352-3409.
17. Mehmet Arif Ozyazici, Semih Acikbas, Harun Bektas. Legumes processing and potential: The use of red clover (Trifolium pratense) in soil fertility-building. A Review 2021. 53 p.
18. Agroklimaticheskij spravochnik po Udmurtskoj ASSR (Agroclimatic guide for the Udmurt ASSR), L.: Gidrometeoizdat, 1961. 116 p.

#### Сведения об авторах

**Т.Ю. Бортник**<sup>1✉</sup> – д-р с.-х. наук, доцент;

**К.С. Клековкин**<sup>2</sup> – аспирант;

**А.Ю. Карпова**<sup>3</sup> – канд. с.-х. наук;

<sup>1,2,3</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Кирова, 16, г. Ижевск, Россия, 426033

<sup>1</sup> agrohim@izhgsha.ru

#### Information about authors

**T.Yu.Bortnik**<sup>1✉</sup> – Dr. Agr. Sci., Associate Professor;

**K.S. Klekovkin**<sup>2</sup> – Postgraduate Student;

**A.Yu. Karpova**<sup>3</sup> – Cand. Agr. Sci.;

<sup>1,2,3</sup> Izhevsk State Agricultural Academy, 16, Kirova St., Izhevsk, Russia, 426033

<sup>1</sup> agrohim@izhgsha.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 05.04.2022; одобрена после рецензирования 12.04.2022; принята к публикации 08.06.2022.*

*The article was submitted 05.04.2022; approved after reviewing 12.04.2022; accepted for publication 08.06.2022.*

---

Научная статья

УДК: 633. 854. 54 :631. 53. 04

doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_65

## ВЛИЯНИЕ СРОКА ПОСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

©2022. Сергей Леонидович Елисеев<sup>1</sup>, Евгений Александрович Ренёв<sup>2</sup>,

Махса Фахим Бинияз<sup>3✉</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия,

<sup>3</sup>mahsa.biniyaz@yandex.ru

**Аннотация.** В работе представлены данные научных исследований влияния срока посева на урожайность семян льна масличного. Трехлетние полевые эксперименты проводили на опытном поле ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Почва опытных участков дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая, наиболее распространенная в регионе. Объект исследований – сорт Уральский. Рассматривали пять сроков посева: первый – при первой возможности посева (контроль); второй и последующие – через 3, 6, 9 и 12 суток после первого срока посева. Установлено, что более благоприятные условия для формирования урожайности складываются при посеве через 12 суток от возможно раннего срока посева. Урожайность при оптимальном сроке посева в среднем достигала 1,02 т/га. Она была на 0,23-0,41 т/га (29-67%) больше, чем при посеве в течение первых 6 суток от возможно раннего срока. Повышение урожайности сорта Уральский при оптимальном сроке связано с увеличением числа коробочек на растении.

**Ключевые слова:** лен масличный, срок посева, урожайность, структура урожайности.

**Введение.** Лен масличный считается традиционной значимой культурой многостороннего применения в технических, пищевых и кормовых целях [3, 5, 6, 10]. В последние годы отмечается интерес к его возделыванию и переработке, т.к. наблюдается увеличение спроса на льнопродукцию. В семенах льна масличного содержится до 50% и более качественного высыхающего масла и до 33% белка. Семена льна богаты пищевыми минералами, витаминами, органическими кислотами, ферментами и другими биологически активными веществами. Стебли лучших сортов льна содержат до 33% волокна [1, 5, 9]. Эта культура возделывается не только для производства масла, но и для изготовления тканей, бумаги, картона и другой продукции [1, 2, 5].

Лен масличный при многоцелевом использовании обеспечивает высокую рента-

бельность производства и считается хорошей предшествующей культурой для зерновых [2].

Для того чтобы получить высокий урожай семян, необходимо создать оптимальное условие для развития и роста растений. Обеспеченность растений влагой, теплом, светом во многом зависит от срока посева. Лен необходимо высевать в оптимальное время, чтобы развитие растений проходило в более благоприятных условиях [7, 8, 11].

Учёные Ижевской ГСХА изучают реакцию масличного льна на отдельные приёмы возделывания. Ими установлено, что в Удмуртской республике на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве при посеве масличного льна через пять дней от возможного раннего срока формируется наибольший урожай семян – 1,06-1,07 т/га [10].

В Пермском крае преобладают почвы тяжелого гранулометрического состава, несколько иные гидротермические условия, что может сказаться на изменении оптимального срока посева культуры по сравнению с рекомендованными в Удмуртской республике. В связи с этим, уточнение срока посева нового сорта льна масличного Уральский является актуальным вопросом в регионе.

*Цель исследований:* уточнить оптимальный срок посева для сорта льна масличного Уральский в Среднем Предуралье.

*Задачи исследований:*

– выявить влияние срока посева на урожайность семян;

– определить показатели структуры урожайности и высоту растений в зависимости от срока посева.

**Методика.** Объект исследований – сорт Уральский. Полевые исследования проводили в 2019-2021 гг. на у опытном поле Пермского ГАТУ. Схема полевого опыта включала следующие варианты: первый срок - посев при первой возможности (контроль), последующие через 3, 6, 9, 12 суток после контроля. Посев льна в первый срок проводили при достижении мягкопластичного состояния почвы. Размещение вариантов систематическое. Повторность в опыте 4-кратная. Площадь делянки: общая – 13,5 м<sup>2</sup>, учетная – 10 м<sup>2</sup>. Опыт закладывали по методике опытного дела, наблюдения и исследования проводили по общепринятым методикам [4].

Предшественник – яровая пшеница. Подготовка почвы к посеву – общепринятая в

регионе при возделывании ранних яровых культур: после уборки предшественника проводили отвальную вспашку (ПЛН -4-35), при подсыхании поверхности почвы проводили боронование зяби (БЗТС-1), перед каждым сроком посева проводили предпосевную культивацию с боронованием в два следа на глубину 5-6 см (КПС-4+БЗСС-1) и прикатывание почвы (ЗККШ-6). Минеральные удобрения вносили в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> в форме азофоски. Посев проводили рядовым способом сеялкой ССНП-16 на глубину 2-3 см. Норма высева всхожих семян – 10 млн шт./га. Дата наступления мягкопластичного состояния почвы была отмечена в 2019 г. 8 мая, 2020 г. – 5 мая, а 2021 г. – 9 мая. Против однолетних и многолетних двудольных сорняков в фазе «елочка» проводили обработку посевов гербицидом Лонтрел – 300, ВР. Норма расхода препарата 0,3 л/га, а против однодольных сорняков применяли гербицид Фюзилад Форте, КЭ. Норма расхода препарата 1 л/га. Уборку проводили в фазе 100% бурых коробочек в посеве поделяночно вручную с последующим обмолом на молотилке МСС-1.

Опыты закладывали на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве, наиболее распространенной в Среднем Предуралье. В таблице 1 приведена агрохимическая характеристика почвы. Почва имеет низкое содержание гумуса, повышенную обеспеченность калием и фосфором. Реакция почвенного раствора слабокислая и близкая к нейтральной.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы

Год	Гумус, %	Физико-химические показатели, мг-экв./ 100 г почвы		V, %	pH <sub>KCl</sub>	Подвижные формы элементов питания, мг/1000 г почвы	
		Нг	S			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2019	2,0	1,55	22,29	93	6,4	232	163
2020	1,8	0,80	22,87	97	5,9	157	168
2021	2,0	1,61	22,39	93	5,2	255	134

Агрометеорологические условия в годы исследований были разные. Особенностью 2019 года было избыточное количество осад-

ков за период вегетации – 522 мм, что на 211 мм выше многолетних данных. Средняя температура воздуха за период вегетации в

2019 г. составила 14,2 °С. Сумма осадков за вегетационный период 2020 года составила 389 мм, что на 78 мм выше средних многолетних значений. В 2020 году в начальный период вегетации отмечена высокая температура и низкое количество осадков, что привело к недружному появлению всходов при посеве через 3 и 6 суток. В 2021 году вегетационный период был теплым, временами жарким, температура воздуха в среднем составила 16,7 °С, сумма осадков – 449 мм, что выше средних многолетних значений на 138 мм. Избыточное выпадение осадков в период созревания привело к увеличению продолжительности вегетации.

**Результаты.** В 2019 году период вегетации от посева до уборки составил 117-133 су-

ток, в 2020 г. 97-117 суток и в 2021 г. 113-125 суток.

При различных погодных условиях в годы исследований лен сформировал полноценные семена. Урожайность семян льна по срокам посева изменяется от 0,61 до 1,02 т/га (табл. 2). Наибольшая урожайность 1,02 т/га была получена при посеве через 12 суток от первой возможности выезда в поле. По сравнению с контрольным вариантом урожайность увеличивается на 0,23 т/га (29%) и на 0,35-0,41 т/га (52-67%) по сравнению с посевом через 3-6 суток ( $HCP_{05} = 0,18$  т/га). Урожайность семян при посеве через 3 суток была существенно ниже на 0,18 т/га, по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 2

Урожайность семян льна масличного в зависимости от срока посева, т/га, среднее за 2019-2021 гг.

Срок посева	Урожайность, т/га	Отклонения от контроля	
		т/га	%
Возможно ранний (к)	0,79	-	100
Через 3 суток	0,61	-0,18	-23
Через 6 суток	0,67	-0,12	-15
Через 9 суток	0,94	0,15	19
Через 12 суток	1,02	0,23	29
$HCP_{05}$	0,18		

Величина урожайности определялась показателями ее структуры (табл. 3). Срок посева не влияет на формирование густоты стояния растений. Однако отмечена тенденция увеличения густоты растений к уборке и выживаемости растений при посеве через 12 суток. Выявлена тесная прямая корреляционная связь этих показателей структуры с урожайно-

стью ( $r=0,9$ ). При посеве в наиболее ранний срок в период всходов отмечается тенденция увеличения количества всходов, где она составила в среднем 456 шт./м<sup>2</sup>. Это приводит к появлению тенденции увеличения густоты стояния растений перед уборкой по сравнению с посевом через 3 и 6 суток.

Таблица 3

Формирование густоты посева льна масличного в зависимости от срока посева, среднее за 2019-2021 гг.

Срок посева	Всходы, шт./м <sup>2</sup>	Растений к уборке, шт./м <sup>2</sup>	Выживаемость растений, %
Возможно ранний (к)	456	365	80
Через 3 суток	391	316	81
Через 6 суток	399	336	85
Через 9 суток	420	368	89
Через 12 суток	439	400	91
r	0,6	0,9	0,9
$HCP_{05}$	F факт < F <sub>05</sub>	F факт < F <sub>05</sub>	F факт < F <sub>05</sub>

Наибольшая урожайность при посеве через 12 суток обусловлена увеличением числа коробочек на растении на 1,2 шт., по сравнению с контролем. При этом также отмечена тенденция увеличения числа семян в плоде на 0,5 шт. и продуктивности растения на 0,07 г. Анализ корреляционной зависимости

урожайности льна от этих элементов структуры урожайности показал, что она тесная и прямая ( $r=0,9$ ) (табл. 4). Масса 1000 семян не зависит от срока посева и не имеет тесной связи с урожайностью.

Таблица 4

Влияние сроки посева на формирование продуктивности растения льна масличного, среднее за 2019-2021 гг.

Срок посева	Коробочек на растении, шт.	Масса 1000 семян, г	Семян в коробочке, шт.	Продуктивность растения, г
Возможно ранний (к)	5,5	7,4	5,7	0,23
Через 3 суток	5,2	7,3	5,7	0,21
Через 6 суток	5,3	7,3	5,6	0,22
Через 9 суток	5,9	7,5	6,5	0,29
Через 12 суток	6,7	7,3	6,2	0,30
r	0,9	0,4	0,9	0,9
НСР <sub>05</sub>	0,9	F факт < F <sub>05</sub>	F факт < F <sub>05</sub>	F факт < F <sub>05</sub>

Отмечена тесная связь урожайности льна масличного с высотой растений перед уборкой (табл. 5). Наибольшей высоты растения льна

достигают при посеве через 12 суток. Она составила 50 см, что на 3-11 см больше, чем в других вариантах (НСР<sub>05</sub> = 2 см).

Таблица 5

Влияние срока посева на высоту льна масличного при уборке, см, среднее за 2019-2021 гг.

Срок посева	Высота растения
Возможно ранний (к)	42
Через 3 суток	39
Через 6 суток	39
Через 9 суток	47
Через 12 суток	50
НСР <sub>05</sub>	2

**Выводы.** Сорт льна масличного Уральский в Среднем Предуралье в условиях Пермского края следует высевать через 12 суток после наступления первой возможности выезда в поле. Это обеспечивает формирование урожайности семян 1,02 т/га, что на 0,35-0,41 т/га (29-67%) больше, чем при посеве в течение первых 6 суток от возможно раннего срока.

Формирование урожайности имеет тесную прямую корреляционную связь с выживаемостью растений за вегетацию, густотой сто-

яния растений перед уборкой, числом коробочек на растении, числом семян в коробочке и продуктивностью растения. При оптимальном сроке посева отмечается существенное увеличение числа коробочек на растении на 1,2 шт. по сравнению с их числом в посеве, проведенном при первой возможности выезда в поле. Высота растений при оптимальном сроке посева выше на 3-11 см.

## Список источников

1. Виноградов Д.В. Возделывание льна масличного сорта Санлин в южной части Нечерноземной зоны России // Главный агроном. 2014. №10. С. 16 -18.
2. Гореева В.Н., Фатыхов И.Ш., Корепанова Е.В., Корепанова К.В. Продуктивность и фотосинтетическая деятельность льна масличного ВНИИМК 620 при разных способах посева и нормах // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 1. С. 40-43.
3. Гореева В.Н., Корепанова Е.В., Кошкина К.В. Влияние сроков посева на продуктивность льна масличного ВНИИМК 620 в условиях Среднего Предуралья // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях : материалы Международной научн.-практ. конф. В 3-х т. Т. 1. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. С. 14-18.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стереотип. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
5. Захарова Я.Н., Корепанова Е.В., Фатыхов И.Ш. Продуктивность сортов льна-долгунца при обработке гербицидами в Среднем Предуралье // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях: материалы Всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. Ижевск, 2013. С. 18–23.
6. Колотов А.П., Синякова О.В. Урожай льна масличного в условиях Среднего Урала // Масличные культуры: научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2015. №3. С. 59 - 62.
7. Колотов А.П., Елсеев С.Л. Лен масличный на Среднем Урале // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 15-19.
8. Корепанова Е.В. Особенности адаптивной технологии возделывания льна-долгунца в Среднем Предуралье // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2011. № 5 С. 17-20.
9. Кушечвич Н.А. Оптимизация элементов технологии возделывания льна в условиях Южного Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2018. С. 36-41.
10. Фатыхов И. Ш., Гореева В.Н., Кошкина К.В., Корепанова Е.В. Реакция льна масличного сорта ВНИИМК 620 на сроки посева в Среднем Предуралье // Науч.-техн.бюллетень ВНИИ масличных культур. 2014. Вып. 1. С. 87–91.
11. Rowland, G.G., Hormis, Y.A. and Rashid, K.Y. 2003 CDC Mons flax. Can J. Plant Sci. 83: 801-802.

## INFLUENCE OF THE SOWING DATE ON THE YIELD OF OIL FLAX IN THE MIDDLE PREDURALIE

©2022. Sergei L. Eliseev<sup>1</sup>, Evgeny A. Renev<sup>2</sup>, Mahsa F. Biniaz<sup>3✉</sup>,

<sup>1,2,3</sup>Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

<sup>3</sup>mahsa.biniaz@yandex.ru

**Abstract.** The paper presents data from scientific studies on the effect of sowing time on the yield of oil flax seeds. Three-year field experiments were carried out on the experimental field of the Perm State Technical University. The soil of the experimental plots is soddy-fine-podzolic heavy loamy, the most common in the region. The object of research is the Uralsky variety. Five terms of sowing were considered: the first – at the first possibility of sowing (control); the second and subsequent ones – 3, 6, 9 and 12 days after the first sowing period. It has been established that more favorable conditions for the formation of yields are formed when sowing 12 days from the earliest possible sowing date. The yield at the optimal sowing time reached an average of 1.02 t/ha. It was 0.23-0.41 t/ha (29-67%) more than when sowing during the first 6 days from the earliest possible date. An increase in the yield of the Uralsky variety at the optimal time is associated with an increase in the number of bolls per plant.

**Key words:** oil flax, seed yield, yield structure, sowing time.

### References

1. Vinogradov D.V. Vozdelyvanie l'na maslichnogo sorta Sanlin v juzhnoj chasti Nechernozemnoj zony Rossii (Cultivation of oilseed flax variety Sanlin in the southern part of the Non-Chernozem zone of Russia), Glavnyj agronom, 2014, No. 10, pp. 16 -18.
2. Goreeva V.N., Fatyhov I.Sh., Korepanova E.V., Korepanova K.V. Produktivnost' i fotosinteticheskaja dejatel'nost' l'na maslichnogo VNIIMK 620 pri raznyh sposobah poseva i normah (Productivity and photosynthetic activity of oil flax VNIIMK 620 with different sowing methods and rates), Dostizhenija nauki i tehniki AПК, 2016, T. 30, No. 1, pp. 40-43.

3. Goreeva V.N., Korepanova E.V., Koshkina K.V. Vlijanie srokov poseva na produktivnost' l'na maslichnogo VNIMK 620 v uslovijah Srednego Predural'ja (Influence of sowing dates on the productivity of oil flax VNIMK 620 in the conditions of the Middle Urals), Agrarnaja nauka – innovacionnomu razvitiju APK v sovremennyh uslovijah : materialy Mezhdunarodnoj nauchn.-prakt. konf. V 3-h t. T. 1. FGBOU VPO Izhevskaja GSHA, 2013, pp. 14-18.
4. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results), 6-e izd., stereotip. M.: ID Al'jans, 2011, 352 p.
5. Zaharova Ja. N., Korepanova E. V., Fatyhov I. Sh. Produktivnost' sortov l'na-dolgunca pri obrabotke gerbicidami v Srednem Predural'e (Productivity of fiber flax varieties when treated with herbicides in the Middle Preduralie), Agrarnaja nauka – innovacionnomu razvitiju APK v sovremennyh uslovijah: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii FGBOU VPO Izhevskaja GSHA, Izhevsk, 2013, pp. 18–23.
6. Kolotov A.P. Sinjakova O.V. Urozhaj l'na maslichnogo v uslovijah Srednego Urala (Harvest of oilseed flax in the conditions of the Middle Urals), Maslichnye kul'tury: nauchno-tehnicheskij bjulleten' VNIMK, 2015, No. 3, pp. 59 - 62.
7. Kolotov A.P., Eliseev S.L. Len maslichnyj na Srednem Urale (Oilseed flax in the Middle Urals), Permskij agrarnyj vestnik, 2014, No. 1 (5), pp. 15-19.
8. Korepanova E.V. Osobennosti adaptivnoj tehnologii vozdeľvanija l'na-dolgunca v Srednem Predural'e (Features of the adaptive technology of fiber flax cultivation in the Middle Preduralie), Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova, 2011, No. 5, pp. 17-20.
9. Kupcevic, N.A. Optimizacija jelementov tehnologii vozdeľvanija l'na v uslovijah Juzhnogo Zaural'ja (Optimization of elements of flax cultivation technology in the conditions of the Southern Zauralie), Vestnik Kurganskoj GSHA, 2018, pp. 36-41.
10. Fatyhov, I. Sh., Goreeva V.N., Koshkina K.V., Korepanova E.V. Reakcija l'na maslichnogo sorta VNIMK 620 na sroki poseva v Srednem Predural'e (Reaction of flax oil-bearing variety VNIMK 620 to sowing dates in the Middle Cis-Urals), Nauch.-tehn.bjulleten' VNII maslichnyh kul'tur, 2014, Vyp. 1, pp. 87–91.
11. Rowland, G. G., Hormis, Y. A. and Rashid, K.Y. 2003 CDC Mons flax. Can J. Plant Sci. 83: 801-802.

*Сведения об авторах*

**С.Л. Елисеев**<sup>1</sup> – д-р с.-х. наук, профессор;

**Е.А. Ренёв**<sup>2</sup> – канд. с.-х. наук, доцент;

**М.Ф. Бинияз**<sup>3</sup> – аспирант.

<sup>1,2,3</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, 23, г. Пермь, Россия, 614990

<sup>3</sup>mahsa.biniyaz@yandex.ru

*Information about the authors*

**S.L. Eliseev**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor;

**E.A. Renev**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

**M.F. Biniyaz**<sup>3</sup> – Postgraduate Student.

<sup>1,2,3</sup> Perm State Agro-Technological University, 23, Petropavlovskaya St., Perm, Russia, 614990

<sup>3</sup>mahsa.biniyaz@yandex.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 26.05.2022; одобрена после рецензирования 28.05.2022; принята к публикации 08.06.2022.  
The article was submitted 26.05.2022; approved after reviewing 28.05.2022; accepted for publication 08.06.2022.*

Научная статья  
УДК 633.111.1"321":631:53.011  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_71

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН РАННЕСПЕЛЫМИ, СРЕДНЕРАННИМИ И СРЕДНЕСПЕЛЫМИ СОРТАМИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

©2022. Александр Михайлович Ленточкин<sup>1✉</sup>, Куклина Екатерина Николаевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск, Россия,

<sup>1</sup>lenalmih@mail.ru

**Аннотация.** Семена являются носителем наследственных признаков родителей и определённых хозяйственно-биологических свойств сорта. Качество семян определяется как наследственными особенностями сорта, так и условиями их формирования. При анализе опубликованных научных статей выявлено, что в условиях ограниченных тепловых ресурсов преимущества имеют скороспелые краснозёрные и красноколосые сорта, но которые чаще всего являются менее урожайными, чем среднеспелые. В связи с глобальным потеплением сумма активных температур в Среднем Предуралье стала больше, и поэтому возрастает интерес к изучению среднеспелых сортов в сравнении с более раннеспелыми. В статье представлены результаты исследования посевных качеств семян урожая зерна 10 сортов яровой пшеницы трёх групп спелости на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой сильнокислой почве с очень низким содержанием гумуса. Установлено, что в среднем за три года, различающихся по условиям вегетационных периодов, испытываемые сорта яровой пшеницы раннеспелой, среднеранней и среднеспелой групп способны формировать семена, отвечающие необходимым требованиям и имеющие значение лабораторной всхожести не ниже 92 %. Среднеранние сорта в среднем обеспечили лабораторную всхожесть семян существенно большую на 2 %, чем раннеспелые сорта (93 %). Сила роста семян имеет большую тесноту связи с полевой всхожестью, чем лабораторная всхожесть. Проведёнными исследованиями было выявлено, что сорта раннеспелой группы имеют существенно более высокое значение силы роста (в среднем 7,61 г), чем сила роста семян среднеранних и среднеспелых сортов; раннеспелый краснозёрный и красноколосый сорт Ирень имел самую высокую силу роста – 7,92 г.

**Ключевые слова:** яровая пшеницы, семена, лабораторная всхожесть, сила роста.

**Введение.** Вклад селекции в повышение урожайности зерновых культур оценивается в 30–70 %. Считается, что по мере усиления климатических изменений эта величина будет неуклонно возрастать [1]. Как Средний Урал [15], так и Среднее Предуралье характеризуются коротким вегетационным периодом и недостатком тепла. В этих условиях целесообразно использование скороспелых сортов яровой пшеницы [5], хотя известно, что скороспелые сорта, как правило, являются малоуро-

жайными [2]. Кроме того, известно, что красноколосые разновидности яровой пшеницы (*ferrugineum* и *milturum*) способны при коротком вегетационном периоде лучше обеспечивать формирование качественного зерна [8].

Для формирования высокой лабораторной всхожести семян требуется необходимая сумма положительных температур [14]. Поэтому засушливые условия в сочетании с высокой температурой в период нали-



ва зерна яровой мягкой пшеницы положительно сказываются на энергии прорастания и лабораторной всхожести. Связано это, как считается, с тем, что в засушливых условиях улучшается передвижение из вегетативных органов в семена фосфора и витаминов группы В, стимулирующих прорастание семян [4]. Но существуют данные, показывающие, что в условиях жёсткой засухи в период после цветения и до созревания зерна может происходить снижение посевных качеств, которые имеют более медленный рост корешков, а зародыши – низкую скорость поглощения кислорода [9, 19].

Отечественные учёные наиболее частой причиной снижения посевных качеств семян называют дождливую погоду в уборочный период, особенно если она усугублялась похолоданием, ветрами, что приводило к полеганию, прорастанию на корню, травмированию семян и поражаемости болезнями [7]. Наиболее сильно это проявлялось у более позднеспелых сортов яровой пшеницы [13].

Полевая всхожесть семян яровой пшеницы определяется не только условиями их прорастания, но и может быть генетически детерминирована [4]. Каждый сорт был создан в конкретных условиях, и поэтому он имеет различную генетически обусловленную устойчивость к определённым стресс-факторам. Поэтому реакция разных сортов на оптимальные условия и стресс-факторы различна [6, 11]. Кроме того, известно, что белозёрные сорта пшеницы, как правило, имеют более короткий период покоя, чем краснозёрные, и поэтому они более подвержены прорастанию на корню, вызванному влажной погодой [18], чем красноколосые и краснозёрные сорта [8, 10].

Ряд исследователей отмечают, что сорта, характеризующиеся более высокой интенсивностью начальных ростовых процессов, обеспечивают им более высокую стрессоустойчивость [7]. В этой связи интересными являются данные, полученные канадскими учёными. Они установили, что скорость поглощения воды семенами пшеницы отрицательно коррелировала с массой зерновки и стекловидностью, но положительно коррелировала с содержанием бел-

ка [17]. Подобные данные были получены и отечественными учёными: биохимическая активность на начальных этапах развития семян ни для одной из культур полностью не коррелирует с массой 1000 семян [11].

Установлено, что в различных почвенно-климатических зонах Пермского края, в различные по условиям годы, как раннеспелыми, так и среднеспелыми сортами яровой пшеницы возможно получение высоких значений лабораторной всхожести семян, достигающих 95-98 % [3, 16].

Посевные качества семян объективнее характеризует не лабораторная всхожесть, а сила начального роста, которая имеет более тесную связь с урожайными свойствами [14]. Между силой начального роста семян и их урожайными свойствами установлена положительная от средней до сильной корреляционная связь [12]. Неблагоприятные условия формирования семян имеют чёткое проявление на показателе силы начального роста (масса 100 ростков) [13].

*Цель исследования* – оценка сортов яровой пшеницы на способность формировать зерно с высокими показателями посевных качеств семян. Задачи – провести полевые испытания, определить лабораторную всхожесть и силу роста сформированных семян.

**Методика.** Объект исследования – 10 сортов яровой пшеницы разного эколого-географического происхождения, относящиеся к разным биологическим группам: раннеспелые – Иргина (st), Ирень, Свеча; среднеранние – Омская 36 (st), Горноуральская, Калининка; среднеспелые – Симбирцит (st), Алабуга, Ликамеро, Черноземноуральская 2. Опыт полевой микроделаночный (площадь деланки 1,05 м<sup>2</sup>) в шестикратной повторности был проведён в 2018-2020 гг. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой сильнокислой почве с очень низким содержанием гумуса. Посев семян осуществлён вручную на глубину 4 см, норма высева – из расчёта всхожих семян 6 млн шт./га (в 2018 г. – 7 млн шт./га). Дата

посева за годы исследований соответственно 11, 10 и 9 мая, а уборка, в зависимости от наступления уборочной спелости по сортам, – соответственно 18 августа, 14-26 августа, 3-10 августа. Перед посевом внесена азофоска из расчёта 2 ц/га (N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub>). Анализ качества семян полученного урожая проведён в лаборатории семеноводства и качества зерна ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Перед проведением анализов масса зерна, полученного после обмолота колосьев, была отсортирована на зерновом сите с размером ячеек 1,7×20 мм. Статистическая обработка проведена методом дисперсионного анализа.

**Результаты.** Вегетационные периоды в годы, когда проводились исследования сортов яровой пшеницы, характеризовались значительными различиями как по температурному режиму, так и по выпавшим осадкам. Расчёты, выполненные на основании ежесуточных данных, представленных в открытом доступе на сайте «Погода и климат. Климатический монитор. Погода в Ижевске» по метеостанции Ижевск, показали, что в 2018 г. сумма активных температур составила 2102 °С, в 2019 г. – 2005 °С, в 2020 г. – 2221 °С (среднемноголетние значения – 2068 °С); сумма осадков за период с температурой выше +10 °С – соответственно 177, 307 и 212 мм; ГТК – соответственно 0,84; 1,53 и 0,95. На основании представленных дан-

ных можно сказать, что 2018 и 2020 гг. характеризовались повышенной температурой вегетационного периода и дефицитом атмосферных осадков, а 2019 г. – пониженной температурой и повышенным количеством атмосферных осадков.

В сложившихся метеорологических условиях вегетационных периодов 2018-2020 гг. на бедной элементами питания растений и сильнокислой дерново-среднеподзолистой слабосмытой среднесуглинистой почве были получены следующие показатели посевных качеств семян в выращенном урожае сортов яровой пшеницы разных групп спелости (табл. 1).

Лабораторная всхожесть является важным нормируемым показателем посевных качеств семян (ГОСТ Р 52325–2005), значение которой для семян пшеницы высших категорий (ОС, ЭС, РС) должно быть не менее 92 %. Установлено, что во все годы исследований среднее значение лабораторной всхожести семян сортов яровой пшеницы отвечало предъявляемым к ним требованиям и было выше 92 %. В среднем по группе среднеранних сортов выявлено существенное превышение лабораторной всхожести семян по сравнению с раннеспелыми сортами как в 2018 г., так и в среднем за три года.

Таблица 1

Сравнительная лабораторная всхожесть семян урожая сортов яровой пшеницы разных групп спелости, %

Группа спелости, сорт		2018	2019	2020	Среднее	
					значение	отклонение
Раннеспелые	Иргина (st)	94	96	97	95	–
	Ирень	94	95	95	95	–
	Свеча	<b>87</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	91	<b>-4</b>
	<i>среднее</i>	92	94	95	93	–
Среднеранние	Омская 36 (st)	98	95	97	97	–
	Горноуральская	<b>94</b>	93	96	94	<b>-3</b>
	Калинка	95	<b>91</b>	96	94	<b>-3</b>
	<i>среднее</i>	<b>96</b>	93	96	<b>95</b>	–
Среднеспелые	Симбирцит (st)	88	96	96	93	–
	Алабуга	90	<b>92</b>	<b>92</b>	91	<b>-2</b>
	Лицамеро	<b>94</b>	94	98	95	<b>+2</b>
	Черноземноуральская 2	<b>94</b>	97	98	97	<b>+4</b>
	<i>среднее</i>	92	95	96	94	–
Среднее		93	94	96	94	–
НСР <sub>05</sub>		4	4	3	2	

В раннеспелой группе сорт Свеча в среднем за три года существенно уступил по значению лабораторной всхожести стандартному сорту Иргина на 4 % (стандарт – 95 %; НСР<sub>05</sub> – 2 %). Эта закономерность отмечается во все три года. В среднеранней группе сорта Горноуральская и Калинка также существенно уступили стандарту Омская 36 по лабораторной всхожести на 3 % (стандарт – 97 %). В среднеспелой группе сорт Алабуга существенно уступил стандартному сорту Симбирцит на 2 % (стандарт –

93 %), а сорта Ликамеро и Черноземноуральская 2 существенно превысили стандарт соответственно на 2 и 4 %.

Известно, что мощные, хорошо развитые растения на начальных этапах развития, как правило, обеспечивают более мощное последующее развитие растений. С этой целью проводится определение силы роста, выраженной в граммах ростков всхожих семян, пересчитанных на 100 шт. (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная сила роста семян сортов яровой пшеницы разных групп спелости, г

Группа спелости, сорт		2018	2019	2020	Среднее	
					значение	отклонение
Раннеспелые	Иргина (st)	4,84	9,49	8,35	7,56	–
	Ирень	<b>5,81</b>	9,27	<b>8,69</b>	7,92	+0,36
	Свеча	<b>6,81</b>	<b>7,68</b>	7,56	7,35	–0,21
	<i>среднее</i>	5,82	8,81	8,20	7,61	–
Среднеранние	Омская 36 (st)	4,21	7,15	7,19	6,18	–
	Горноуральская	<b>4,89</b>	<b>9,06</b>	<b>7,88</b>	7,28	+1,10
	Калинка	4,67	<b>8,13</b>	<b>8,76</b>	7,19	+1,01
	<i>среднее</i>	4,59	<b>8,11</b>	7,94	<b>6,88</b>	–
Среднеспелые	Симбирцит (st)	5,21	6,96	7,45	6,54	–
	Алабуга	<b>6,34</b>	7,01	<b>6,79</b>	6,71	+0,17
	Ликамеро	5,05	7,01	<b>7,85</b>	6,64	+0,10
	Черноземноуральская 2	4,77	6,80	<b>7,55</b>	6,37	–0,17
	<i>среднее</i>	5,34	<b>6,94</b>	7,41	<b>6,56</b>	–
Среднее		5,26	7,86	7,81	6,89	–
НСР <sub>05</sub>		0,55	0,35	0,39	0,58	

Установлено, что значение силы роста семян значительно различается по годам, что, очевидно, связано с условиями их формирования. В среднем сила роста в 2018 г. составила 5,26 г, в 2019 г. – 7,86 г, в 2020 г. – 7,81 г.

В среднем за три года в среднем по раннеспелой группе сортов сила роста составила 7,61 г, по среднеранней группе сортов существенно меньше первой на 0,73 г, а по среднеспелой группе сортов – существенно меньше первой на 1,05 г. На основании этого можно сказать, что раннеспелые сорта имеют более высокие темпы начального роста и способны сформировать большую начальную массу растения. Более того, просматривается закономерность, что эколого-биологические особенности сортов, созданных в близлежащих к месту проведения испытания селекционных центрах, имеют большую силу

начального роста, чем сорта, созданные в более южных регионах.

В среднеранней группе сорта Горноуральская и Калинка, которые существенно уступили стандарту по значению лабораторной всхожести семян, по показателю силы роста в среднем за три года существенно превзошли стандарт Омская 36 соответственно на 1,10 и 1,01 г (стандарт – 6,18 г; НСР<sub>05</sub> – 0,58 г).

**Выводы.** 1. Сорта яровой пшеницы раннеспелой, среднеранней и среднеспелой групп способны формировать семена, отвечающие необходимым требованиям и имеющие значение лабораторной всхожести не ниже 92 %. Среднеранние сорта в среднем обеспечили лабораторную всхожесть семян существенно большую на 2 % (НСР<sub>05</sub> – 2 %), чем раннеспелые сорта (93 %).

2. Сила роста сортов раннеспелой группы (в среднем 7,61 г) была существенно больше показателя среднеранних и средне-спелых сортов; раннеспелый краснозёрный и красноколосый сорт Ирень имел самую высокую силу роста – 7,92 г.

#### Список источников

1. Алтухов А.И., Завалин А.А., Милащенко Н.З., Трушкин С.В. Проблема повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 32-39.
2. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы и засухоустойчивость сортов // Теоретические основы селекции. Москва: Наука, 1987. С. 69-79.
3. Елисеев С.Л., Яркова Н.Н., Ашихмин Н.В., Батуева И.В. Изменение лабораторной всхожести семян зерновых культур в зависимости от метеорологических и агротехнических условий // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2016. № 1(13). С. 3-7.
4. Захарова Н.Н., Захаров Н.Г. Посевные качества и полевая всхожесть семян яровой мягкой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4 (36). С. 17-23. DOI: 10.18286/1816-4501-2016-4-17-23.
5. Исмагилов Р.Р., Азнаев В.Х. Основные резервы увеличения производства высококачественного продовольственного зерна пшеницы // Качество зерна и приёмы его повышения: материалы республ. науч.-практ. конф. Уфа, 1997. С. 22-30.
6. Кумаков В.А. Физиология яровой пшеницы. Москва: Колос, 1980. 207 с.
7. Павлова О.В., Марченкова Л.А., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Савоськина О.А. Оценка сортов зерновых культур по показателям качества семян и стрессоустойчивости // Владимирский земледелец. 2021. № 2(96). С. 52-57. DOI:10.24412/2225-2584-2021-2-52-57.
8. Прокопьев М.П. Урожайный потомок местных популяций яровых пшениц – Мильтурум 10 // Учёные записки. Ижевск: Удмуртское кн. изд-во, 1957. Вып. 11. С. 155-160.
9. Скворцова Ю.Г., Ионова Е.В. Посевные качества семян озимой мягкой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (12). С. 104-107.
10. Тихвинский С.Ф., Статник О.Б., Доронин С.В. Сорты яровой пшеницы Скандинавских стран как исходный материал для селекции в Северо-Восточном регионе Европейской территории России // Известия ТСХА. 2011. Вып. 1. С. 85-89.
11. Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Васильев С.Б., Новиков Д.А. Оценка посевных качеств семян // Лесной вестник. 2015. № 6. С. 211-220.
12. Флягин Е.Н. Экологическая разнокачественность семян зерновых культур на Среднем Урале // Всероссийская науч.-практ. конф., посвящ. памяти Уральских учёных: д-ра биол. наук Н.А. Иванова, д-ров с.-х. наук В.Ф. Трушина и С.А. Чазова: сборник научных трудов. Т. 2 Секция селекции и семеноводства (27–28 февраля 2001 г.). Екатеринбург, 2001. С. 78-88.
13. Чазов С.А., Лебеженинова В.М., Флягин Е.Н. Биологическая полноценность семян яровой пшеницы при выращивании в различных экологических условиях // Приёмы повышения урожайности зерновых культур: Межуз. сборник науч. тр. Пермь, 1985. С. 63-69.
14. Чазов С.А., Кукулина Л.А., Лебеженинова В.М., Меньщикова Е.А., Иванова В.Н., Большедворова Т.С. Биологические особенности семян зерновых культур, выращенных в разных агроклиматических условиях Свердловской области // Пути совершенствования семеноводства полевых культур на Урале : Труды Свердловского сельскохозяйственного института. Пермь, 1981. Т. 63. С. 3-11.
15. Чепелев В.П. Селекция зерновых и зернобобовых культур на Среднем Урале // Всероссийская науч.-практ. конф., посвящ. памяти уральских учёных: д-ра биол. наук Н.А. Иванова, д-ров с.-х. наук В.Ф. Трушина и С.А. Чазова. Т. 2 Селекция и семеноводство : Сб. научных трудов. Екатеринбург, 2001. С. 253-261.
16. Яркова Н.Н., Шафигулина Е.В. Урожайность и посевные качества семян сортов яровой пшеницы, выращенной в разных почвенно-климатических зонах Пермского края // Коняевские чтения: сборник научных трудов VI международной научно-практической конференции (13-15 декабря 2017 г.). Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2018. С. 328-331.
17. Chnxs, J. M. nNo DEPAUW. R. M. 1989. Water imbibition rate of wheat kernels as affected by kernel color, weather damage, and method of threshing. Can. J. Plant Sci. 69: 1-7.
18. De Peuw, R. M., McCetc, T. N. 1988. Utilization of sodium hydroxide to assess kernel color and its inheritance in eleven spring wheat varieties Can. J. Plant Sci. 68:323-329.
19. Grass, L. and Burris, J. S. 1995. Effect of heat stress during seed development and maturation on wheat (*Triticum durum*) seed quality. I. Seed germination and seedling vigor. Can. J. Plant Sci. 75: 821-829.

**SOWING QUALITIES OF SEEDS FORMED BY EARLY-RIPENING,  
MID-EARLY AND MID-RIPENING VARIETIES OF SPRING WHEAT**© 2022. Aleksander M. Lentochkin<sup>1✉</sup>, Ekaterina N. Kuklina<sup>2</sup><sup>1,2</sup> Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia,<sup>1</sup>lenalmih@mail.ru

**Abstract.** Seeds are the carrier of hereditary characteristics of parents and certain economic and biological properties of the variety. The quality of seeds is determined both by the hereditary characteristics of the variety and by the conditions of their formation. When analyzing published scientific papers, it was revealed that under conditions of limited thermal resources, early-ripening red-grain and red-eared varieties have advantages, but they are most often less productive than mid-ripening ones. Due to global warming, the sum of active temperatures in the Middle Preduralie has become larger and therefore there is an increasing interest in the study of mid-ripening varieties in comparison with earlier-ripening ones. The article presents the results of a study of the sowing qualities of seeds of 10 spring wheat varieties of three ripeness groups on soddy-medium podzolic medium loamy slightly washed out strongly acidic soil with a very low humus content. It has been established that, on average, over three years that differ in the conditions of the growing seasons, the tested varieties of spring wheat of early ripening, mid-early and mid-ripening groups are able to form seeds with a laboratory germination of at least 92 %. Medium-early varieties, on average, provided laboratory seed germination significantly higher by 2 % than early-ripening varieties (93 %). The vigor of seed growth has a greater closeness of connection with field germination than laboratory germination. The conducted studies revealed that varieties of the early-ripening group have a significantly higher value of vigor of seed growth (on average 7.61 g) than the vigor of seed growth of seeds of med-early and mid-ripening varieties; early-ripening red-grained and red-eared variety Iren had the highest growth force – 7.92 g.

**Key words:** spring wheat, seeds, laboratory germination, vigor of seed growth.

**References**

1. Altukhov A.I., Zavalin A.A., Milashchenko N.Z., Trushkin S.V. Problema povysheniya kachestva pshenitsy v strane trebuet kom-pleksnogo resheniya (The problem of improving the quality of wheat in the country requires a comprehensive solution), Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'sko-khozyaystvennoy akademii, 2020, No. 2, pp. 32-39.
2. Vavilov N.I. Mirovyye resursy i zasukhoustoychivost' sortov (World resources and drought resistance of varieties), Teoreticheskiye osnovy selektsii. Moskva, Nauka, 1987, pp. 69-79.
3. Yeliseyev S.L., Yarkova N.N., Ashikhmin N.V., Batuyeva I.V. Izme-neniye laboratornoy vskhozhesti semyan zernovykh kul'tur v zavisi-mosti ot meteorologicheskikh i agrotekhnicheskikh usloviy (Sowing qualities and field germination of seeds of spring soft wheat), Perm-skiy agrarnyy vestnik, 2016, No. 1(13), pp. 3-7.
4. Zakharova N.N., Zakharov N.G. Posevnyye kachestva i polevaya vskho-zhest' semyan yarovoy myagkoy pshenitsy (Sowing qualities and field germination of seeds of spring soft wheat), Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii, 2016, No. 4 (36), pp. 17-23, DOI: 10.18286/1816-4501-2016-4-17-23.
5. Ismagilov R.R., Aznayev V.KH. Osnovnyye rezervy uvelicheniya pro-izvodstva vysokokachestvennogo prodovol'stvennogo zerna psheni-tsy (The main reserves for increasing the production of high-quality food wheat grain), Kachestvo zerna i priyomy yego povysheniya: materialy respubl. nauch.-prakt. konf. Ufa, 1997, pp. 22-30.
6. Kumakov V.A. Fiziologiya yarovoy pshenitsy (Physiology of spring wheat), Moskva: Kolos, 1980, 207 p.
7. Pavlova O.V., Marchenkova L.A., Chavdar' R.F., Orlova T.G., Sa-vos'kina O.A. Otsenka sortov zernovykh kul'tur po pokazatelyam kachestva semyan i stressoustoychivosti (Evaluation of varieties of grain crops in terms of seed quality and stress resistance), Vladimirskiy zemlede-lets. 2021, No. 2(96), pp. 52-57, DOI:10.24412/2225-2584-2021-2-52-57.
8. Prokop'yev M.P. Urozhaynyy potomok mestnykh populyatsiy yarovykh pshenits – Mil'turum 10 (Productive descendant of local populations of spring wheat – Milturum 10), Uchonyye zapiski. Izhevsk: Udmurtskoye kn. izd-vo, 1957, Vyp. 11, pp. 155-160.
9. Skvortsova YU. G., Ionova Ye.V. Posevnyye kachestva semyan ozimoy myagkoy pshenitsy (Sowing qualities of seeds of winter soft wheat), Zemobobovye i krupyanye kul'tury, 2017, No. 4 (12), pp. 104-107.

10. Tikhvinskiy S.F., Statnik O.B., Doronin S.V. Sorta yarovoy pshenitsy Skandinavskikh stran kak iskhodnyy material dlya se-lektsii v Severo-Vostochnom regione Yevropeyskoy territorii Rossii (Varieties of spring wheat of the Scandinavian countries as the source material for breeding in the North-Eastern region of the European territory of Russia), *Izvestiya TSKHA*, 2011, Vyp. 1, pp. 85-89.
11. Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalayev V.S., Batyrev YU.P., Va-sil'yev S.B., Novikov D.A. Otsenka posevnykh kachestv semyan (Assessment of sowing qualities of seeds), *Lesnoy vestnik*, 2015, No. 6, pp. 211-220.
12. Flyagin Ye.N. Ekologicheskaya raznokachestvennost' semyan zernovykh kul'tur na Srednem Urале (Ecological diversity of grain seeds in the Middle Urals), *Vserossiyskaya nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati Ural'skikh uchonykh: d-ra biol. nauk N.A. Ivano-va, d-rov s.-kh. nauk V.F. Trushina i S.A. Chazova: sbornik nauch.-nykh trudov. T. 2 Sektsiya selektsii i semenovodstva (27-28 fevra-lya 2001 g.)*, Yekaterinburg, 2001, pp. 78-88.
13. Chazov S.A., Lebezheninova V.M., Flyagin Ye.N. Biologicheskaya polnotsennost' semyan yarovoy pshenitsy pri vyrashchivaniy v raz-lichnykh ekologicheskikh usloviyakh (Biological usefulness of spring wheat seeds when grown in various environmental conditions), *Priyomy povysheniya urozhayno-sti zernovykh kul'tur : Mezhvuz. sbornik nauch. tr. Perm'*, 1985, pp. 63-69.
14. Chazov S.A., Kuklina L.A., Lebezheninova V.M., Ye. A. Men'shchi-kova, V.N. Ivanova, T.S. Bol'shedvorova. Biologicheskiye oso-bennosti semyan zernovykh kul'tur, vyrashchennykh v raznykh agro-klimaticheskikh usloviyakh Sverdlovskoy oblasti (Biological features of seeds of grain crops grown in different agro-climatic conditions of the Sverdlovsk region), *Puti sovershenstvovaniya semenovodstva polevykh kul'tur na Urале : Trudy Sverdlovskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta. Perm'*, 1981, T. 63, pp. 3-11.
15. Chepelev V.P. Seleksiya zernovykh i zernobobovykh kul'tur na Srednem Urале (Selection of grain and leguminous crops in the Middle Urals), *Vserossiyskaya nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati ural'skikh uchonykh: d-ra biol. nauk N.A. Ivanova, d-rov s.-kh. nauk V.F. Trushina i S.A. Chazova. T. 2 Seleksiya i semenovodstvo: Sb. nauchnykh trudov, Yekaterinburg*, 2001, pp. 253-261.
16. Yarkova N.N., Shafigulina Ye.V. Urozhaynost' i posevnyye kachestva semyan sortov yarovoy pshenitsy, vyrashchenny v raznykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Permskogo kraya (Productivity and sowing qualities of seeds of spring wheat varieties grown in different soil and climatic zones of the Perm Territory), *Konyayevskiy chteniya: sbornik nauchnykh trudov VI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (13–15 dekabrya 2017 g.)*, Yekaterinburg: Ural'skiy GAU, 2018, pp. 328–331.
17. Klassy. J.M. nNo DEPAUW. R. M. 1989. Skorost' vodopogloshcheniya zeren pshenitsy v zavisimosti ot tsveta zerna, pogodnykh usloviy i sposoba obmolota. *Mogu. Dzh. Rasteniyevod.* 69: 1–7.
18. De Peuw, R.M., McCetc, T.N. 1988. Ispol'zovaniye gidroksida natriya dlya otsenki tsveta zerna i yego nasledovaniya u odnadsati sortov yarovoy pshenitsy Can. *Dzh. Rasteniyevod.* 68:323-329.
19. Grass L. i Berris Dzh. S. 1995. Vliyaniye teplovogo stressa vo vremena razvitiya i sozrevaniya semyan na kachestvo semyan pshenitsy (*Triticum durum*). I. Vskhozhest' semyan i energiya prorstokov. *Mogu. Dzh. Rasteniyevod.* 75: 821-829.

#### Сведения об авторах

**А.М. Ленточкин**<sup>1✉</sup> – д-р с.-х. наук, профессор;

**Е.Н. Куikliна**<sup>2</sup>.

<sup>1,2</sup> Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069

<sup>1</sup>lenalmih@mail.ru

#### Information about the authors

**A.M. Lentochkin**<sup>1✉</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor;

**E.N. Kuklina**<sup>2</sup>.

<sup>1,2</sup> Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

<sup>1</sup>lenalmih@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 29.03.2022; одобрена после рецензирования 31.03.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 29.03.2022; approved after reviewing 31.03.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО КОМПСТИРОВАНИЯ СИДЕРАЛЬНОЙ МАССЫ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ С ЖИДКИМ СВИНЫМ НАВОЗОМ

©2022. Вера Ивановна Титова<sup>1</sup>, Елена Геннадьевна Белоусова<sup>2</sup>✉,

<sup>1,2</sup>Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Нижний Новгород, Россия,

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

<sup>2</sup>tyurnikova.e@yandex.ru

**Аннотация.** В работе приведены результаты 2-летнего эксперимента (2020-2021 гг.) по изучению возможности внутрипочвенного компстирования сидеральной массы горчицы белой с жидким свиным навозом (ЖСН), полученным на крупном свиномкомплексе Нижегородской области. В задачи исследования входило определение эффективности такого приёма работы с органическими удобрениями по влиянию на основные агрохимические показатели светло-серой лесной легкосуглинистой почвы за двухмесячный период компстирования. Опыты вегетационные, в сосудах Митчерлиха на 5 и 7 кг почвы, повторность 3-кратная. ЖСН содержит 2,1% сухого вещества; содержание азота, фосфора и калия 0,22%, 0,20 и 0,27% соответственно;  $pH_{ксл}$  7,2. Удобрения внесены в дозах по азоту 0,05-0,10-0,15 мг/кг, фосфору 0,04-0,08-0,12 мг/кг и калию 0,06-0,12-0,18 мг/кг, что аналогично внесению ЖСН в дозах 60 т/га, 120 т/га и 180 т/га. Горчица в опытах росла месяц, потом в виде сидеральной массы совместно с ЖСН в соответствующих дозах была заделана в почву при её перебивке на 60 дней. Установлено, что внутрипочвенное компстирование фитомассы горчицы с ЖСН способствует снижению обменной кислотности с  $pH$  6,40-6,41 до 6,47-6,64 и повышению обеспеченности почвы аммиачным азотом, возрастающим с увеличением доз внесения свиного навоза. Достоверный прирост содержания подвижных соединений фосфора и калия в почве от заделки сидерата в почву, в сравнении с вариантом, где сидерат внесен в почву без свиного навоза, получен только на варианте с его внесением в дозе, эквивалентной по содержанию элементов питания дозе ЖСН в 180 т/га.

**Ключевые слова:** горчица белая, сидерат, жидкий свиной навоз, компстирование, почва, агрохимические показатели.

**Введение.** Вопросы биологизации отрасли растениеводства стоят перед агропромышленным комплексом России в последние годы как никогда остро. С одной стороны, в земледелии на биологической основе не подвергается сомнению исключительно положительная роль сидератов в плане регулирования засоренности агроценоза [1-3], признается необходимость снижения доз внесения минеральных удобрений [4-6], поощряется исполь-

зование качественных органических удобрений, среди которых навоз подстилочный по значимости и эффективности использования стоит на первом месте [7].

Однако в отношении возможностей использования традиционных органических удобрений есть осложнения, вызванные тем, что их доля в современном ассортименте органических удобрений в настоящее время невысока и имеет явную тенденцию к про-

должающемуся снижению [8]. Активно и повсеместно развивается промышленное животноводство, сопровождающееся строительством крупных птице- и свиногомкомплексов, а получаемый на таких предприятиях помет и навоз отличаются от традиционных органических удобрений как по содержанию элементов питания, так и по физическим параметрам [9-11]. Существенность таких различий отмечается и в нормативных актах РФ, в которых предписывается обязательность предварительной переработки органосодержащих отходов, образующихся при промышленных технологиях содержания животных, чтобы иметь право на использование таких отходов в качестве безопасных органических удобрений [12-15].

Одним из направлений подготовки органосодержащих отходов современных свиногомкомплексов к применению в земледелии является их компостирование с использованием различных приёмов и компонентов. В условиях перехода и внедрения биологической (органической) системы ведения земледелия теоретически возможно в качестве компонента для переработки таких отходов методом компостирования использовать сидераты [16, 17].

Более того, можно предположить, что подобное компостирование можно осуществить не на поверхности почвы, а в почве, что позволит, как минимум, сократить газобразные потери, которые возможны при поверхностном размещении жидких форм навоза.

Таким образом, целью исследования явилось изучение возможности совмещения внесения в почву жидкого свиного навоза (ЖСН), полученного на крупном свиногомкомплексе в Нижегородской области, с заделкой в почву сидерата, и оценка их влияния на основные агрохимические показатели светло-серой лесной легкосуглинистой почвы.

**Методика.** Опыт заложен дважды – 10 мая 2020 года и 12 мая 2021 года, в 3-кратной повторности, в сосудах Митчерлиха на 5 кг почвы, на экспериментальной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА, в условиях вегетационного опыта с контролируемым поливом растений при естественно складывающемся температурном режиме, по схеме, приведенной в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта

Содержание варианта	Дозы NPK, мг/кг почвы	Условное обозначение
1. Почва без внесения удобрений и без посева горчицы	-	1. Контроль, б/уд.
2. Горчица на сидерат	-	2. Сидерат
3. Горчица на сидерат + ЖСН из расчета 60 т/га (23 г/кг почвы) при заделке сидерата	0,05 / 0,04 / 0,06	3. Сидерат + ЖСН-60
4. Горчица на сидерат + ЖСН из расчета 120 т/га (46 г/кг почвы) при заделке сидерата	0,10 / 0,08 / 0,12	4. Сидерат + ЖСН-120
5. Горчица на сидерат + ЖСН из расчета 180 т/га (69 г/кг почвы) при заделке сидерата	0,15 / 0,12 / 0,18	5. Сидерат + ЖСН-180

Объекты исследования – ЖСН и сидерат из зеленой массы горчицы белой, которые вносятся одновременно. ЖСН характеризуется следующими данными: содержание сухого вещества 2,1%; общего азота – 0,22%, фосфора – 0,20%, калия – 0,27%; рН солевой вытяжки – 7,2. Горчица в сосуды вариантов 2-5 высевана в первой декаде мая 2020 и 2021 года, свиной навоз при этом до посева горчицы в соответствующих вариантах (вар. 3-5) не вносили. Так сделано потому, что основной целью опыта

было изучение влияния разных доз ЖСН на почвенные процессы при условии контакта с массой горчицы, полученной в разных сосудах, но при одинаковых условиях, т.е. без внесения в почву каких бы то ни было удобрений.

Спустя 35 дней надземная масса горчицы срезана, измельчена и подготовлена к заделке в почву в качестве сидерата. Затем почву из каждого сосуда вариантов 3-5 перенесли в отдельную емкость, смешали с предвари-



тельно измельченной надземной растительной массой сидерата и дозой навоза в соответствии со схемой опыта, тщательно перемешали и перенесли в сосуды Митчерлиха большего объема (7 кг). В варианте 2 почву в сосудах перемешали с надземной фитомассой горчицы, а в сосудах варианта 1 просто разрыхлили, и также перенесли в сосуды Митчерлиха на 7 кг.

Для проведения экспериментов использована светло-серая лесная легкосуглинистая почва, сформированная на лессовидных суглинках, имеющая на дату закладки опыта следующую характеристику: содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 1,42%; азота аммонийного (NH<sub>4</sub>) колориметрически с реактивом Несслера – 15 мг/кг; рН<sub>ккл</sub> (ГОСТ 26483-85) – 6,24; содержание подвижных соединений фосфора и калия по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011) – 89 и 102 мг/кг соответственно.

Почвенные образцы отбирали в 3 срока: после уборки надземной массы горчицы, до ее

заделки в почву – 15 июня; спустя месяц после заделки сидерата в почву – 20 июля и еще через месяц содержания опыта, т.е. через 60 дней от даты заделки сидеральной массы в почву – 20 августа. В почве определяли содержание подвижных соединений фосфора и калия, реакцию среды и содержание минерального азота в форме NH<sub>4</sub>. Полученные результаты обработаны с использованием метода дисперсионного анализа по Доспехову.

**Результаты.** Надземную фитомассу горчицы до её заделки в почву срезали и взвесили, определив фактическую урожайность (табл. 2).

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что при выращивании горчицы в одинаковых условиях, хотя и в отдельных сосудах, урожайность надземной фитомассы её колеблется в пределах величины случайных отклонений.

Таблица 2

Урожайность горчицы, зеленая масса, г/сосуд

Показатели	Контроль, б/уд.	Сидерат	Сидерат + ЖСН-60	Сидерат + ЖСН-120	Сидерат + ЖСН-180
г/сосуд	139,8	137,1	140,6	139,6	142,2
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	<i>F</i> <sub>факт</sub> < <i>F</i> <sub>теор.</sub>				

В таблице 3 приведены данные анализа почвенных образцов, отбираемых по ходу ве-

дения опыта, по рН солевой вытяжки и содержанию аммонийного азота.

Таблица 3

Влияние внутрипочвенного компостирования сидерата горчицы и жидкого свиного навоза на содержание аммонийного азота и реакцию почвенной среды, среднее за 2020-2021 гг.

Варианты опыта	рН <sub>ккл</sub>			NH <sub>4</sub> , мг/кг		
	начало*	30 дн.*	60 дн.*	начало	30 дн.	60 дн.
Контроль, б/уд.	6,36	6,38	6,40	12	11	10
Сидерат	6,35	6,30	6,33	10	12	8
Сидерат + ЖСН-60	6,32	6,40	6,41	11	15	13
Сидерат + ЖСН-120	6,34	6,44	6,47	11	18	19
Сидерат + ЖСН-180	6,38	6,47	6,54	12	20	22
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,05			4		

**Примечание:** начало – сразу после уборки урожая надземной фитомассы горчицы, 15 июня 2020 и 2021 гг.; 30 дн. – спустя 30 дней после начала процесса внутрипочвенного компостирования сидерата с ЖСН, 20 июля каждого года; 60 дн. – спустя 60 дней после начала процесса внутрипочвенного компостирования сидерата с ЖСН, 20 августа каждого года.

Установлено, что кислотность почвы на контроле не изменилась.

В варианте с заделкой сидерата в почву без ЖСН отмечены вариации показателя рН

солевой вытяжки как в сравнении с контролем, так и в течение сезона, по датам отбора почвенных проб. При этом достоверное повышение кислотности на этом варианте от-

мечено уже через месяц после заделки сидеральной массы в почву (20.07), сохранилось оно и спустя 60 дней нахождения фитомассы горчицы в почве.

Через месяц после заделки сидерата в почву (т.е. на 20.07) внутрипочвенное компостирование свиного навоза с растительной массой заметно повлияло на реакцию среды. Под влиянием ЖСН показатель рН достоверно увеличился уже при дозе внесения, по содержанию основных элементов питания, эквивалентной 60 т навоза в расчете на 1 гектар. Увеличение дозы ЖСН вдвое не изменило рН, а втрое – достоверно снизило кислотность почвы.

Через два месяца внутрипочвенного компостирования реакция среды изменилась еще более заметно. При этом в варианте, где сидерат был заделан в почву без ЖСН, отмечено достоверное увеличение кислотности, а во всех вариантах с совместным внесением сидерата и свиного навоза – её снижение в сравнении как с фоном, так и при каждом повышении дозы органического удобрения.

На содержании аммонийного азота заделка сидерата в почву без свиного навоза не сказывается, сезонные изменения этого показателя в условиях вегетационного опыта также незначительны.

Сразу после заделки в почву свиного навоза совместно с сидеральной массой горчицы содержание аммонийного азота также не изменилось. Однако месячное компостирова-

ние сидерата с разными дозами ЖСН внутри почвы привело к существенному увеличению содержания  $\text{NH}_4$  в почве в сравнении с контролем, а при внесении ЖСН в дозах, эквивалентных 120 т/га и 180 т/га – и в сравнении с вариантом 2 (сидерат без свиного навоза). Спустя 2 месяца после заделки в почву растительной массы и свиного навоза при изученных дозах его внесения обеспеченность почвы аммонийным азотом существенно возросла не только в сравнении с вариантами 1 и 2, но и при сравнении удобренных вариантов друг с другом.

В течение сезона содержание  $\text{NH}_4$  в почве всех удобренных вариантов также изменялось. Особенно следует отметить, что при заделке сидерата в почву без навоза содержание азота сначала имело тенденцию к росту, а к концу вегетационного сезона оно достоверно снизилось, что, вероятно, связано с интенсификацией процесса нитрификации. На удобренных же свиным навозом вариантах при сравнении данных по срокам отбора (30 и 60 дней после начала внутрипочвенного компостирования) отмечена лишь тенденция вариаций по содержанию  $\text{NH}_4$  в почве, статистически не подтвержденная.

В таблице 4 приведены сведения по содержанию подвижных соединений фосфора и калия в почве.

Таблица 4

Влияние внутрипочвенного компостирования сидерата горчицы и жидкого свиного навоза на содержание подвижных форм фосфора и калия, среднее за 2020-2021 гг., мг/кг

Варианты опыта	$\text{P}_2\text{O}_5$			$\text{K}_2\text{O}$		
	начало	30 дн.	60 дн.	начало	30 дн.	60 дн.
Контроль, б/уд.	96	95	98	107	102	105
Сидерат	101	100	102	112	114	107
Сидерат + ЖСН-60	103	107	108	109	117	120
Сидерат + ЖСН-120	99	116	118	114	120	126
Сидерат + ЖСН-180	101	121	130	109	122	137
<i>НСР<sub>05</sub></i>		8			9	

По содержанию подвижных соединений фосфора почва контрольного варианта во все сроки отбора образцов, а также почва во всех вариантах опыта сразу после уборки урожая надземной фитомассы горчицы (на 15 июня) характеризуется как среднеобеспеченная. В тече-

ние летнего периода каждого года прослеживается сезонная динамика в содержании фосфора, но лишь на уровне тенденции. На варианте с заделкой сидерата в почву без внесения свиного навоза существенных изменений по содержанию подвижных фосфатов в срав-

нении с вариантом абсолютного контроля не отмечено.

Внесение в почву ЖСН в дозе 60 т/га и перемешивание навоза внутри почвы с сидеральной массой горчицы, спустя месяц после начала их взаимодействия, достоверного влияния на содержание в почве подвижного фосфора не оказало. Увеличение же дозы навоза вдвое и втрое способствовало повышению обеспеченности почвы фосфором в сравнении с контрольным вариантом. Двухмесячное компостирование сидерата с ЖСН внутри почвы при дозах внесения навоза в 120 т/га и 180 т/га привело к увеличению обеспеченности почвы фосфатами как в сравнении с контрольными вариантами (вар. 1 и 2), так и в сравнении между собою. Максимальное повышение содержания фосфора в почве отмечено на варианте с дозой навоза, эквивалентной по содержанию основных элементов питания дозе ЖСН в 180 т/га.

Подвижными соединениями калия почва опыта в вариантах без внесения жидкого свиного навоза обеспечена средне. В вариантах с использованием свиного навоза как активатора разложения фитомассы горчицы при заделке её в качестве сидерата содержание подвижного калия также в большинстве случаев трактуется как среднее. Исключением являются только результаты определения калия в почве варианта ЖСН-120 на третью дату отбора проб (через 60 дней от начала внутрипочвенного компостирования) и в почве варианта ЖСН-180 в обе даты определения (20 июля и 20 августа), где можно отметить переход почв в группу с повышенной обеспеченностью доступным для растений калием.

Внесение навоза в дозах, эквивалентных 60 т/га и 120 т/га, не привело к увеличению обеспеченности почвы калием в сравнении с вариантом 2, где использовали сидерат без свиного навоза, но показало достоверное увеличение содержания калия в сравнении с контролем без удобрений. По истечению двух месяцев внутрипочвен-

ного компостирования наиболее эффективной по действию на калийное состояние почвы была доза внесения навоза в 180 т/га.

**Выводы.** Заделка и двухмесячное выдерживание сидеральной массы горчицы в почве без внесения жидкого свиного навоза приводит к изменению реакции среды в кислую сторону, что подтверждается снижением рН солевой вытяжки на 0,07-0,08 единиц рН, и существенному снижению содержания в почве аммонийного азота при сохранении обеспеченности почвы подвижными соединениями фосфора и калия на уровне неудобренной почвы.

Внутрипочвенное компостирование фитомассы горчицы с жидким свиным навозом способствует изменению рН солевой вытяжки с рН 6,40-6,41 до 6,47-6,64 и повышению обеспеченности почвы аммонийным азотом, возрастающим с увеличением доз внесения свиного навоза в дозах, эквивалентных 60 т/га, 120 т/га и 180 т/га.

Существенное положительное влияние на содержание подвижного фосфора, спустя месяц после начала внутрипочвенного компостирования фитомассы горчицы со свиным навозом, оказывают дозы ЖСН в 120 т/га и 180 т/га. При этом еще через месяц (60 дней от начала компостирования) положительное влияние на прирост содержания подвижного фосфора в почве сохраняется при дозе ЖСН в 180 т/га, а в варианте с дозой навоза в 120 т/га оно сохраняется лишь на ранее достигнутом уровне.

Достоверный прирост в содержании подвижного калия в почве как следствие внесения свиного навоза при заделке сидерата в почву, в сравнении с вариантом, где сидерат внесен в почву без свиного навоза, получен только на варианте с внесением ЖСН в дозе 180 т/га.

#### Список источников

1. Кружков Н.К. Гумусовое состояние и биологические показатели почвы при внесении сидератов и соломы // Плодородие. Приложение к журналу. 2007. №4(37). С. 19.
2. Монастырский В.А., Бабичев А.Н., Ольгаренко В.И., Сухарев Д.В. Возделывание горчицы сарепской в качестве сидерата // Плодородие. 2019. №5 (110). С. 45-47.
3. Srinivasarao C., Kundu S., Grover M. et al. Effect of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil microbial activities in semi-arid and sub-humid rain fed agricultural systems // TROPICAL ECOLOGY. 2018. V. 59(1). P. 99-108.

4. Лукманов А.А., Гайров Р.Р., Каримова Л.З. Биологизация земледелия – дешевый источник повышения плодородия почв // *Агрохимический вестник*. 2015. №2. С. 6-9.
5. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Paolo Vernieri, Ferrante A. Biostimulants and crop responses: a review // *Biological Agriculture & Horticulture*. 2015.Vol.31. №1. P.1-17.
6. Rockstrom J., Williams J., Daily G. et al. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability // *Journal of the Human Environment*. Springer Netherlands. 2017. Vol. 46. №1. P. 4-17.
7. Титова В.И. Понятие агрохимикатов, современные тренды их применения в отрасли земледелия АПК России // *Агрохимический вестник*. 2017. № 2. С. 6-9.
8. Мерзлая Г.Е. Проблемы использования органических отходов в агрикультуре // *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2015. Т. 11. № 1. С. 40-50.
9. Титова В.И., Варламова Л.Д., Рыбин Р.Н., Андропова Т.В. Влияние свиного навоза на агроэкологическую характеристику светло-серой лесной почвы // *Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник*. 2019. № 3 (27). С. 79-86
10. Бабенко М.В., Васильев А.С., Дроздов И.А. Влияние различных фракций и доз свиного навоза на изменение содержания гумуса и его фракционно-групповой состав в дерново-подзолистой почве // *Агрохимический вестник*. 2020. №1. С. 25-31.
11. Титова В.И., Рыбин Р.Н. Агроэкология промышленного свинопроизводства // М.: Изд-во «Сельскохозяйственные технологии». 2020. 172 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/z20-16
12. ГОСТ 31461-2012 Помет птицы. Сырье для производства органических удобрений. Технические условия (введен в действие в качестве национального стандарта РФ с 1 июля 2013 г.). М.: Стандартинформ, 2012. 8с.
13. ГОСТ 33830-2016. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
14. РД-АПК 1.10.15.02-17 «Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета».
15. Титова В.И., Мартыанова О.С. Помет и навоз промышленного птице- и животноводства – отход производства или органическое удобрение? // *Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса: сборн. тр. междунар. научно-практ. конф.*(13-15.10.2021 г.) / ФГБОУ ВО НГСХА // Н. Новгород, 2021. С. 169-172.
16. Новиков М.Н., Фролова Л.Д. Сидераты как фактор оптимизации использования органических удобрений // *Агрохимия*. 2015. №4. С. 44-53.
17. Фролова Л.Д., Новиков М.Н. Биологизация земледелия как фактор повышения плодородия почв и продуктивности кормовых севооборотов // *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2018. № 2(8). С. 71-77.

## EFFICIENCY ASSESSMENT OF INTRA-SOIL COMPOSTING OF WHITE MUSTARD SEED MASS WITH LIQUID SWINE MANURE

©2022. Vera I. Titova<sup>1</sup>, Elena G. Belousova<sup>2</sup>✉,

<sup>1,2</sup>Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia,

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

<sup>2</sup>tyurnikova.e@yandex.ru

**Abstract.** The paper presents the results of a 2-year experiment (2020–2021) researching the possibility of intra-soil composting of the white mustard seed mass with liquid swine manure (LSM) obtained at a large swine complex in Nizhny Novgorod region. The objectives of the study were to assess efficiency of the method of working with organic fertilizers by its impact upon the main agrochemical indicators of light gray light loamy forest soil over a two-month composting period. The experiments are vegetative, in the vessels of Mitscherlich per 5 and 7 kg of soil, with the 3-fold repetition. LSM contains 2.1% of dry matter; nitrogen, phosphorus and potassium content of 0.22%, 0.20 and 0.27%, respectively; pH<sub>KCl</sub> 7.2. Fertilizers were introduced based on nitrogen doses of 0.05-0.10-0.15 mg/kg, phosphorus of 0.04-0.08-0.12 mg/kg and potassium of 0.06-0.12-0.18 mg/kg, which is equivalent to the introduction of LSM in doses of 60 t/ha, 120 t/ha and 180 t/ha. During the experiment, mustard grew for a month, and then in the form of cut into pieces green manure together with LSM in appropriate doses was embedded into the soil, for 60 days. It has been established that intra-soil composting of mustard phytomass with LSM contributes to a decrease in metabolic acidity from pH of 6.40-6.41 to 6.47-6.64 and an increase in the provision of soil with ammonia nitrogen, which increases with higher doses of swine manure. A reliable increase in the content of mobile phosphorus and potassium compounds in the soil from green manure being composted into the soil, in comparison with the option where green manure was introduced into the soil without swine manure, was obtained only in the variant with its introduction in a dose equivalent in terms of the content of nutrients to a dose of 180 t/ha of swine manure.

**Key words:** white mustard, green manure, liquid swine manure, composting, soil, agrochemical indicators.

## References

1. Kruzikov N.K. Gumusovoe sostojanie i biologicheskie pokazateli pochvy pri vnesenii sideratov i solomy (Humus state and biological indicators of the soil when green manure and straw are introduced), *Plodorodie, Prilozhenie k zhurnalu*, 2007, No. 4(37), pp. 19.
2. Monastyrskij V.A., Babichev A.N., Ol'garenko V.I., Suharev D.V. Vozdelyvanie gorchicy sarepskoj v kachestve siderata (Cultivation of Sarepskaya mustard as green manure), *Plodorodie*, 2019, No. 5 (110), pp. 45-47.
3. Srinivasarao C., Kundu S., Grover M. et al. Effect of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil microbial activities in semi-arid and sub-humid rain fed agricultural systems, *TROPICAL ECOLOGY*, 2018, V. 59(1), P. 99-108.
4. Lukmanov A.A., Gajrov R.R., Karimova L.Z. Biologizacija zemledelija – deshevij istochnik povyshenija plodorodija pochv (Biologization of agriculture is a cheap source of increasing soil fertility), *Agrohimicheskij vestnik*, 2015, No. 2, pp. 6-9.
5. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Paolo Vernieri, Ferrante A. Biostimulants and crop responses: a review, *Biological Agriculture & Horticulture*. 2015. Vol.31. No. 1. P.1-17.
6. Rockstrom J., Williams J., Daily G. et al. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability, *Journal of the Human Environment. Springer Netherlands*, 2017, Vol. 46, No. 1, P. 4-17.
7. Titova V.I. Ponjatje agrohimikatov, sovremennye trendy ih primenenija v otrasli zemledelija APK Rossii (The concept of agrochemicals, modern trends in their use in the agricultural sector of the agro-industrial complex of Russia), *Agrohimicheskij vestnik*, 2017, No. 2, pp. 6-9.
8. Merzlaja G.E. Problemy ispol'zovanija organicheskikh othodov v agrikulture (Problems of using organic waste in agriculture), *Jekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza*, 2015, T. 11, No. 1, pp. 40-50.
9. Titova V.I., Varlamova L.D., Rybin R.N., Andronova T.V. Vlijanie svinogo navoza na agrojekologicheskuju harakteristiku svetlo-seroj lesnoj pochvy (Influence of pig manure on the agro-ecological characteristics of light gray forest soil), *Permskij agrarnij vestnik*, 2019, No. 3(27), pp. 79-86
10. Babenko M.V., Vasil'ev A.S., Drozdov I.A. Vlijanie razlichnyh frakcij i doz svinogo navoza na izmenenie soderzhanija gumusa i ego frakcionno-gruppovoj sostav v dernovo-podzolistoj pochve (The influence of various fractions and doses of pig manure on the change in the content of humus and its fractional-group composition in soddy-podzolic soil), *Agrohimicheskij vestnik*, 2020, No.1, pp. 25-31.
11. Titova V.I., Rybin R.N. Agrojekologija promyshlennogo svinoproizvodstva (Agroecology of industrial pig production), M.: Izd-vo «Sel'skohozjajstvennyje tehnologii», 2020, 172 s. DOI: 10.18720/SPBPU/2/z20-16.
12. GOST 31461-2012 Pomet pticy. Syr'e dlja proizvodstva organicheskikh udobrenij. Tehnicheskie uslovija (vveden v dejstvie v kachestve nacional'nogo standarta RF s 1 ijulja 2013 g.) (Bird droppings. Raw materials for the production of organic fertilizers. Specifications (entered into force as a national standard of the Russian Federation on July 1, 2013), M.: Standartinform, 2012, 8 p.
13. GOST 33830-2016. Udobrenija organicheskie na osnove othodov zhivotnovodstva. Tehnicheskie uslovija (Organic fertilizers based on animal waste. Specifications), M.: Standartinform, 2016, 15 p.
14. RD-APK 1.10.15.02-17 «Metodicheskie rekomendacii po tehnologicheskomu proektirovaniju sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniju navoza i pometa» (Guidelines for the technological design of systems for the removal and preparation for use of manure and litter).
15. Titova V.I., Mart'janova O.S. Pomet i navoz promyshlennogo ptice- i zhi-votnovodstva – othod proizvodstva ili organicheskoe udobrenie? (Litter and manure of industrial poultry and livestock - production waste or organic fertilizer?), *Rol' vuzovskoj nauki v razvitii agropromyshlennogo kompleksa: sborn. tr. mezhdunar. nauchno-prakt. konf.*(13-15.10.2021 g.) / FGBOU VO NGSHA, N. Novgorod, 2021, pp. 169-172.
16. Novikov M.N., Frolova L.D. Sideraty kak faktor optimizacii ispol'zovanija organicheskikh udobrenij (Green manure as a factor in optimizing the use of organic fertilizers), *Agrohimija*, 2015, No.4, pp. 44-53.
17. Frolova L.D., Novikov M.N. Biologizacija zemledelija kak faktor povyshe-nija plodorodija pochv i produktivnosti kormovyh sevooborotov (Biologization of agriculture as a factor in increasing soil fertility and productivity of fodder crop rotations), *Agropromyshlennye tehnologii Central'noj Rossii*, 2018, No. 2(8), pp. 71-77.

## Сведения об авторах

**В.И. Титова**<sup>1</sup> – д-р с.-х. наук, профессор;

**Е.Г. Белоусова**<sup>2</sup> – канд. с.-х. наук, доцент.

<sup>1,2</sup>Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, пр. Гагарина, 97, г. Нижний Новгород, Россия, 603107

<sup>1</sup>titovavi@yandex.ru, <sup>2</sup>tyurnikova.e@yandex.ru

## Information about the authors

**V.I. Titova**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor;

**E.G. Belousova**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci., Associate Professor.

<sup>1,2</sup>Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97, Prospekt Gagarina St., Nizhny Novgorod, Russia, 603107

<sup>1</sup>titovavi@yandex.ru, <sup>2</sup>tyurnikova.e@yandex.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 18.03.2022; одобрена после рецензирования 31.03.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 18.03.2022; approved after reviewing 31.03.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

Научная статья  
УДК 631.527:635.21  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_85

## ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ПЛАСТИЧНОСТЬ

©2022. Алексей Геннадьевич Тулинов<sup>1✉</sup>, Александр Юрьевич Лобанов<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Институт агробиотехнологий имени А.В. Журавского Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Республика Коми, Россия,  
<sup>1</sup>toolalgen@mail.ru

**Аннотация.** На базе Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Республика Коми, г. Сыктывкар) совместно с ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха (Московская область, п.г.т. Коренево) получено два новых сорта картофеля Зырянец и Вычегодский и один новый перспективный гибрид картофеля Печорский. Проведена оценка экологической пластичности генотипов данных сортов и гибрида путем расчета коэффициента условий среды и коэффициента линейной регрессии урожая по методикам S.A. Eberhart и W.A. Russell под редакцией В.А. Зыкина, а также проведена работа по оценке погодно-климатических факторов через гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК). Исследования проводились на опытном поле Института агробиотехнологий (кадастровый номер участка – 11:05:0104001:115; координаты – 61.661897, 50.762800) в течение трех лет с 2018 по 2020 гг. в питомнике учета урожая, согласно методическим указаниям по технологии селекционного процесса картофеля Е.А. Симакова. Схема посадки представлена четырехрядковыми деланками по 20 клубней со схемой подсадки 70x30 см, повторность – четырехкратная, учет урожайности – сплошной поделаночный на 80-й день после посадки. Анализ ГТК показал, что погодно-климатические условия Республики Коми очень нестабильны как по годам исследований, так и по периодам вегетации. Установлено, что наибольшее влияние на урожайность картофеля оказывают режимы увлажнения на этапах формирования клубней и товарной урожайности. Сорт Зырянец имеет полное соответствие изменению урожайности в зависимости от условий среды, что позволяет считать его наиболее адаптивным для данной зоны рискованного земледелия. У сорта Вычегодский и гибрида Печорский отмечена высокая зависимость от погодно-климатических условий, что может отрицательно влиять на урожайность в неблагоприятные годы. Однако, у гибрида Печорский в среднем за три года урожайность на 19,1% выше, чем у стандарта сорта Невский, что также делает его перспективным для возделывания на Севере.

**Ключевые слова:** урожайность, погодно-климатические условия, гидротермический коэффициент, коэффициент условий среды, линейная регрессия.

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания № FUUU-2022-0052 и при частичной финансовой поддержке гранта в рамках проекта НОЦ мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

**Введение.** Сорта, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков, таких как высокая урожайность, качество, устойчивость к болезням – это залог успешного конкурентного производства [1-3]. Однако, согласно данным ФГБУ «Россельхозцентр» в 2021 году доля зарубежных сертифицированных семян картофеля составляла 86,7%, в то время

как отечественных – всего 13,3 % [4]. Для повышения конкуренции отечественной селекции необходимо проводить постоянное сортообновление и расширение количества предлагаемых сортов, чтобы удовлетворить потребности производителей во всех двенадцати природно-климатических зонах Российской Федерации. Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН совместно с ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха, начиная с 2006 года, ведет селекционный процесс по созданию сортов картофеля, адаптивных к условиям I климатической зоны РФ. В результате этой работы в 2017 году был получен патент на новый сорт картофеля Зырянец (№ 9100 от 30.05.2017), в 2021 году – на сорт Вычегодский (№ 11742 от 07.06.2021), и в этом же году на государственное сортоиспытание передан перспективный гибрид для регистрации сорта Печорский (№ 85270/7853559 от 21.11.2021). Сорт картофеля Зырянец – среднеранний, продовольственного назначения, с урожайностью до 37,8 т/га. Масса товарного клубня 72-117 г. Содержание крахмала 12,4-17,5%. Сорт картофеля Вычегодский – среднеранний, продовольственного назначения, с урожайностью до 36,0 т/га. Масса товарного клубня 89-102 г. Содержание крахмала 13,7-20,9%. Гибрид картофеля Печерский – среднеранний, продовольственного назначения, с урожайностью до 35,8 т/га. Масса товарного клубня 59-202 г. Крахмалистость – 13,1-17,3%. Данные сорта и гибриды устойчивы к следующим болезням картофеля: раку, золотистой картофельной нематодой, фитофторозу, альтернариозу, ризоктониозу, черной ножке, парше обыкновенной [5, 6]. Финальной оценкой данных сортов и гибридов на перспективность возделывания в условиях Республики Коми стало проведение испытаний на определение их экологической пластичности. Данный параметр наиболее полно отображает взаимодействие связей «генотип растений – окружающая среда», показывая положительный отклик изучаемой культуры на улучшение условий выращивания и стабильность проявляемых признаков при их изменении [7].

*Цель исследований* – оценить сорта картофеля селекции Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на экологическую пластичность в условиях Республики Коми.

*Задачи исследований* – рассчитать коэффициенты условий среды, линейной регрессии урожайности и ГТК (гидротермический коэффициент), вывести закономерности между ними и урожайностью картофеля.

**Методика.** Исследования новых сортов и гибрида на экологическую пластичность проводились в Институте агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН с 2018 по 2020 гг. на опытном поле в питомнике учета урожая, заложенного согласно методическим указаниям, по технологии селекционного процесса картофеля [8]. Посадку осуществляли в начале июня. Схема посадки 70x30 см четырехрядковыми делянками по 20 клубней. Площадь одной делянки – 16,8 м<sup>2</sup>, общая площадь опыта – 268,8 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная. Учет урожайности – сплошной поделочный с 16,8 м<sup>2</sup> на 80-й день после посадки [9, 10]. Исследования проводились на сортах и гибриде собственной селекции: сорта Зырянец, Вычегодский и гибрид Печорский, в качестве стандарта использовался сорт Невский, рекомендованный для выращивания в I регионе Российской Федерации возделывания сельскохозяйственных культур [11]. Все исследуемые сорта, гибрид и стандарт относятся к среднеранней группе [12]. Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием в среднем: 3,3% гумуса (ГОСТ 26213-91), 90,0 мг/кг азота (ГОСТ 26107-84), 597,5 мг/кг фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) и 103,7 мг/кг почвы калия (ГОСТ Р 54650-2011). Кислотность почвы (рН<sub>сол.</sub>) – 6,4 (ГОСТ 26483-85). Анализы почвы выполнены по общепринятым методикам и ГОСТам в аналитической лаборатории ФГБУ САС «Сыктывкарская» (Республика Коми, г. Сыктывкар). Минеральные удобрения внесены во время вспашки, согласно рекомендациям для Северо-Западного региона Российской Федерации [13]. Параметры экологической пластичности урожайности картофеля проводили согласно

методике S.A. Eberhart и W.A. Russell под редакцией В.А. Зыкина [14, 15]. Оценку природно-климатических условий, складывающихся в период вегетации, проводили путем расчета гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) [16, 17].

**Результаты.** Поскольку на урожайность картофеля оказывает значительно влияние не

только температура и количество осадков за весь период вегетации, но и в отдельные месяцы (особенно во время закладки клубней и набором ими товарной массы), то расчет ГТК провели не только за весь период выращивания картофеля с июня по август, но и по каждому месяцу отдельно. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

ГТК за период проведения исследований 2018-2020 гг.

Период исследований (месяц)	Год исследований		
	2018	2019	2020
Июнь	1,12	2,25	0,63
Июль	1,52	2,81	0,93
Август	1,06	1,56	1,59
За весь период	1,26	2,27	1,04

Анализ расчетов ГТК показывает, что в 2018 и 2020 годах уровень увлажнения был недостаточным, а в 2019 – избыточным. Однако, если рассматривать данный коэффициент по месяцам, то в 2018 году недостаток влаги был только в начале и конце вегетации, в то время как в июле количество влаги было достаточным. Хотя общий уровень увлажнения 2019 года был избыточным, во время формирования урожая (август) его уровень снизился до нормальных значений. В 2020 году, напротив, недостаток влаги отмечен в июне и июле.

Наибольший интерес представляет анализ ГТК с коэффициентом условий среды  $I_j$  (табл. 2).

Так коэффициент условий среды показывает, что наиболее благоприятно на урожайность картофеля влияет избыточное увлажнение (ГТК=2,27), отмеченное в 2019 году, в то время как недостаточное количество влаги 2018 и 2020 годах оказывало значительный отрицательный эффект. При этом стоит отметить, что

худший индекс условий среды отмечен в 2018 году ( $I_j=-5,0$ ) на фоне низкого ГТК июня, когда происходило формирование будущего растения, и августа – во время закладки и формирования урожая картофеля. При этом индекс условий среды 2020 года был не настолько низок, как в 2018 г., несмотря на два засушливых месяца. Это объясняется тем, что в августе, когда происходит набор товарной массы клубней средне-ранних сортов и гибрида картофеля, высаженных в начале июня, ГТК составлял 1,59, что является достаточным уровнем увлажнения. На основе анализа связи коэффициента условий среды и ГТК можно сделать вывод о том, что в условиях Республики Коми наибольшее влияние на формирование урожая оказывает уровень увлажнения на конечном периоде развития растений картофеля в августе.

Таблица 2

Результаты оценки условий среды и экологической пластичности сортов и гибридов картофеля по параметру урожайности за 2018-2020 гг.

Сорт/гибрид	Год исследований			Средняя урожайность, т/га	Прибавка по отношению к контролю, ±%	Коэффициент линейной регрессии урожайности $b_1$
	2018	2019	2020			
Печорский	22,9	39,2	33,4	31,8	+19,1	1,4
Зырянец	21,4	33,2	26,4	27,0	+1,1	1,0
Вьчегодский	17,0	31,9	23,4	24,1	-9,7	1,3
Невский, st.	28,5	29,9	21,8	26,7	-	0,3
НСР <sub>05</sub>	4,3	5,2	4,9	4,2		
Коэффициент условий среды $I_j$	-5,0	6,1	-1,2			



Оценку экологической пластичности новых сортов и гибрида собственной селекции проводили по коэффициенту линейной регрессии урожая  $b_1$ . Данный параметр показывает, насколько изучаемые генотипы растений отзывчивы на условия выращивания. Так, стандарт сорт Невский имеет коэффициент ниже 1, что говорит о его слабой реакции на изменения природно-климатических условий. Такой сорт будет давать стабильные урожаи при значительном колебании среды. Коэффициент линейной регрессии урожая у сорта Зырянец составляет 1, что полностью соответствует изменению урожайности сорта в зависимости от погодно-климатических условий. У сорта Вычегодский и гибрида Печорский коэффициент линейной регрессии урожая больше 1, что указывает на их высокую отзывчивость при изменении погодно-климатических условий, и урожайность будет тем выше, чем лучше будут условия для вегетации и формирования клубней картофеля.

Оценка экологической пластичности особенно важна в увязке со средней урожайностью изучаемых сортов и гибридов. Наибольшую урожайность в среднем за три года исследований показал гибрид Печорский – 31,8 т/га, что на 19,1% выше, чем у стандарта ( $НСР_{05}=4,2$  т/га). Поскольку данный гибрид обладает коэффициентом линейной регрессии выше 1, то он является наиболее перспективным для выращивания в условиях Республики

Коми. Сорта Зырянец и Вычегодский имеют урожайность на уровне стандарта, но при этом Зырянец с коэффициентом линейной регрессии равным 1 может давать урожайность как выше, так и ниже стандарта сорта Невский, а сорт Вычегодский с коэффициентом больше 1 будет значительно проигрывать стандарту в урожайности, в случае даже незначительного ухудшения погодно-климатических условий.

**Выводы.** По результатам оценки экологической пластичности новых сортов и гибрида в погодно-климатических условиях Республики Коми установлено, что наибольшее влияние на урожайность картофеля оказывают режимы увлажнения на этапах формирования клубней и товарной урожайности. На основании коэффициента расчета линейной регрессии установлено, что у сорта Зырянец имеется полное соответствие изменения урожайности условиям среды, что позволяет считать его наиболее адаптивным для условий Республики Коми. У сорта Вычегодский и гибрида Печорский отмечена высокая зависимость от погодно-климатических условий, что может отрицательно влиять на урожайность в неблагоприятные годы. Однако у гибрида Печорский в среднем за три года урожайность на 19,1% выше, чем у стандарта сорта Невский, что также делает его перспективным для возделывания на Севере.

#### Список источников

1. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А. Сортовые ресурсы картофеля для целевого выращивания // Картофель и овощи. 2017. № 11. С. 24-26.
2. Derek H.L., Zhiming Z., Bernie J.Z., Ralph C.M. Organic amendment effects on tuber yield, plant N uptake and soil mineral N under organic potato production // Renewable Agriculture and Food Systems. 2008. № 23(3). Pp. 250-259.
3. Silva G.O., Pereira A.S., Azevedo F.Q., Carvalho A.D.F., Pinheiro J.B. Selection of Canadian potato clones for agronomic and frying quality traits // Horticultura Brasileira. 2019. № 37. Pp. 423-428.
4. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Гайзатулин А.С. Развитие отечественной селекции и семеноводства картофеля на принципах государственно-частного партнерства // Картофель и овощи. 2021. № 12. С. 3-7.
5. 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.
6. Тулинов А.Г., Лобанов А.Ю. Вычегодский – новый сорт картофеля для Республики Коми // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(2). С. 100-106.
7. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
8. Симаков Е.А., Скларова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. 70 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. 416 с.
10. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 650 с.

11. Шморгунов Г.Т., Тулинов А.Г., Конкин П.И., Коковкина С.В., Юдин А.А., Облизов А.В. Развитие агротехнологий повышения продуктивности картофелеводства в условиях Севера: монография. Сыктывкар: ФГБНУ НИИСХ Республики Коми; ГОУ ВО КРАГСиУ, 2016. 127 с.
12. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорты растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
13. Коршунов А.В. Картофель России. Том 2. М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2003. 324 с.
14. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. № 6. Pp. 36-40.
15. 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.
16. Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. Динамика увлажнения и теплообеспеченности в переходных ландшафтных зонах по спутниковым и метеорологическим данным в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. № 12(2). С. 162-172.
17. Зинковский В.Н., Зинковская Т.С. Учет атмосферных осадков при агрометеорологических расчетах // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 5(71). С. 130-135.

## ENVIRONMENTAL PLASTICITY EVALUATION OF NEW POTATO VARIETIES AND HYBRIDS

©2022. **Aleksei G. Tulinov**<sup>1✉</sup>, **Aleksander Yu. Lobanov**<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Institute of Agrobiotechnologies named after A.V. Zhuravsky Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Komi Republic, Russia,

<sup>1</sup>toolalgen@mail.ru

**Abstract.** The Institute of Agrobiotechnologies Federal Research Center Komi Scientific Center Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Komi Republic, Syktывkar) together with Russian Potato Research Center named after A.G. Lorkh (Moscow region, urban village Korenevo) received two new varieties of potatoes Zyryanets and Vychevodsky and one new promising potato hybrid Pechorsky. An assessment of the ecological plasticity of the genotypes of these varieties and a hybrid was carried out by calculating the coefficient of environmental conditions and the coefficient of linear regression of the yield according to the methods of S.A. Eberhart and W.A. Russell, edited by V.A. Zykin, as well as work was carried out to assess the weather and climate factors through G.T. Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC). The studies were carried out on the experimental field of the Institute of agrobiotechnology (cadastral number of the site – 11:05:0104001:115; coordinates – 61.661897, 50.762800) for three years from 2018 to 2020 in the nursery of crop accounting, according to the guidelines on E.A. Simakov technology of the potato breeding process. The planting scheme is represented by four-row plots of 20 tubers each with a replanting scheme of 70x30 cm, the repetition is four times, and the yield is recorded as a continuous plot on the 85th day after planting. The analysis of the HTC showed that the weather and climatic conditions of the Komi Republic are very unstable, both in years of research and in vegetation periods. It has been established that the moisture regimes at the stages of tuber formation and marketable yields have the greatest impact on potato yield. Variety Zyryanets has a full compliance with the change in yield from environmental conditions, which allows us to consider it the most adaptive for this zone of risky farming. The variety Vychevodsky and the hybrid Pechorsky have a high dependence on weather and climatic conditions, which can adversely affect the yield in unfavorable years. However, the Pechorsky hybrid has an average yield of 19.1% over three years compared to the Nevsky variety standard, which also makes it promising for cultivation in the North.

**Key words:** productivity, weather and climatic conditions, hydrothermal coefficient, coefficient of environmental conditions, linear regression.

**Acknowledgement:** The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment No. FUUU-2022-0052 and with partial financial support from a grant within the framework of the world-class SEC project «Russian Arctic: new materials, technologies and research methods».

## References

1. Simakov E.A., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A. Sortovye resursy kartofelya dlya tselevogo vyrashchivaniya (Varietal resources of potato for aimed cultivation), *Kartofel' i ovoshchi*, 2017, No. 11, pp. 24-26.
2. Derek H.L., Zhiming Z., Bernie J.Z., Ralph C.M. Organic amendment effects on tuber yield, plant N uptake and soil mineral N under organic potato production, *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2008, No. 23(3), pp. 250-259.
3. Silva G.O., Pereira A.S., Azevedo F.Q., Carvalho A.D.F., Pinheiro J.B. Selection of Canadian potato clones for agronomic and frying quality traits, *Horticultura Brasileira*, 2019, No. 37, Pp. 423-428.
4. Simakov E.A., Anisimov B.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Gaizatulin A.S. Razvitiye otechestvennoy seleksii i semenovodstva kartofelya na printsipakh gosudarstvenno-chastnogo partnerstva (Development of domestic potato breeding and seed production on the principles of public-private partnership), *Kartofel' i ovoshchi*, 2021, No. 12, pp. 3-7.
5. 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.
6. Tulinov A.G., Lobanov A.Yu. Vychegodskiy – novyy sort kartofelya dlya Respubliki Komi (Vychegodsky – a new potato cultivar for the Republic of Komi), *Trudy po prikladnoy botanike. genetike i seleksii*, 2021, No. 182(2), pp. 100-106.
7. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekolo-gicheskoy plastichnosti sel'skhozaystvennykh rastenij (Methodology for calculating and evaluating the parameters of ecological plasticity of agricultural plants), Ufa, BashGAU, 2005, 100 p.
8. Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M. Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii seleksionnogo protsessa kartofelya (Methodical instructions on the technology of selection process of potato), Moscow, LLC «Redaktsiya zhurnala «Dostizheniya nauki i tekhniki APK», 2006, 70 p.
9. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy (Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results), Moscow, Kolos, 1979, 416 p.
10. Litvinov S.S. Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve (Methods of field experience in vegetable growing), Moscow, Rosselkhozakademiy, 2011, 650 p.
11. Shmorgunov G.T., Tulinov A.G., Konkin P.I., Kokovkina S.V., Yudin A.A., Oblizov A.V. Razvitiye agrotekhnologii povysheniya produktivnosti kartofel'evodstva v usloviyakh Severa: monografiya (The development of agricultural technologies to increase the productivity of potato growing in the North: a monograph), Syktyvkar, FGBNU NIISKh Respubliki Komi, GOU VO KRAGSIU, 2016, 127 p.
12. Gosudarstvennyi reestr seleksionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenii (ofitsial'noe izdanie) (State register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. «Plant varieties» (official edition)), Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021, 719 p.
13. Korshunov A.V. Kartofel' Rossii. Tom 2 (Russian potatoes. Volume 2), Moscow, LLC «Redaktsiya zhurnala «Dostizheniya nauki i tekhniki APK», 2003, 324 p.
14. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties, *Crop Science*, 1966, No. 6, pp. 36-40.
15. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapaga V.A. Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii, ikh raschet i analiz: metodicheskie rekomendatsii (Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: methodological recommendations), Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie VASKhNIL, 1984, 24 p.
16. Vinogradova V.V., Titkova T.B., Cherenkova E.A. Dinamika uvlazhneniya i teploobespechennosti v perekhodnykh landshaftnykh zonakh po sputnikovym i meteorologicheskim dannym v nachale XXI veka (Dynamics of humidification and heat supply in transitional landscape zones based on satellite and meteorological data at the beginning of the 21st century), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, No. 12(2), pp. 162-172.
17. Zinkovsky V.N., Zinkovskaya T.S. Uchet atmosferykh osadkov pri agromeliorativnykh raschetakh (Considering atmospheric precipitations at agromeliorative calculations), *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2018, No. 5(71), pp. 130-135.

## Сведения об авторах

**А.Г. Тулинов**<sup>1✉</sup> – канд. с.-х. наук;

**А.Ю. Лобанов**<sup>2</sup> – младший научный сотрудник.

<sup>1,2</sup> Институт агробιοтехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, 27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 167023

<sup>1</sup>toolalgen@mail.ru

## Information about the authors

**A.G. Tulinov**<sup>1✉</sup> – Cand. Agr. Sci.;

**A.Yu. Lobanov**<sup>2</sup> – Junior Researcher.

<sup>1,2</sup> Institute of agrobiotechnologies. A.V. Zhuravsky Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya St., Syktyvkar, Komi Republic, Russia, 167023

<sup>1</sup>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 07.04.2022; одобрена после рецензирования 13.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 13.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

Научная статья  
УДК 633.2:631.559:631.4152  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_91

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ КИСЛЫХ ПОЧВАХ

©2022. Валентин Алексеевич Фигурин<sup>1</sup>, Антонина Павловна Кислицына<sup>2</sup>✉,

<sup>1,2</sup>Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров, Россия,  
<sup>2</sup>niish-sv@mail.ru

**Аннотация.** Работа выполнена в ФАНЦ НИИСХ Северо-Востока в 2005-2020 гг. Исследования проводили с целью выявления продуктивных и устойчивых сортов клевера лугового нового поколения, а также лядвенца рогатого сорта Солнышко в одновидовых посевах и в смеси с тимофеевкой луговой на дерново-среднеподзолистых кислых почвах с содержанием в пахотном слое подвижного алюминия от 4,23 до 5,54 мг/кг почвы. С целью повышения продуктивности лядвенце-тимофеечной травосмеси изучались различные виды минеральных удобрений, включая известь и фосфоритную муку при предпосевном внесении. Показано, что на дерново-подзолистых сильнокислых почвах высокой урожайностью на протяжении трёх лет пользования выделялся ультрараннеспелый тетраплоидный сорт клевера лугового Кудесник и его травосмеси как с тимофеевкой луговой Ленинградская 204, так и с лядвенцем рогатым Солнышко; при использовании трав более трёх лет – лядвенце-тимофеечная травосмесь. Изучение предпосевного внесения удобрений под травосмесь лядвенца с тимофеевкой луговой проводили на дерново-среднеподзолистой сильнокислой почве с содержанием подвижного фосфора 68 мг/кг почвы, обменного калия 107 мг/кг почвы, гумуса (1,9%). Установлено, что внесение минеральных удобрений ( $P_{60}K_{60}$  и  $N_{30}P_{60}K_{60}$ ) под предпосевную культивацию повышало урожайность зелёной массы многолетних трав по сравнению с контролем без удобрений соответственно на 29,1 и 31,0%, а при совместном внесении с известью (3т/га) – почти на 40%, при урожайности на контроле 14,71 т/га. Внесение фосмуки и извести способствовало достоверному росту урожайности зелёной массы травосмеси только в год посева.

**Ключевые слова:** клевер луговой (*Trifolium pretense* L.), ляденец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), травосмеси, известь, фосмука, минеральные удобрения, урожайность, сухое вещество, обменная энергия.

**Введение.** В Нечернозёмном регионе европейской части России велика роль многолетних трав, особенно семейства бобовых, незаменима их роль в повышении плодородия почвы, улучшении её биологических и физических свойств, сохранении внешней среды [1, 2].

Из многолетних бобовых трав наиболее значим клевер луговой, который обладает активной симбиотической фиксацией атмосферного азота, что позволяет полностью или частично заменить применение азотных удобрений под последующие культуры [3, 4, 5].

Исследования ряда авторов показывают, что влияние многолетних трав на плодородие почв определяется их продуктивностью [5, 6, 7]. Г.С. Посыпанов [8], отмечал, что повышение содержания органического вещества в почве может быть только при урожайности многолетних трав не менее 3,5...4,0 т/га сена.

Поэтому необходимо находить оптимальные решения для повышения урожайности трав и на сильнокислых дерново-подзолистых почвах, площади которых при сокращении объёмов известкования в последние годы возрастают.

В Нечернозёмной зоне европейской части России доля кислых почв с рН до 5,5 составляет более 63% [9], в Кировской области – их площадь увеличилась до 74,6% от обследуемой пашни [10]. Увеличение пахотных угодий с кислыми почвами затрудняет получение высоких урожаев многолетних бобовых трав и, главным образом, основной культуры полевых и кормовых севооборотов – клевера лугового. Оптимальная реакция почвенной среды для клевера лугового (рН 6-7). В последние годы успешно ведётся эдафическая селекция, создаются новые сорта клевера лугового с различными биологическими свойствами, в том числе и толерантные к кислотности почвы. Вопросы их успешного возделывания, в том числе и в составе смешанных посевов с культурами достаточно устойчивыми к кислотности почвы, изучены недостаточно.

*Цель исследований* – выявить наиболее продуктивные с устойчивой по годам урожайностью агрофитоценозы клевера лугового новых сортов, лядвенца рогатого и их травосмесей на дерново-среднеподзолистых кислых почвах.

Дать оценку различных видов минеральных удобрений, включая фосфоритную муку, а также известь по их влиянию на повышение урожайности лядвенце-тимофеечной травосмеси при предпосевном внесении.

**Методика.** Многолетние исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (с. Красное) на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве. В пахотном слое почвы содержалось: гумус (по Тюрину) – 2,1%,  $P_2O_5$  – 179 и  $K_2O$  – 132 мг/кг почвы (по Кирсанову),  $pH_{\text{сол.}}$  – 3,9,  $Al$  – 5,5 мг/100 г почвы (в среднем по 3 закладкам).

Изучали сорта клевера лугового нового поколения: Кудесник – тетраплоидный, ультранеспелый, Мартум – раннеспелый, двуукосный, так и Кировский 159 – стародавний, одноукосный, позднеспелый. Сорт

лядвенца рогатого Солнышко – раннеспелый, характеризуется долговечностью, не поражается вредителями и болезнями, зимо- и засухоустойчивый [11] (оригинатор НИИСХ Северо-Востока, г. Киров). Злаковый компонент в травосмесях – тимофеевка луговая Ленинградская 204 (Северо-Западный НИИСХ), зимостойкая, позднеспелая и высокопродуктивная.

Многолетние травы высеяны под покров ячменя, предшественник – вико-овсяная смесь. Перед посевом внесены минеральные удобрения в дозе  $(NPK)_{60}$ .

Уборку зелёной массы проводили два раза за вегетацию сплошным способом. Первый укос – в фазу начала цветения бобового компонента, второй укос – в третьей декаде августа.

Опыт по оценке действия извести, фосфоритной муки и минеральных удобрений на продуктивность травосмеси лядвенца рогатого с тимофеевкой луговой был проведён в 2017-2020 гг. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве с низким содержанием гумуса (1,9%). Содержание подвижного фосфора и обменного калия в слое 0-20 см составляло 68 и 107 мг/кг почвы соответственно. Реакция почвенной среды сильнокислая ( $pH_{\text{сол.}}$  – 4,25), подвижного алюминия – от 4,23 до 5,54 мг/кг почвы.

Суперфосфат простой (26% д.в.), фосфоритную муку ( $P_2O_5$  – 19%,  $Ca$  – 50%), известь тонкого помола – осаждённый карбонат кальция (ОКК), с содержанием 85%  $CaCO_3$  вносили весной перед предпосевной культивацией в соответствии со схемой опыта (табл. 2).

Объект исследований – лядвенце-тимофеечная травосмесь, сорт лядвенца рогатого Солнышко и тимофеевки луговой Ленинградская 204. Высевали травы по чистому пару беспокровно в весенний период. Повторность в опыте четырёхкратная. Общая площадь делянки 20 м<sup>2</sup>, учётная – 14 м<sup>2</sup>.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения опытов существенно различались. Лето 2017 года было прохладным и дождливым (ГТК-1,99). При

высоких температурах в мае и первой половине июня 2018 года выпало только 64% осадков от климатической нормы. В 2019 году при жаркой погоде в мае июль и август были прохладными и сухими. 2020 год – тёплая погода и обилие осадков в мае, с периодически сухими и влажными периодами в летние месяцы – был благоприятным для роста и развития многолетних трав. Условия перезимовки трав были близки к среднемноголетним.

**Результаты.** По сбору сухого вещества в первый год пользования травами достовер-

но высокой продуктивностью выделялась тройная травосмесь – клевер луговой сорта Кудесник + лядвенец рогатый Солнышко + тимофеевка луговая Ленинградская 204 – 8,78 т/га (табл. 1), во второй год пользования – два раннеспелых сорта клевера лугового (Кудесник и Мартум), а также травосмеси с сортом Кудесник. На третьем году пользования проявлялось преимущество травосмесей с сортом Кудесник.

Таблица 1

Продуктивность агрофитоценозов многолетних трав в зависимости от состава травостоев, т/га (в среднем по трём закладкам)

Сорта клевера и травосмеси	Сбор сухого вещества, т/га					В среднем за 3 года	
	1 г.п.	2 г.п.	3 г.п.	в среднем за 3 года	4 г.п.	выход ОЭ, ГДж/га	КЭЭ
Кировский 159	6,85	6,85	5,83	6,51	2,97*	63,0	7,7
Дымковский	6,98	6,97	5,52	6,49	3,28*	65,9	7,7
Кудесник	7,96	8,85	7,75	8,19	2,77*	80,9	7,5
Мартум	6,68	8,04	6,46	7,06	2,65*	71,0	7,6
Кудесник+timoфеевка луговая	7,21	10,37	8,76	8,78	3,98	86,2	7,9
Кудесник+лядвенец рогатый	8,34	10,08	8,83	9,08	3,29	85,9	7,4
Кудесник+лядвенец+ тимофеевка луговая	8,78	10,04	8,54	9,12	4,26	89,0	7,8
Лядвенец рогатый	5,64	7,62	6,48	6,58	5,02	63,1	7,0
Лядвенец+timoфеевка луговая	6,16	9,01	7,75	7,64	5,68	72,7	7,7
Тимофеевка луговая, N <sub>0</sub>	2,88	1,67	2,37	2,31	2,17	21,1	6,6
Тимофеевка луговая, N <sub>45</sub>	7,30	7,37	4,49	6,39	4,05	61,8	5,3
НСР <sub>05</sub>	1,57	1,61	0,79	0,99	0,15		

Примечание: \* кроме третьей закладки

Преимущество травосмесей (клевер + тимофеевка и клевер + люцерна + тимофеевка) было отмечено и в условиях Среднего Предуралья на дерново-подзолистой плодородной почве [12].

Из изучаемых сортов клевера лугового наиболее устойчивую продуктивность по годам наблюдений имел сорт Кудесник. Коэффициент вариации сбора сухого вещества его одновидового посева оценивается как низкий (V-7,26%). Также высокой устойчивостью сбора сухого вещества обладает тройная травосмесь (клевер луговой Кудесник + лядвенец рогатый + тимофеевка луговая) (V-8,05%) на 95% уровне значимости. Устойчивость продуктивности ультрараннеспелого сорта обусловлена его ранним отрастанием и интенсивным ростом в весенний период, когда в почве

содержится достаточное количество влаги, и тем, что он ежегодно способен формировать вторые полноценные укосы.

Более высокие и устойчивые по годам сборы сухого вещества формирует совместный посев лядвенца с тимофеевкой луговой – 7,64 т/га, по сравнению с одновидовым посевом лядвенца – 6,58 т/га, а также по сравнению с клевером Кировский 159 – 6,51 т/га.

Участие тимофеевки в урожае смесей имело значительные колебания по закладкам опыта и зависело от кислотности почвы и содержания в ней ионов алюминия. Если в первой закладке опыта на среднекислой почве доля тимофеевки в урожае первого укоса в первый год пользования составляла

3% (в сухом веществе), то в третьей – на сильнокислой почве доходила до 40%.

В первой закладке к третьему году использования сохранилось 90 растений на 1м<sup>2</sup>, тогда как на третьей – в 2 раза меньше. Однако продуктивность травосмесей не снижалась в обеих закладках благодаря более кислотоустойчивой тимофеевке луговой. Её доля в урожае на сильнокислой почве доходила до 68% (по сухому веществу).

По выходу обменной энергии (ОЭ) выделялся сорт Кудесник – 80,9 ГДж/га, а также все травосмеси с ним, 85,1...89,1 ГДж/га.

Продуктивность тимофеевки луговой на уровне диплоидных сортов клевера лугового была возможна только при внесении азотных удобрений (N<sub>45</sub> под каждый из двух укосов). При этом КЭЭ (коэффициент энергетической эффективности) снижался до 4,7.

К четвёртому году пользования продуктивность клевера лугового всех сортов резко снижалась из-за сильного изреживания, а на сильно кислой почве (третья закладка) клевер погиб полностью. Продуктивность травосмесей, особенно лядвенца с тимофеевкой, была

достоверно выше одновидовых посевов. В структуре урожая доля как лядвенца, так и тимофеевки составляла около 50%.

Для более продолжительного использования травостоев с клевером луговым рекомендуются и другие долголетние бобовые травы – люцерна изменчивая, козлятник восточный [4, 13].

При кризисном состоянии сельского хозяйства и невозможности одноразового внесения оптимальных доз извести и минеральных удобрений нами проведены исследования по внесению уменьшенных доз извести и минеральных удобрений под предпосевную культивацию при посеве лядвенце-тимофеечной травосмеси, с учётом того, что больше всего на повышенную кислотность и недостаток элементов минерального питания реагируют молодые растения.

Внесение минеральных удобрений и мелкодисперсного известкового материала, осадённого карбоната кальция (ОКК) под предпосевную культивацию отразились на изменении агрохимических свойств почвы (табл. 2).

Таблица 2

Изменение кислотности в пахотном слое дерново-подзолистой почвы по годам исследований (среднее из двух повторений)

Варианты	2018 г.		2019 г.	
	0-10см	10-20 см	0-10см	10-20 см
Без удобрений	4,20	4,20	4,32	4,17
Известь,3 т/га	5,60	4,22	4,90	4,30
Фосмука, 1 т/га	4,50	4,16	4,38	4,12
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,31	4,20	4,19	4,15
Известь,3т/га + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,86	4,25	4,63	4,15
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	4,23	4,10	4,21	4,15
Известь, 3 т/га+P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	5,34	4,20	4,64	4,10
Фосмука,1 т/га +K <sub>60</sub>	4,44	4,16	4,28	4,16

Отмечено снижение кислотности в поверхностном (0-10 см) слое почвы к концу вегетационного периода 2018 года, причём более значимое, на 1,2 ед. рН на делянке, где не вносились минеральные удобрения. ОКК обладает высокой химической активностью, и при заделке в почву достигается нормативный сдвиг рН уже к концу года внесения или на второй год, что обусловлено большей

площадью поверхности взаимодействия мелиоранта с почвой [14]. В слое почвы 10...20 см изменений не наблюдалось. Внесение фосфоритной муки не отразилось на изменении кислотности почвы.

Под лядвенце-тимофеечными травостоями 3 года жизни отмечалось повышение кислотности в верхнем слое почвы всех вариантов опыта, более высокое – на известкован-

ных делянках. Изменения связаны не только с промыванием кальция, но, главным образом, с высоким выносом кальция и магния с урожаем лядвенце-тимофеечной смеси. В наших опытах, проведённых ранее, было установлено, что вынос кальция с урожаем лядвенце-тимофеечной смеси при двуукосном скашивании травостоев достигал 58,0...76,2 кг/га в год. В работе [15] также

отмечена тенденция подкисления почвы под травостоями бобовых трав при двухразовом отчуждении зелёной массы за сезон, что обусловлено высоким выносом кальция и магния с урожаем трав.

Внесение фосфоритной муки (1т/га) привело к значительному росту содержания подвижного фосфора (на 135...163%) только в слое заделки культиватором 0...10 см (табл. 3).

Таблица 3

Содержание подвижного фосфора и обменного калия в дерново-подзолистой почве под травостоями лядвенце-тимофеечной смеси по годам наблюдений, мг/кг

Варианты	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Без удобрений (контроль)	<u>71,7±14,3</u> 60,8± 12,2	<u>59,1±11,8</u> 57,0±11,4	<u>106,8±14,6</u> 97,6± 13,5	<u>104,2±14,5</u> 91,4± 12,9
Известь, 3 т/га	<u>69,2 ±13,8</u> 52,4±10,5	<u>67,7±13,5</u> 70,9±14,2	<u>92,4 ±12,3</u> 88,5±11,5	<u>106,9±16,6</u> 104,1±19,8
Фосмука, 1 т/га	<u>168,7± 33,7</u> 57,4±11,5	<u>143,2±28,6</u> 74,9±15,0	<u>91,1± 12,7</u> 88,5±11,9	<u>111,8± 19,4</u> 102,9±17,5
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	<u>78,9± 15,8</u> 54,6±10,9	<u>79,4±15,9</u> 59,9±11,9	<u>106,8± 16,2</u> 85,9±11,5	<u>110,5±18,3</u> 88,8±14,5
Известь, 3 т/га + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	<u>88,3±17,6</u> 70,0±14,0	<u>83,5±16,7</u> 57,6±11,5	<u>102,9±15,8</u> 98,9±15,8	<u>104,2±16,8</u> 81,2±12,2
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	<u>83,4±16,7</u> 74,8±15,0	<u>77,9±15,6</u> 66,7±13,3	<u>104,2±16,2</u> 92,4±13,8	<u>106,7±16,8</u> 96,5±14,5
Известь, 3 т/га + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> +N <sub>30</sub>	<u>88,7±17,7</u> 81,4±16,3	<u>78,6±15,7</u> 63,3±12,6	<u>108,1±15,8</u> 100,2±14,6	<u>104,2±16,0</u> 88,8±12,9
Фосмука, 1 т/га + K <sub>60</sub>	<u>188,8±37,8</u> 82,9±16,6	<u>135,7±27,1</u> 69,9±14,0	<u>106,8±16,2</u> 102,9±15,0	<u>102,9±15,2</u> 92,7±12,2

Многолетние травы являются калиелюбивыми культурами и отличаются высоким выносом калия с урожаем [15]. В наших исследованиях ежегодный вынос калия при двуукосном отчуждении биомассы составлял 102 кг/га (среднее за три года), но достоверного снижения содержания обменного калия от первоначального уровня в пахотном слое не отмечалось. Наблюдалось разделение пахотного слоя по его содержанию, также как и подвижного фосфора – в нижней части 10-20 см происходило снижение по отношению к поверхностному слою. Очевидно, что основное потребление элементов питания происходило из более увлажнённого слоя пахотного горизонта почвы.

В год посева трав весной 2017 года погодные условия были благоприятными для появления дружных всходов лядвенца рога-

того. На делянках с внесением фосмуки число всходов лядвенца рогатого составило 569 растений на 1м<sup>2</sup> при всхожести 75,95 и было выше, чем в контрольном варианте (509 раст./м<sup>2</sup>). На остальных вариантах опыта всхожесть незначительно снижалась. Всхожесть семян тимофеевки луговой составляла от 42,2 до 51,8% от высеванных семян и составила от 289 до 355 раст./м<sup>2</sup>.

Минеральные удобрения, включая фосмуку и известь, внесённые под культивацию, обеспечили благоприятные условия в первые фазы роста и дальнейшее нормальное развития растений. Уже в год посева во всех вариантах опыта отмечается повышение урожайности зелёной массы трав от 2,46 до 5,71 т/га по сравнению с контролем (табл. 4). Во второй год жизни урожайность зелёной массы за два укоса превышала контрольный вариант



на всех вариантах опыта, кроме делянок ем фосмуки. только с известкованием и только с внесении-

Таблица 4

Влияние извести и минеральных удобрений на продуктивность лядвенце-тимофеечной смеси, т/га

Варианты	Урожайность зелёной массы				В среднем за первые 3 г. ж.	
	год жизни трав				зелёная масса	сбор сухого вещества
	1	2	3	4		
Без удобрений	8,73	17,60	17,80	28,04	14,71	3,86
Известь, 3т/га	11,90	20,89	19,67	29,39	17,25	4,56
Фосмука, 1 т/га	11,55	20,12	17,52	29,17	16,60	4,27
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,18	21,71	19,34	29,77	18,08	4,69
Известь, 3т/га + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,76	24,62	23,09	28,59	20,49	5,40
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	14,18	24,35	19,28	29,41	19,27	5,17
Известь, 3т/га + P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>30</sub>	14,44	26,00	21,30	28,93	20,58	5,55
Фосмука, 1т/га + K <sub>60</sub>	13,26	21,85	18,78	29,03	17,97	4,48
НСР <sub>05</sub>	2,26	4,0	3,09	Fφ<Fт	2,54	1,25

В третий год жизни урожайность зелёной массы за два укоса только на делянках с совместным внесением минеральных удобрений и извести достоверно превышала контрольный вариант. На четвёртый год жизни достоверных различий по вариантам опыта не отмечено.

В среднем за первые три года максимальная урожайность зелёной массы и сбор сухого вещества были получены в вариантах опыта с одновременным внесением извести и минеральных удобрений.

**Выводы.** 1. На дерново-среднеподзолистых сильнокислых почвах со средним содержанием гумуса, высоким – фосфора и повышенным – калия из всех изучаемых сортов клевера лугового высокую продуктивность на протяжении 3 лет обеспечивал ультрараннеспелый тетраплоидный сорт клевера лугового Кудесник; включение в травосмеси с ним кислотоустойчивых культур, та-

ких как, тимофеевка луговая и лядвенец рогатый способствует увеличению продуктивности травостоев; при использовании трав более трёх лет целесообразнее высевать лядвенце-тимофеечную травосмесь.

2. Тимофеевка луговая в травосмесях с многолетними бобовыми травами исполняет роль страховой культуры на случай изреживания или снижения продуктивности бобового компонента.

3. На дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой сильнокислой почве при среднем содержании подвижного фосфора и обменного калия предпосевное внесение минеральных удобрений (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) под лядвенце-тимофеечную травосмесь при весеннем посеве повышало урожайность зелёной массы по сравнению с контролем на 29,1% и на 31,0%, соответственно, а при совместном внесении с известью – почти на 40%.

#### Список источников

1. Шпаков А.С. Средообразующая роль многолетних трав в Нечернозёмной зоне // Кормопроизводство. 2014. №9. С. 12-7.
2. Завалин Н.А., Соколов О.Н., Шмырёва Н.Я. Экология азотфиксации. М.: РАН. 2019. С.29-94.
3. Potential of legume based grassland–livestock systems in Europe: a review / A. Lüscher [et al.] // Grass and Forage Science. 2014. Vol. 69. № 2. P. 206-228.
4. Конончук В.В., Штырхунов В.Д., Благовещенский Г.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Соболев С.В. Урожайность, азотфиксирующая способность многолетних трав различного видового состава и поступление симбиотически связанного азота в малый биологический круговорот в центральном Нечерноземье // Агрохимия. 2019. №1. С. 48-57.
5. Фигурин В. А. Выращивание многолетних трав на корм. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2013.188 с.
6. Supporting Agricultural Ecosystem Services through the Integration of Perennial Polycultures into Crop Rotations / P. Weißhuhn [et al.] // Sustainability. 2017. Vol. 9. № 12. P. 2267.
7. Sustainable intensification in the production of grass and forage crops in the Low Countries of north-west Europe / D. Reheul [et al.] // Grass and Forage Science. 2017. Vol. 72. № 3. P. 369-381.

8. Посыпанов Г.С. Основные направления исследований по симбиотической азотфиксации // Известия ТСХА. 1988. Вып.5. С.101-110.
9. Чекмарев П. А., Купреев Е. М., Ермаков А. А. К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т.31. №7. С. 14-19
10. Молодкин В. Н., Бусыгин А. С. Плодородие пахотных почв Кировской области // Земледелие. 2016. № 8. С. 16-18.
11. Тумасова М. И., Грипась М. Н., Устюжанин И. А. Технология возделывания лядвенца рогатого на корм и семена. Киров, 2004. 52 с.
12. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И., Фатыхов И. Ш. Питательная ценность и продуктивность агрофитоценозов многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного в условиях Среднего Предуралья // Кормопроизводство. 2020. №7. С.18-22.
13. Лукашов В. Н., Короткова Т. Н., Исаков А. Н. Эффективность выращивания многолетних бобово-злаковых травосмесей на серых лесных почвах Калужской области // Владимирский земледелец. 2018. №4 (86). С.43-47.
14. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. СПб: ЛНИИСХ. 2005. 252 с.
15. Лазарев Н. Н., Авдеев С. М., Демина Л. Ю., Яцкова В. Г. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и урожайности бобово-злаковых травостоев при их долголетнем использовании // Известия ТСХА. 2011. Вып. 1. С. 9-17.

## INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PERENNIAL GRASSES ON SOD-PODZOLIC ACIDIC SOILS

©2022. Valentin A. Figurin<sup>1</sup>, Antonina P. Kislitsyna<sup>2</sup>✉,

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

<sup>2</sup>niish-sv@mail.ru

**Abstract.** The work was carried out in the Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky in 2005-2020. The research was performed in order to identify productive and resistant varieties of meadow clover of a new generation, birdsfoot trefoil Solnyshko as monospecies crops and mixed with timothy on strongly acidic sod-podzolic soils with mobile aluminum concentrations from 4.23 to 5.54 mg/kg of soil. In order to increase the productivity of the birdsfoot trefoil and timothy mixture, various types of mineral fertilizers were studied, including lime and phosphorite meal during pre-sowing application. It has been found that on sod-podzolic strongly acidic soils high productivity was shown during three years of use by the ultra early-ripe tetraploid variety of meadow clover Kudesnik and its mixtures both with timothy Leningradskaya 204 and with birdsfoot trefoil Solnyshko, while birdsfoot trefoil and timothy mixture proved to be productive when used for more than three years. The scheme for studying pre-sowing fertilizers for birdsfoot trefoil and timothy mixture on strongly acidic sod-podzolic soils with an average concentration of mobile phosphorus and low humus (1.9%) included: control without fertilizers; lime 3 t/ha; phosphorite meal 1t/ha; P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; lime 3t/ha + P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; lime 3t/ha + N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; phosphorite meal + K<sub>60</sub>. It is shown that the application of mineral fertilizers (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) for pre-sowing cultivation increased the yield of green mass (on average for 3 years) compared to the control without fertilizers by 29.1 and 31.0%, respectively, and when applied together with lime (3t/ha) – by almost 40%, with the yield of 14.71t/ha in the control. The application of phosphorite meal and lime contributed to a significant increase in the yield of the green mass of the grass mixture only in the year of sowing.

**Key words:** meadow clover (*Trifolium pretense* L.), birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.), grass mixtures, lime, phosphorite meal, mineral fertilizers, yield, dry matter, exchange energy.

## References

1. Shpakov A.S. Sredobrazuyushchaya rol' mnogoletnih trav v Nechernozymnoj zone (Landscape forming role of perennial grasses in Non-Black Soil Zone), Kormoproizvodstvo, 2014, No. 9, pp. 12-7.
2. Zavalin N.A., Sokolov O.N., Shmyreva N.Ya. Ekologiya azotfiksacii (Ecology of nitrogen fixation), M., Moscow, RAS, 2019, pp.29-94.
3. Potential of legume based grassland-livestock systems in Europe: a review, A. Lüscher [et al.], Grass and Forage Science, 2014, Vol. 69, No. 2, P. 206-228.
4. Kononchuk V.V., SHtyrhunov V.D., Blagoveshchenskij G.V., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., Sobolev S.V. Urozhajnost', azotfiksiruyushchaya sposobnost' mnogoletnih trav razlichnogo vidovogo sostava i postuplenie simbioticheski svyazannogo azota v malyj biologicheskij krugovorot v central'nom Nechernozem'e (Crop productivity, nitrogen fixing capacity of perennial grasses of various species composition and intake of symbiotically fixed nitrogen into small biological cycle in the central Non-blck Soil Zone), Agrohimiya, 2019, No. 1, pp. 48-57.
5. Figurin V. A. Vyrashchivanie mnogoletnih trav na korm (Growing perennial grasses for fodder.), Kirov: NIISKH Severo-Vostoka, 2013, 2013, 188 p.
6. Supporting Agricultural Ecosystem Services through the Integration of Perennial Polycultures into Crop Rotations, P. Weißhuhn [et al.], Sustainability, 2017, Vol. 9, No. 12, P. 2267.
7. Sustainable intensification in the production of grass and forage crops in the Low Countries of north-west Europe, D. Reheul [et al.], Grass and Forage Science, 2017, Vol. 72, No. 3, P. 369-381.
8. Posypanov G.S. Osnovnye napravleniya issledovaniy po simbioticheskoj azotfiksacii (Principle directions of research into symbiotic nitrogen fixation), Izvestiya TSKHA, 1988, Vyp. 55, pp. 101-110.
9. Chekmarev P.A., Kupreev E.M., Ermakov A.A. K probleme kislotnosti pochv Nechernozemnoj zony Rossijskoj Federacii (On the problem of soil acidity in the Non-black Soil Zone of Russian Federation), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2017, Volume 31, No. 7, pp. 14-19.
10. Molodkin V.N., Busygina A.S. Plodorodie pahotnyh pochv Kirovskoj oblasti (Soil fertility of arable lands of Kirov Region), Zemledelie, 2016, No.8, pp. 16–18.
11. Tumasova M.I., Gripas M.N., Ustyuzhanin I.A. Tekhnologiya vozdeliyvaniya lyadvenca rogatogo na korm i semena (Technology of cultivation of birdsfoot trefoil for fodder and seeds), Kirov, 2004, P. 52.
12. Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I., Fatykhov I. Sh. Pitatel'naya cennost' i produktivnost' agrofитocenozov mnogoletnih trav na osnove klevera lugovogo tetraploidnogo v usloviyah Srednego Predural'ya (Nutritional value and productivity of agrophytocenoses of perennial grasses based on meadow tetraploid clover under conditions of the Middle Urals), Kormoproizvodstvo, 2020, No. 7, pp. 18-22.
13. Lukashov V.N., Korotkova T.N., Isakov A.N. Effektivnost' vyrashchivaniya mnogoletnih bobovo-zlakovyh travosmesej na seryh lesnyh pochvah Kaluzhskoj oblasti. (Efficiency of cultivation of perennial legume and cereal grass mixtures on gray forest soils of the Kaluga region), Vladimirskij zemledelec, 2018, No. 4(86), pp. 43-47.
14. Nebolsin A.N., Nebolsina Z.P. Teoreticheskie osnovy izvestkovaniya pochv (Theoretical foundations of soil liming), St. Petersburg: LNIISH, 2005, 252 p.
15. Lazarev N.N., Avdeev S.M., Demina L.YU., Yackova V.G. Izmenenie agrohimicheskikh svojstv demovo-podzolistoj pochvy i urozhajnosti bobovo-zlakovyh travostoev pri ih dolgoletnem ispol'zovanii (Changes in agrochemical properties of sod-podzolic soil and fertility of leguminous and cereal grasses in their long-term use), Izvestiya TSKHA, Vyp. 1, 2011, pp. 9-17.

*Сведения об авторах*

**В.А. Фигурин**<sup>1</sup> – д-р с.-х. наук;

**А.П. Кислицына**<sup>2✉</sup> – канд.с.-х. наук.

<sup>1,2</sup> Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, ул. Ленина 166а, Киров, Россия, 610007

<sup>2</sup>niish-sv@mail.ru

*Information about authors*

**V.A. Figurin**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci.;

**A.P. Kislytsyna**<sup>2✉</sup> – Cand. Sci.

<sup>1,2</sup> Federal Agricultural Research Center of the North-East. N.V. Rudnitsky, 166a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007

<sup>2</sup>niish-sv@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 16.03.2022; одобрена после рецензирования 29.03.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 16.03.2022; approved after reviewing 29.03.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

Научная статья  
УДК 631.631.4.63:53(571.1)  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_99

## ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

©2022. Леонид Витальевич Юшкевич<sup>1</sup>, Александр Григорьевич Щитов<sup>2</sup>,

Денис Николаевич Ющенко<sup>3✉</sup>, Артем Сергеевич Бутко<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Омский аграрный научный центр, Омск, Россия,

<sup>3</sup>yushchenko@anc55.ru

**Аннотация.** Обобщены результаты длительных (более 25 лет) стационарных наблюдений за направленностью изменений агрофизических свойств черноземных почв лесостепи Западной Сибири. Установлено, что длительное применение средств интенсификации и минимизация обработки почвы в зернопаровом севообороте повышает плодородие, оптимизирует плотность сложения верхнего слоя, структурный состав, содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм, гумусированность, сокращает дефляцию и водопотребление зерновых культур при увеличении урожайности качественного зерна до 3,70-4,00 т/га. В зональных стационарных исследованиях необходимы постоянные мониторинговые наблюдения за направленностью изменений агрофизических свойств черноземных почв Западной Сибири.

**Ключевые слова:** агрофизические свойства, черноземные почвы, химизация, плотность, сложение, гумус, агрегатный состав, водопотребление, эрозийная устойчивость.

**Введение.** Освоение зональных интенсивных агротехнологий с комплексным применением средств химизации способствует нарастанию биомассы агрофитоценоза, что со временем повышает количество органических остатков, гумусированность, изменяет плотность, сложение, водно-воздушный режим, увлажнение, продуктивность и качество продукции зерновых культур. Проследить направленность данных изменений возможно только в длительных стационарных полевых опытах.

Основные агрофизические параметры черноземных почв, направленность их изменений при интенсивных агротехнологиях оказывают заметное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Уплотнение верхнего слоя черноземных почв зависит от генезиса, гумусированности, гранулометрического и агрегатного состава, антропогенного воздействия. Длительное применение при возделывании зерновых культур

средств интенсификации на почвах с оптимальными агрофизическими параметрами создают благоприятную основу минимизации обработки зональных почв.

Растения зерновых культур в течение вегетации произрастают на динамично изменчивой плотности верхнего слоя, которая на минимальных обработках приближена к оптимальной и более устойчива. В полевых условиях попеременного увлажнения в вегетационные периоды отдельных лет отсутствует четкая сопряженность уплотнения верхнего слоя и продуктивности зерновых культур [1-3].

Установлено, что главной особенностью зональных черноземных почв является их относительно высокая устойчивость к уплотнению, причем с повышением гумусированности верхнего слоя и содержанием водопрочных агрегатов устойчивость возрастает. За длительный период наблюдений

(19 лет) изменение плотности верхних слоев зональных черноземных почв носит характер тенденции. Так, уплотнение почвы крайне не велико, и на варианте с минимальной обработкой составляет всего  $0,0095-0,0105 \text{ г/см}^3$  при вариации изменений в отдельные годы до 6-8 % [4].

**Цель исследований** – установить основные закономерности изменения агрофизических свойств черноземных почв при длительном антропогенном воздействии (обработка почвы, удобрения, пестициды).

**Методика.** Стационарные опыты «Омского АНЦ» (с 1973 г.) проведены в лесостепных агроландшафтах региона, в длительном стационарном севообороте в течение 45 лет. Зернопаровой севооборот, развернутый во времени и пространстве, имеет чередование культур: чистый пар – пшеница – пшеница – пшеница – ячмень.

Двухфакторный опыт включает: фактор А – система обработки почвы (1 отвальная – вспашка на глубину 20-22 см, ежегодно; 2 комбинированная – вспашка в паровом поле и под третью пшеницу после пара, плоскорезная на глубину 10-12 см под вторую пшеницу после пара и ячмень; 3 плоскорезная на глубину 10-12 см под все культуры; 4 минимально – нулевая – в паровом поле культивация на глубину до 8-10 см, в остальных полях без осенней обработки); фактор В – средства химизации: 1 – контроль – без средств химизации; 2 – гербициды; 3 – удобрения –  $N_{24}P_{36}$  на га пашни; 4 – фунгициды; 5 – ретарданты; 6 – гербициды + удобрения + фунгициды + ретарданты (комплексная химизация).

Среднеранние сорта яровой пшеницы Памяти Азиева, Омская 36 высевали 18-25 мая с нормой посева по пару – 5,0 млн всхожих семян на га, 2-3-ей культурой – 4,5 млн зерен на га. Посев проведен дисковой сеялкой СЗ-3,6 с 2012 г. – ПК «Selford». Уборка однофазная комбайном «Сампо» с оставлением измельченной соломы на поле. Площадь делянки первого порядка –  $2700 \text{ м}^2$ , второго –  $450 \text{ м}^2$ , учетная  $36 \text{ м}^2$ . Размещение вариантов систематическое в четырехкратной повторности.

Лугово-черноземная почва имеет тяжелый гранулометрический состав, повышенную гумусированность – до 8%, емкость обмена – 50-80 мг-экв. на 100 г почвы с преобладанием катиона кальция и нейтрального рН. Плотность гумусного горизонта составляет  $0,85-1,15 \text{ г/см}^3$ , порозность – 55-65% с преобладанием (до 70 %) тонких пор. Водопроницаемость почв в основном высокая.

Почвенно-климатическая южно-лесостепная зона недостаточно увлажнена (320-400 мм осадков), имеет относительно благоприятную теплообеспеченность с суммой температур более  $10 \text{ C}^0$  до  $2100 \text{ C}^0$ .

Исследования агрофизических свойств лугово-черноземных почв проведено по общепринятым методикам [5, 6].

**Результаты.** Уплотнение гумусового горизонта зависит от генезиса, содержания гумуса, гранулометрического состава, оструктуренности, емкости поглощающего комплекса. Взаимодействие зональных почв с абиотическими факторами внешней среды при длительном применении средств интенсификации создают основу совершенствования приемов обработки почвы в направлении минимизации. Закономерные изменения плотности почв, в том числе и под воздействием техногенных деформаций, оказывает влияние на порозность и размеры некапиллярных пор, соотношение между воздухом и влагой, структуру, эродируемость и водопроницаемость, водный режим корнеобитаемого слоя.

Выявлено, что плотность верхнего слоя черноземов и сложение определяется не только приемами обработки и интенсивными технологиями, но и увлажнением почвы в вегетационный период. Так, в засушливый год плотность верхнего (0-30 см) слоя черноземных почв может возрасти до  $1,16-1,28 \text{ г/см}^3$  и выше, в увлажненные годы она обычно не превышает  $0,82-1,12 \text{ г/см}^3$  в связи с деформацией почвы при его иссушении.

Установлено, что потери влаги из корнеобитаемого слоя сопровождаются объемной усадкой и образованием на поверхно-

сти поля трещин, при увлажнении – набуханием и снижением уплотнения.

Выявлено, что при постепенном иссушении почвы от 35 до 5% влажности отмечается

ее уплотнение, которое определяется исходной плотностью верхнего слоя и гранулометрическим составом (табл. 1).

Таблица 1

Уплотнение тяжелосуглинистой лугово-черноземной почвы (слой 0-20 см), %  
(южная лесостепь).

Исходная плотность	Интервалы влажности почвы			Всего	НСП <sub>05</sub> %
	НВ - ВРК	ВРК - ВЗ	ВЗ - МГ		
0,90	5,35	3,11	4,18	12,62	0,82
1,10	2,83	2,72	1,77	7,32	
1,30	2,42	1,08	1,60	5,10	
обыкновенный легкоглинистый чернозем (степная зона)					
0,90	3,03	5,73	2,94	11,7	0,9
1,10	1,96	3,03	2,66	7,65	
1,30	1,38	1,12	1,18	3,68	

Примечание: МГ – максимальная гигроскопичность, ВЗ – влажность завядания, ВРК – влажность разрыва капиллярной связи, НВ – наименьшая влагоемкость почвы.

Значительные объемные деформации и уплотнение черноземных почв происходит на более рыхлой (0,90 г/см<sup>3</sup>) почве – до 11,70-12,62% в интервале влажности от НВ до ВРК, на обыкновенном легкоглинистом черноземе в степной зоне - от ВРК до ВЗ, на плотной (1,30 г/см<sup>3</sup>) почве деформации происходят слабее в 2,5-3,2 раза. Объемные деформации в почве происходят под действием иссушения с уплотнением и образованием, под действием напряжений и капиллярных сил в верхнем слое, трещин глубиной до 0,2-0,4 м [6, 7].

На почвах тяжелого гранулометрического состава при увеличении фракций менее 0,01 мм более 60 % и катиона Na<sup>+</sup> в поглощающем комплексе, солонцеватости, объемные деформации, уплотнение и трещиноватость почвенного профиля возрастают в 1,7-2,2 раза [8].

Прогноз осеннего увлажнения, развития трещиноватости и водопроницаемости почвы в засушливые годы, а также в годы с более высоким увлажнением во многом определяют приемы и объемы зяблевой обработки в Западной Сибири.

Установлено, что в засушливой зоне южной лесостепи к посеву зерновых, при дефиците увлажнения и высокой некапиллярной скважности, даже при уплотнении верхнего слоя, близкому к оптимуму (до 1,15 г/см<sup>3</sup>), содержание жидкой фазы составляет 18-26%, а

газообразной повышается до 28-38%, что вызывает необходимость дополнительного прикатывания почвы. На пшенице после пара, при плотности верхнего слоя 0,90 г/см<sup>3</sup>, содержание газообразной фазы достигает 40-42 %, при 1,00 г/см<sup>3</sup> – 38% и уплотнении до 1,20 г/см<sup>3</sup> – только 26% или в 1,6 раза меньше. Количество жидкой фазы в верхнем слое повышается соответственно до 23,25 и 29%.

Превышение в поверхностном слое воздуха над влагой увеличивает газообмен и более интенсивные потери влаги в допосевной период. Выявлено, что парование поля, возделывание кулис, снегозадержание и мульчирование поля соломой повышает содержание жидкой фазы в верхнем слое почвы на 4,0 % и приближает соотношение между воздухом и влагой к оптимальному – до 0,85-1,00 [9, 10].

Установлено, что систематическое внесение соломенной мульчи, удобрений и пестицидов оптимизирует сложение верхнего слоя черноземных почв, повышает содержание растительных остатков до 1,44 т/га (на 67%), при этом содержание жидкой фазы в верхнем слое достигает 30%, а газообразная снижается с 29 до 25%. Соотношение между воздухом и влагой в верхнем слое достигает 0,80-0,85 и соответствует оптимальным параметрам.

Накопление и разложение органических остатков, их гумификация на почвах черноземного ряда зависит от агротехнологии возделывания зерновых культур (табл. 2).

Таблица 2

Содержание гумуса (%) в слое почвы 0-20 см в зависимости от агротехнологий возделывания зерновых культур

Система обработки почвы (В)	Вариант (А) агротехнологий		Повышение, %	Среднее (В)
	экстенсивная	интенсивная		
НСР <sub>05</sub> А=0,15				
Вспашка	7,75	7,75	0,36	7,93
Плоскорезная	8,17	8,17	0,21	8,28
«Нулевая»	7,96	7,96	0,36	8,14
Среднее (НСР <sub>05</sub> В=0,22)	7,96	7,96	0,31	8,12

Наибольшее увеличение гумусированности верхнего (0-20 см) слоя почвы отмечается в варианте комплексной химизации при минимальных обработках почвы. В длительном (18 лет) опыте содержание гумуса при плоскорезной отработке в слое 0-20 см существенно выше, чем при вспашке, и составляет 8,17%, комплексной химизации – 8,38%, что со временем оказывает положительное влияние на структуру и водопрочность почвенных агрегатов. В подповерхностном (20-40 см) слое почвы достоверных различий в содержании гумуса не выявлено (6,60-6,71 %).

Оструктуренность верхнего слоя почвы во многом определяется генезисом и климатическими особенностями региона [11]. Устойчивое накопление пожнивных остатков, гумуса повышает в поглощающем комплексе содержание катионов Са<sup>++</sup> и Mg<sup>++</sup>, что усиливает механическую прочность сухих и водопрочных агрегатов, снижает потребность в интенсивной обработке почвы (табл. 3).

Таблица 3

Влияние интенсивной технологии возделывания зерновых культур на коэффициент структурности (К) и содержание водопрочных агрегатов, %

Обработка почвы (А)	Технологии (В)				Среднее по вариантам	
	экстенсивная		интенсивная			
	К	>0,25 мм	К	>0,25 мм	К	>0,25 мм
слой 0 - 10см						
Вспашка	0,94	51,5	1,54	58,6	1,24	55,1
Комбинированная	0,98	51,3	1,37	55,7	1,18	53,5
Плоскорезная	1,23	55,8	1,83	61,5	1,53	58,7
«Нулевая»	1,33	56,6	1,88	60,9	1,61	58,8
Среднее	1,12	53,8	1,66	59,2	1,39	56,5
НСР <sub>05</sub>	А				0,24	2,92
	В				0,26	1,94

Установлено, что длительное применение интенсивных агротехнологий со временем приводит к повышению коэффициента структурности в верхнем слое до 1,66 (в 1,5 раза), а водопрочных агрегатов – с 53,8 до 59,2%. В нижнем (10-20 см) слое агрегатного состава почвы данные изменения незначительны и недостоверны.

При ограниченных водных ресурсах лесостепной зоны (менее 400 мм) в зерновом

производстве остро стоит проблема снижения расхода продуктивной влаги на формирование единицы продукции [7, 12]. Наблюдения показали, что применение интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы способствует не только повышению урожайности зерна до 3,7-4,0 т/га, но и экономии водных ресурсов на 1 тонну зерна (табл. 4).

Таблица 4

Расход продуктивной влаги в зависимости от агротехнологии возделывания яровой пшеницы, среднее 2004-2021 гг.

Система обработки почвы	Коэффициент водопотребления, мм/т зерна							
	экстенсивная технология				интенсивная технология			
	1 пшеница после пара	2-я	3-я	среднее	1 пшеница после пара	2-я	3-я	среднее
Отвальная	111	143	192	149	59	66	79	68
Комбини-рованная	110	151	194	152	61	66	82	70
Плоскорезная	120	158	251	176	59	65	87	70
«Нулевая»	126	174	260	187	62	71	91	75
Среднее	117	156	224	166	60	67	85	71

В целом, в зерновом севообороте при интенсивной технологии возделывания коэффициент водопотребления на формирование 1 тонны качественного зерна снизился со 166 до 71 мм/т или в 2,3 раза, с повышением при удалении культуры от парового предшественника в 1,4-1,9 раза.

В засушливых агроландшафтах области, где производится до 80% зерна, преобладает ветровая эрозия, дефляция на площади более 1,0 млн га, распаханность агроландшафтов (до 85 %), слабая залесенность территории (5-12 %), значительная площадь полей (до 400 га), активный ветровой режим приводят к усилению дефляции и снижению плодородия черноземов [13].

Ветроустойчивость поля определяется комковатостью верхнего (0-5см) слоя почвы и наличием условной стерни. Систематическое применение средств химизации повышает продуктивность агроценоза и со временем положительно влияет на накопление органических остатков, агрегатный состав и уменьшение дефляции поля (табл. 5).

Установлено, что при длительном применении на зерновых культурах средств интенсификации содержание условной стерни на поверхности поля возрастает до 45 % при снижении податливости почвы к дефляции на 14,5 % относительно контрольного варианта [14].

Таблица 5

Устойчивость поверхности поля к дефляции в зависимости от агротехнологии возделывания (южная лесостепь)

Обработки почвы (А)	Технология						Среднее		
	экстенсивная			интенсивная			К	С	Э
	К*	С	Э	К	С	Э			
Вспашка	62,9	21,3	23,1	65,5	24,3	19,0	64,2	57,8	21,0
Плоскорезная	69,6	95,3	12,6	69,6	155,0	11,6	69,6	125,2	12,1
«Нулевая»	70,4	137,3	9,8	72,3	189,0	8,3	71,4	163,2	9,1
Среднее	67,6	84,6	15,2	69,1	122,8	13,0	68,4	115,4	14,1
НСР <sub>05</sub>	фактор А						3,5	29,4	3,7
	фактор В						2,1	38,7	2,2

Примечание: К – комковатость, %; С – количество условной стерни, шт/м<sup>2</sup>; Э – эродированность, г

**Выводы.** Таким образом, длительное (более 25 лет) систематическое применение комплексной химизации (удобрения, гербициды, фунгициды) и минимизация системы обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в полевых севооборотах лесостеп-

ных агроландшафтов оптимизирует агрофизические свойства черноземных почв Западной Сибири, способствует экономии ограниченных водных ресурсов и повышению урожайности качественного зерна до 3,7-4,0 т/га.



## Список источников

1. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири / Омск: изд. ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. 396 с.
2. Буянкин Н.И., Слесарев В.Н. Агрофизика и кинетика в минимизации основной обработки чернозёмов / Рос.акад. с-х наук. Калининград: Янтарный СКАЗ; 2004. 160 с.
3. Канарак А.К., Таллер Р. К вопросу обеспеченности растений влагой и воздухом при различном уплотнении почв // Почвоведение, 1962. №5. С. 106-113.
4. Земледелие на равнинных ландшафтах и агротехнологии зерновых в Западной Сибири (на примере Омской области): монография СИБНИИ сел. хоз-ва. Новосибирск: РАСХН СО, 2003. 412 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М: Колос, 1979. 416 с.
6. Слесарев В.Н., Бетехтин Ю.Ф. Устройство для регистрации вертикальных деформаций почвы // Почвоведение. 1976. №6. С. 134-137.
7. Черепанов М.Е. Снегозадержание в почвозащитном земледелии Западной Сибири / Новосибирск: Наука. 1988. 160с.
8. Макаров А.Р., Черепанов М.Е., Юшкевич Л.В. Ресурсы почвенной влаги в засушливых земледелии Западной Сибири. Омск, 1992. 146 с.
9. Reckling M., Hecker J., Bergkvist G., Watson C., Zander P., Stoddard F., Eory V., Topp K., Maire J., Bachinger J. (2016). A cropping system assessment framework - evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. European Journal of Agronomy 76:186-197. Corpus ID: 86132502, DOI: 10.1016/J.EJA.2015.11.05
10. Cook R.L., Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. No. 1. Pp. 415 – 426. 10.2134 / agronj2015.0397. DOI: 10.2134/agronj2015.0397
11. Дридлигер В.К. Возделывание озимой пшеницы в системе прямого посева в Ставропольском крае: монография. Ставрополь: АГРУС Ставро. гос. аграр. ун-та. 2021. 92с.
12. Paratheodorou E M., Monokrousos N Crop Yield and Soil Quality Are Partners in a Sustainable Agricultural System. Agronomy 2022. 12. 140.
13. Кузина Е.В., Немцев С.Н. Итоги изучения различных систем обработки почвы в зернопаровом севообороте на черноземах среднего Поволжья. Ставрополь. 2019. 100 с.
14. Панфилов В.П. Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири: монография. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 540с.

## CHANGES IN THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SOILS DURING THE INTENSIFICATION OF AGRICULTURE IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

©2022. Leonid V. Yushkevich<sup>1</sup>, Aleksandr G. Shields<sup>2</sup>, Denis N. Yushchenko<sup>3✉</sup>, Artem S. Butko<sup>4</sup>,

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Omsk Agrarian Scientific Center Omsk, Russia,

<sup>3</sup>yushchenko@anc55.ru

**Abstract.** The results of long-term (more than 25 years) stationary observations of the direction of changes in the agrophysical properties of chernozem soils of the forest-steppe of Western Siberia are summarized. It has been established that the long-term use of means of intensification and minimization of tillage in the grain-steam crop rotation increases fertility, optimizes the density of the top layer, structural composition, the content of water-bearing aggregates > 0.25 mm, humus content, reduces deflation and water consumption of grain crops with an increase in the yield of high-quality grain to 3.70-4.00 t/ha. In zonal stationary studies, constant monitoring observations of the direction of changes in the agrophysical properties of chernozem soils in Western Siberia are necessary.

**Key words:** agrophysical properties, chernozem soils, chemization, density, addition, humus, aggregate composition, water consumption, erosion resistance.

### References

1. Holmov V.G., Jushkevich L.V. Intensifikacija i resursosberezhenie v zemledelii lesostepi Zapadnoj Sibiri (Intensification and resource conservation in agriculture of the forest-steppe of Western Siberia), Omsk: izd. FGOU VPO OmGAU, 2005, 396 p.

2. Bujankin N.I., Slesarev V.N. Agrofizika i kinetika v minimizacii osnovnoj obrabotki chernozjmov (Agrophysics and kinetics in minimizing the main processing of chernozems), Ros.akad. s-h nauk. Kaliningrad: Jantarnyj SKAZ; 2004, 160 p.
3. Kanarake A.K., Taller R. Voprosu obespechennosti rastenij vlagoj i vozduhom pri razlichnom uplotnenii pochv (On the issue of plant moisture and air supply with various soil compaction), Pochvovedenie, 1962, No. 5, pp. 106-113.
4. Zemledelie na ravninnyh landshaftah i agrotehnologii zernovyh v Zapadnoj Sibiri (na primere Omskoj oblasti) (Agriculture on flat landscapes and agricultural technologies of grain in Western Siberia (on the example of the Omsk oblast), monografija SIBNII sel. hoz-va. Novosibirsk: RASHN SO, 2003, 412 p.
5. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (Field experiment methodology), M: Kolos, 1979, 416 p.
6. Slesarev V.N., Betehtin Ju.F. Ustrojstvo dlja registracii vertikal'nyh deformacij pochvy (A device for registering vertical soil deformations), Pochvovedenie, 1976, No. 6, pp. 134-137.
7. Cherepanov M.E. Snegozaderzhanie v pochvozashhitnom zemledelii Zapadnoj Sibiri (Snow retention in soil-protective agriculture of Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, 1988-160 p.
8. Makarov A.R., Cherepanov M.E., Jushkevich L.V. Resursy pochvennoj vlagi v zasushlivykh zemledelii Zapadnoj Sibiri (Soil moisture resources in arid agriculture of Western Siberia), Omsk, 1992, 146 p.
9. Reckling M., Hecker J., Bergkvist G., Watson C., Zander P., Stoddard F., Eory V., Topp K., Maire J., Bachinger J. (2016). A cropping system assessment framework - evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. European Journal of Agronomy 76:186-197. Corpus ID: 86132502, DOI: 10.1016/J.EJA.2015.11.05.
10. Cook R.L., Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois, Agronomy Journal, 2016, Vol. 108, No. 1, Pp. 415-426. 10.2134 / agronj2015.0397. DOI: 10.2134/agronj2015.0397
11. Dridiger V.K. Vozdelyvanie ozimoj pshenicy v sisteme prjamoego poseva v Stavropol'skom krae: monografija (Cultivation of winter wheat in the system of direct sowing in the Stavropol Krai: monograph), Stavropol': AGRUS Stavropol'sk. gos. agrar. un-ta, 2021, 92 p.
12. Papatheodorou E.M., Monokrousos N Crop Yield and Soil Quality Are Partners in a Sustainable Agricultural System, Agronomy, 2022, 12, 140.
13. Kuzina E.V., Nemcev S.N. Itogi izuchenija razlichnyh sistem obrabotki pochvy v zernoparovom sevooborote na chernozemah srednego Povolzh'ja (Results of the study of various tillage systems in the grain-steam crop rotation on the chernozems of the Middle Povolzhie), Stavropol', 2019, 100 p.
14. Panfilov V.P. Agrofizicheskaja harakteristika pochv Zapadnoj Sibiri: monografija (Agrophysical characteristics of soils of Western Siberia: monograph), Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1976, 540 p.

#### *Сведения об авторах*

**Л.В. Юшкевич**<sup>1</sup> – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией ресурсосберегающих агротехнологий;  
**А.Г. Цитов**<sup>2</sup> – канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник;  
**Д.Н. Ющенко**<sup>3</sup> – научный сотрудник;  
**А.С. Бутко**<sup>4</sup> – аспирант.  
<sup>1,2,3,4</sup> Омский аграрный научный центр, проспект Королева, 26, г. Омск, Россия, 644012  
<sup>3</sup>yushchenko@anc55.ru

#### *Information about the authors*

**L.V. Yushkevich**<sup>1</sup> – Dr. Agr. Sci., Chief Researcher, Head of the Laboratory of Resource-Saving Agricultural Technologies;  
**A.G. Shchitov**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci., Leading Researcher;  
**D.N. Yushchenko**<sup>3</sup> – Researcher;  
**A.S. Butko**<sup>4</sup> – Postgraduate Student.  
<sup>1,2,3,4</sup> Omsk Agrarian Scientific Center, 26, Koroleva Prospekt St., Omsk, Russia, 644012  
<sup>3</sup>yushchenko@anc55.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 04.04.2022; одобрена после рецензирования 25.05.2022; принята к публикации 08.06.2022.*

*The article was submitted 04.04.2022; approved after reviewing 25.05.2022; accepted for publication 08.06.2022.*

## ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 636.2.082.13

doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_106

### БЫКИ-ПРОИЗВОДИТЕЛИ – ГЛАВНЫЙ РЫЧАГ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИИ

©2022. Гукеев Владимир Мицахович<sup>1✉</sup>, Хуранов Алан Мухадинович<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра Российской Академии Наук, Нальчик, Россия,

<sup>2</sup> Кабардино-Балкарский Государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик, Россия,

<sup>1</sup>gukezhev41@bk.ru, <sup>2</sup>huranovalan85@mail.ru

**Аннотация.** Представленная работа является составной частью комплексных исследований с целью установления степени адаптивности чистопородных коров черно-пестрой голштинской породы к природно-климатическим, кормовым и технологическим параметрам Юга России. По результатам первой лактации дочерей, наиболее высокие показатели по удою (+493,5 кг) и количеству молочного жира (+17,7 кг) получены по дочерям быка-производителя Бад 14028899 линии Рефлекшн Соверинг 198998. Достоверно низкие показатели получены по дочерям быка-производителя Пропер 65472563, по удою (-365,1 кг) и количеству молочного жира (-12,7 кг) той же линии. Отрицательную, близкую к нейтральному, соответственно (-79,6 кг) и (-3,2 кг) оценку по дочерям получил бык-производитель Мейхем 65888855 линии Вис Бэк Айдиал 1013415. С возрастом дочерей по 2-ой лактации, ранги оценки быков-производителей несколько изменились: ранг превосходства дочерей быка-производителя Бад 14028899 над сверстницами увеличился практически в 2 раза, дочери быка-производителя Мейхема 65888855 из отрицательного перешли в ранг улучшателя, однако более чем в три раза усилилось ухудшающее влияние и снизился ранг у быка-производителя Пропер 65472563. Анализ изменчивости показателей продуктивности свидетельствует о том, что с возрастом она снизилась по дочерям улучшателей и наоборот – по дочерям быка-производителя Пропер 65472563.

**Ключевые слова:** голштинская порода, линейная принадлежность, оценка быков, дочери-сверстницы, возрастная изменчивость, продуктивность.

**Введение.** Одним из ведущих показателей, определяющим эффективность и результативность отбора, является изменчивость показателей основных признаков. Чем ниже изменчивость, тем, собственно, ниже селекционный дифференциал и возможность отбора. Поэтому в любом стаде, особенно высокопродуктивном, селекционеру необходимо разными вариантами поддерживать ге-

терозиготность. В отдельном стаде это возможно регулировать отбором и подбором быков.

Голштинская порода является самой высокопродуктивной породой в мире, что послужило поводом или причиной их интенсивного завоза в страну.

В современных рыночных условиях развитие животноводства имеет не только важное социально-экономическое значение,

но и является стабилизатором финансового состояния всего АПК. В частности, молочное скотоводство на сегодня остается одной из ведущих подотраслей животноводства, и его развитие имеет большое значение не только в обеспечении продовольственной независимости страны, но и в социальном аспекте [1].

В настоящее время, наряду с увеличением потребности в продуктах животноводства, увеличивается обеспокоенность здоровьем животных в отношении безопасности пищевых продуктов и здоровья человека [2, 3, 4].

Многие отечественные авторы отмечают роль быков-производителей в процессе повышения эффективности селекции [5, 6-9].

В.В. Лабинов [10] отмечает, что в последние годы наблюдается явная тенденция снижения продуктивного долголетия коров во всех субъектах Российской Федерации.

А.И. Шендаков [11] отмечает, что «...исследования показали положительные тенденции в селекции голштинского скота стада, однако для увеличения удоев рекомендуется методически правильно подходить к отбору и ротации быков-производителей».

А.П. Карташова и Э.В. Фирсова в своей статье «Влияние генеалогических групп на продолжительность жизни коров» [12] отмечают, что «...интенсификация производства молока привела к значительному скачку продуктивности крупного рогатого скота. Однако наряду с этим появилась тенденция к сокращению продолжительности жизни животных».

Представленная работа является составной частью комплексных исследований по всесторонней сравнительной оценке и экономической целесообразности установления оптимального соотношения коров голштинской, красной степной и швицкой пород в регионе.

*Цель исследования* – установить степень адаптивности чистопородных коров черно-пестрой голштинской породы к природно-климатическим, кормовым и технологическим параметрам Юга России.

**Методика.** Исследования проведены на базе племпредукторного молочного животноводческого комплекса по черно-пестрой

голландской породе ООО «Агро-Союз» Чегемского района Кабардино-Балкарской Республики. Технология содержания: беспривязно-боксовое, круглогодичное однотипное кормление, доение трехкратное на установке «Карусель-50».

Объектом исследования были 582 коровы с завершенной лактацией в течение одного календарного года, отобранных методом сплошной выборки, которые по возрасту и происхождению (племенная карточка МОЛ-1 и МОЛ-2) были распределены на три группы по линейной принадлежности.

В соответствии с инструкцией по оценке быков по качеству потомства (2010), по количеству дочерей только три быка-производителя имели достаточное количество дочерей для оценки по потомству. За первые две лактации, разных по возрасту дочерей каждой линии лактировавших в течение одного календарного года, изучена повторяемость результатов оценки по первой и по второй лактациям.

В работе использованы зоотехнический, статистический и сравнительный анализы. Биометрическую обработку данных проводили с использованием пакета программы Microsoft Excel.

**Результаты.** Распределение выборки коров по возрасту отражает присущую голштинской породе возрастную структуру стада. Так из 582 коров 294 (50,5%) составили первотелки, 200 голов (34,4%) – коровы 2-го отела, 58 (10,0%) – третьего, 20 (3,4%) – четвертого 10 голов (1,7%) коров 5-го отела. В целом в выборке оказалось всего 88 коров (15,1%) третьего отела и старше, большинство из которых представлены животными местной селекции.

Достоверная оценка быков-производителей по качеству потомства и их рациональное использование являются ведущими составляющими эффективности селекции, определяющими в конечном итоге рентабельность отрасли.

Общепринятым методом оценки быков-производителей в нашей стране является

сравнение продуктивности дочерей со сверстницами, а поскольку в других странах система оценки быков отличается от нашей, то по большому счету, из-за низкой повторяемости приходится каждый раз по-новому оценивать быков.

Сравнительная оценка изменчивости продуктивности разновозрастных дочерей трех быков-производителей, лактировавших в одинаковых условиях кормления и содер-

жания в течение одного календарного года, позволила фактически выровнять возможное влияние паратипических факторов на показатели продуктивности. Нам представляется, что в этих условиях более четко проявляются генетические особенности оцениваемых животных.

Результаты оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка быков по качеству потомства методом «дочери-сверстницы»

Кличка и номер быка	Кол-во дочерей	Ср. удой дочерей, кг	Кол-во сверст.	Ср. удой сверст., кг	Дочери ± к сверст.	Кол-во мол. жира, кг		Дочери ± к сверст.	Ранг быков	
						дочерей	сверст.		по удою дочерей	по кол-ву мол. жира
I лактация										
Мейхем 65888855	28	8914,7	41	8994,3	-79,6	335,4	338,6	-3,2	2	2
Бад 140288991	19	9319,6	50	8826,1	+493,5	350,1	332,4	+17,7	1	1
Пропер 65472563	22	8713,3	47	9078,4	-365,1	328,6	341,3	-12,7	3	3
II лактация										
Мейхем 65888855	9	10487,7	37	10194,4	+293,3	393,4	382,1	+11,3	2	2
Бад 140288991	22	10643,2	24	9893,1	+750,4	398,6	371,2	+27,4	3	1
Пропер 65472563	15	9536,3	31	10598,1	-1061,8	357,9	397,1	-39,2	1	3

Анализ показывает, что максимальный удой, как по первой (9319,6), так и по второй лактациям (10643,2) получен по дочерям быка-производителя Бад 140288991 (линия Рефлексн Соверинг 198998). Наиболее низкие показатели, соответственно, 8713,3 и 9536,3 кг, получены по дочерям быка-производителя Пропер 65472563 (линия Рефлексн Соверинг 198998), разница составила по первой лактации – 597,3, по второй – 1106,9 кг и оказалась достоверной.

Дочери быка-производителя Мейхем 65888855 (линия Вис Бэк Айдиал 1013415), уступая по первой лактации дочерям быка-производителя Бад 140288991 на 404,9 кг, превосходили сверстниц-дочерей быка Пропер 65472563 на 201,4 кг. По второй лактации, ранги быков по удою дочерей не изменились, на втором месте оказались дочери быка-производителя Мейхем 65888855, уступив дочерям быка Бад 140288991 на 155,5 кг, вместе

с тем, достоверно на 951,4 превосходя показатели дочерей быка Пропер 65472563.

Сравнительная оценка быков-производителей сравнением продуктивности дочерей со сверстницами также не повлияла на ранговое распределение быков, хотя абсолютные показатели превосходства несколько снизились. По результатам оценки дочерей по первой лактации как по удою, так и по количеству молочного жира бык-производитель Бад 140288991 оказался улучшателем, Мейхем 65888855 – близким к нейтральным, а бык-производитель Пропер 65472563 – ухудшателем как по удою, так и по количеству молочного жира.

Однако, по итогам второй лактации, если достоверность превосходства дочерей быка-производителя Бад 140288991 над сверстницами усилилась, а ранг быка-производителя Мейхем из нейтрального перешел в улучшателя, то более чем в три раза усилилось ухудша-

ющее влияние на качество дочерей быка-производителя Пропер 65472563.

Одним из ведущих показателей, определяющим эффективность и результативность отбора, является изменчивость показателей основных признаков. Чем ниже изменчивость, тем, собственно, ниже селекционный дифференциал и возможность отбора. Поэтому в любом стаде, особенно высокопродуктивном, се-

лекционеру необходимо разными вариантами поддерживать гетерозиготность. В отдельном стаде это возможно регулировать отбором и подбором быков.

С этой целью нами изучена изменчивость удоя и количества молочного жира дочерей быков (табл. 2).

Таблица 2

Изменчивость показателей продуктивности дочерей быков с возрастом

Кличка и № быка	Удой за 305 дн. лакт. Х±mх	Сv, %	Лимит, кг.		Кол-во мол. жира, кг Х±mх	Сv, %	Лимит, кг.		Возрастное изменение показателей продуктивности ко 2 лакт.		
			min	max			min	max	По удою	По со-держ жи-ра	По кол-ву молоч. жи-ра
	I лактация										
Мейхем 65888855	8914,7±225,9	13,2	5286	11398	335,4±8,1	12,5	203,5	425,0	-	-	-
Бад 140288991	9319,6±220,6	10,0	7004	10808	350,1±7,8	9,5	266,5	404,2	-	-	-
Пропер 65472563	8713,3±280,6	14,8	4859	10630	328,6±10,0	13,9	189,5	395,5	-	-	-
II лактация											
Мейхем 65888855	10487,7±377,2	10,2	8748	11808	393,4±13,4	9,7	331,7	442,9	+1573,0	-0,02	+58,0
Бад 140288991	10643,2±215,7	9,3	8791	12552	398,6±7,9	9,0	333,2	467,2	+1323,6	-0,01	+48,5
Пропер 65472563	9536,3±385,6	15,1	6970	11522	357,9±14,1	14,7	263,0	433,0	+823,0	-0,02	+29,3

Данные таблицы 2 показывают, что чем выше средний удой дочерей быка, тем ниже изменчивость данного показателя. Так, по удою и количеству молочного жира за 305 дней первой лактации, самая низкая изменчивость этих показателей, соответственно, 10,0 и 9,5% оказалась у дочерей быка Бад 140288991, занявших первые места, а высокая – по группе дочерей быка Пропер 65472563, занявших третье место.

С возрастом дочерей, коэффициент изменчивости как удоя, так и количества молочного жира снизился у дочерей быков Бад 140288991 и Мейхем 65888855, а по группе дочерей быка Пропер 65472563, наоборот, увеличился.

С возрастом дочерей от первой ко второй лактации удои и количество молочного

жира достоверно увеличились, а содержание жира в молоке незначительно снизилось. Дальнейшее увеличение возраста сопровождается резким снижением показателей продуктивности даже в сравнении с первотелками.

**Выводы.** По результатам исследований можно отметить, что в условиях племрепродукторного хозяйства ООО «Агро-Союз» признан улучшателем и рекомендуется для дальнейшего использования чистопородный бык голштинской породы Бад 140288991. Учитывая возрастную изменчивость удоя дочерей быка Пропер 65472563 рекомендуется провести анализ на продолжительность использования. Дальнейшее использование для воспроизводства стада спермы быка-производителя Мейхем 65888855 считать нецелесообразным.

**Список источников**

1. Самусенко Л.Д. Лактационная деятельность коров - как фактор продуктивного долголетия // Вестник аграрной науки. 2021. № 2 (89). С. 100-104.

2. Berckmans D. Технологии «точного» животноводства для менеджмента благополучия сельскохозяйственных животных в интенсивных системах. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. Off. int. epizoot. Rev. sci. et techn. 2014. 33, № 1, С. 189-196.
3. Nabarro D., Wannous C. Потенциальное значение животноводства для безопасности продуктов и питания: использование концепции. Здоровье в теории и практике животноводства. The potential contribution of livestock to food and nutrition security: The application of the One Health approach in livestock policy and practice. Rev. sci. et techn. Off. int. epizoot. 2014. 33, № 2, С. 475-485.
4. Ferguson D.M. Ключевые особенности «соответствия с окружающей средой», которые стимулируют надлежащее благополучие животных в различных системах животноводства. Key features of «environmental fit» that promote good animal welfare in different husbandry systems. Off. int. epizoot. Rev. sci. et techn. 2014. 33, № 1, С. 161-169.
5. Тележенко Е.В., Смирнова О.В. Опыт стран Северной Европы в селекции молочного скота на повышение рентабельности производства // Тваринництво. № 2. 2014 г. С. 28-33.
6. Алешкина С.В. Оптимизация селекции коров на продуктивное долголетие в лесостепном Поволжье: дис. канд. с.-х. наук. Пенза, 2008. 140 с.
7. Эрнст Л.К. Генетические основы племенного дела в молочном скотоводстве: моногр. М.: Россельхозиздат, 1968. 164 с.
8. Шендаков А.И. Продуктивные признаки дочерей быков-производителей голштинской породы, используемых в орловской популяции молочного скота // Вестник аграрной науки. 2021. № 4 (91). С. 92-97.
9. Гужежев В.М., Хуранов А.М. Сравнительная оценка адаптивности коров черно-пестрой голштинской породы зарубежной и отечественной селекции // Вестник аграрной науки. 2021. № 1 (88). С. 88-93.
10. Лабинов В.В. Современное состояние и перспективы развития животноводства. Рыночная экономика: взаимодействие партнеров. 2014. №12. С. 2-5.
11. Шендаков А.И. Влияние генетических и средовых факторов на продуктивные признаки голштинского скота в Орловской области // Вестник аграрной науки. 2020. № 4 (85). С. 83-91.
12. Карташова А.П., Фирсова Э.В. Влияние генеалогических групп на продолжительность жизни коров. Материалы международной научно-практической конференции «Пути продления продуктивной жизни молочных коров на основе оптимизации разведения, технологий содержания и кормления животных». пос. Дубровицы, ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2015. С. 35-38.

## BULLS-PRODUCERS – THE MAIN LEVER FOR INCREASING SELECTION EFFICIENCY

©2022. Vladimir M. Gukezhev<sup>1</sup>✉, Alan M. Khuranov<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia,

<sup>2</sup>Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Russia,

<sup>1</sup>gukezhev41@bk.ru, <sup>2</sup>huranovalan85@mail.ru

**Abstract.** The relatively low productivity of using the broodstock of the Holstein breed determines the need to study age-related changes in the main selection features of different genotypes offspring, which determines the relevance of research. For this purpose, on the basis of the black-and-white Holstein breed breeding farm, Agro-Soyuz LLC of the Chegem region of the Kabardino-Balkarian Republic, during one calendar year, three breeding bulls were assessed by the quality of offspring for the first two adjacent lactations. It was established that according to the results of the first lactation of daughters, the highest indicators in milk yield (+493.5 kg) and the amount of milk fat (+17.7 kg) were obtained from the daughters of the bull-producer Bad 14028899 of the Reflection Sovering line 198998. Reliably low indicators were obtained from the daughters of the bull-producer Proper 65472563, in terms of milk yield (-365.1 kg) and the amount of milk fat (-12.7 kg) also Reflection Sovering 198998. Negative, close to neutral, respectively (-79.6 kg) and (- 3.2 kg), the bull-producer Mayhem 65888855 of the Vis Back IDial 1013415 line received an estimate for daughters. With the age of the daughters in the 2nd lactation, the ranks of the assessment of bulls-producers changed: the rank of superiority of the daughters of the bull-producer Bad14028899 over their peers increased almost 2 times, the daughters of the bull-producer Mayhem 65888855 moved from negative to the rank of an improver, but more than three times, the deteriorating influence increased and the rank of the bull-producer Proper 65472563 decreased. An analysis of the variability of productivity

indicators shows that with age the value decreased for the daughters of the improvers and vice versa for the daughters of the bull-producer Proper 65472563.

**Key words:** Holstein breed, evaluation of bulls, improving bulls, age variability, variability of productivity of daughters of sire bulls.

#### References

1. Samusenko L.D. Laktatsionnaya deyatelnost' korov – kak faktor produktivnogo dolgoletiya (Lactation activity of cows as a factor of productive longevity), *Vestnik agrarnoi nauki*, 2021, No. 2 (89), pp. 100-104.
2. Berckmans D. Tekhnologii «tochnogo» zhivotnovodstva dlya menedzhmenta blagopoluchiya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v intensivnykh sistemakh (Technologies of "precision" animal husbandry for the management of the welfare of farm animals in intensive systems), *Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems*, Off. int. epizoot. Rev. sci. et techn. 2014, 33, No. 1, pp. 189-196.
3. Nabarro D., Wannous C. Potentsial'noe znachenie zhivotnovodstva dlya bezopasnosti produktov i pitaniya: ispol'zovanie kontseptsii Zdorov'e v teorii i praktike zhivotnovodstva (Potential importance of animal husbandry for food and nutrition safety: using the concept), *The potential contribution of livestock to food and nutrition security, The application of the One Health approach in livestock policy and practice*, Rev. sci. et techn. Off. int. epizooty, 2014, 33, No. 2, pp. 475-485.
4. Ferguson D.M. Klyuchevye osobennosti «sootvetstviya s okruzhayushchei sredoi», kotorye stimuliruyut nadlezhashchee blagopoluchie zhivotnykh v razlichnykh sistemakh zhivotnovodstva (Key features of «environmental fit» that promote good animal welfare in different husbandry systems), Off. int. epizoot. Rev. sci. et techn. 2014, 33, No. 1, pp. 161-169.
5. Telezhenko E.V., Smirnova O.V. Opyt stran Severnoi Evropy v seleksii molochnogo skota na povyshenie rentabel'nosti proizvodstva. Tvarinnitstvo, (The experience of the Nordic countries in breeding dairy cattle to increase the profitability of production) No. 2, 2014, pp. 28-33.
6. Aleshkina S.V. Optimizatsiya seleksii korov na produktivnoe dolgoletie v lesostepnom Povolzh'e (Optimization of cow breeding for productive longevity in the forest-steppe Volga region), dis. kand. s.-kh. Nauk, Penza, 2008, 140 p.
7. Ernst L.K. Geneticheskie osnovy plemennogo dela v molochnom skotovodstve (Genetic foundations of breeding in dairy cattle breeding), monogr. M., Rossel'khozizdat, 1968, 164 p.
8. Shendakov A.I. Produktivnye priznaki docherei bykov-proizvoditelei golshtinskoj porody, ispol'zuemykh v orlovskoi populyatsii molochnogo skota (Productive signs of the daughters of Holstein bulls used in the Orel population of dairy cattle), *Vestnik agrarnoi nauki*, 2021, No. 4 (91), pp. 92-97.
9. Gukezhnev V.M., Khuranov A.M. Sravnitel'naya otsenka adaptivnosti korov cherno-pestroi golshtinskoj porody zarubezhnoi i otechestvennoi seleksii (Comparative assessment of the adaptability of black-and-white Holstein cows of foreign and domestic breeding), *Vestnik agrarnoi nauki*, 2021, No. 1 (88), pp. 88-93.
10. Labinov V.V. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva (Current state and prospects of animal husbandry development), *Rynoch'naya ekonomika, vzaimodeistvie partnerov*, 2014, No. 12, pp. 2-5.
11. Shendakov A.I. Vliyanie geneticheskikh i sredovykh faktorov na produktivnye priznaki golshtinskogo skota v Orlovskoi oblasti (The influence of genetic and environmental factors on the productive characteristics of Holstein cattle in the Orel region), *Vestnik agrarnoi nauki*, 2020, No. 4 (85), pp. 83-91.
12. Kartashova A.P., Firsova E.V. Vliyanie genealogicheskikh grupp na prodolzhitel'nost' zhizni korov (The influence of genealogical groups on the life expectancy of cows), *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Puti prodleniya produktivnoi zhizni molochnykh korov na osnove optimizatsii razvedeniya, tekhnologii soderzhaniya i kormleniya zhivotnykh»*, pos. Dubrovitsy, VIZh im. L.K. Ernsta, 2015, pp. 35-38.

#### Сведения об авторах

**В.М. Гукеев**<sup>1✉</sup> – д-р с.-х. наук, профессор;

**А.М. Хуранов**<sup>2</sup> – канд. ветеринар. наук, доцент.

<sup>1</sup>Институт сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра Российской Академии Наук, ул. Кирова, 224, Нальчик, Россия, 360004

<sup>2</sup>Кабардино-Балкарский Государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360004

<sup>1</sup>gukezhev41@bk.ru, <sup>2</sup>huranovalan85@mail.ru

#### Information about the authors

**V.M. Gukezhev**<sup>1✉</sup> – Dr. Agr. Sci., Professor;

**A.M. Khuranov**<sup>2</sup> – Cand. Vet. Sci., Associate Professor.

<sup>1</sup>Institute of Agriculture of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 224 Kirova St., Nalchik, Russia, 360004

<sup>2</sup>Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1b, Prospekt Lenina St., Nalchik, Russia, 360004

<sup>1</sup>gukezhev41@bk.ru, <sup>2</sup>huranovalan85@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 17.03.2022; одобрена после рецензирования 22.03.2022; принята к публикации 19.05.22.*

*The article was submitted 17.03.2022; approved after reviewing 22.03.2022; accepted for publication 19.05.2022.*



## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ БРОНХОПНЕВМОНИИ ТЕЛЯТ

©2022. Светлана Вячеславовна Гурова<sup>1✉</sup>, Вера Михайловна Аксенова<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия,

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

**Аннотация.** В настоящей работе сопоставлены результаты расчета лейкоцитарного индекса интоксикации и цитологических параметров носового и глоточного субстратов для оценки степени адекватности данных критериев при определении тяжести бронхопневмонии у телят. Исследование проводили на одно-трехмесячных телятах черно-пестрой породы в хозяйствах Пермского края. Молодняк разделили на группы: первая была представлена здоровыми телятами, в остальные вошли животные с легкой, средней и тяжелой степенью заболевания. У всех телят определяли клинико-гематологические показатели, производили расчет интегрального индекса интоксикации, микроскопировали носовой и глоточный биоматериал. У животных с легкой степенью заболевания наблюдали увеличение лейкоцитарного индекса интоксикации в 3,9 раза, в рино- и фарингоцитограммах происходило достоверное повышение процента нейтрофилов и уменьшение макрофагов относительно показателей телят контрольной группы. У молодняка, больного бронхопневмонией средней тяжести, отмечено увеличение индекса эндотоксикоза в 7,0 раз. В носовом биоматриале этих телят выявляли повышение доли лимфоцитов в 1,5 раза и нейтрофилов – в 1,3 раза. В фарингеальной слизи происходило снижение процента лимфоцитов в 2,4 раза и повышение нейтрофилов в 1,7 раза. Процентный показатель макрофагов снижался в обоих субстратах по сравнению с данными клинически здоровых животных. У молодняка с тяжелой степенью заболевания увеличивался лейкоцитарный индекс интоксикации в 9,1 раза, а в цитограммах носового и глоточного секретов возрастало число нейтрофилов в 1,4 и 1,9 раза соответственно относительно показателей контрольных телят. Нами выявлено, что постановка диагноза и оценка степени тяжести бронхопневмонии может осуществляться по клинико-гематологическим данным, расчету индекса интоксикации и подсчету лейкоцитарных клеток в носовом и глоточном секрете. Эти способы являются информативными не только для мониторинга тяжести течения бронхопневмонии, но и эффективности проводимой терапии.

**Ключевые слова:** бронхопневмония, телята, лейкоцитарный индекс интоксикации, риноцитограмма, фарингоцитограмма.

**Введение.** Несмотря на долгую историю изучения бронхопневмонии животных, она по-прежнему является серьезной проблемой для скотоводства [5, 6, 9].

Классическая диагностика респираторных заболеваний у телят проводится на основании сбора анамнестических составляющих, результатов клинико-лабораторных, рентге-

нологических исследований, а также анализа эпизоотологических данных [3, 12].

Для выявления заболеваний органов дыхательной системы у молодняка используют общие и специальные исследовательские методики, например, осмотр, перкуссия, пальпация, общий и биохимический анализ крови [8, 11].

Иногда для более четкой диагностики выполняют анализ трахеальной слизи, биопсию поврежденной легочной ткани, бронхографию, бронхофотографию, рино-ларинго- и бронхоскопию, рино-пневмографию, флюорографию, рентгенографию органов грудной клетки. В последние годы появились новые работы по изучению состава конденсата выдыхаемого воздуха, параметров носовых истечений, мокроты, бронхоальвеолярной лаважной жидкости и пунктата грудной полости [11, 13, 14].

Несмотря на информативность современных методов выявления бронхолегочных патологий, вряд ли можно признать их широко приемлемыми в клинической практике, так как они либо инвазивные, либо дорогостоящие и недоступные для большинства сельскохозяйственных предприятий.

Поэтому большой практический и научный интерес представляют способы диагностики бронхопневмонии животных, которые позволят проводить мониторинг легочных заболеваний на ранней стадии развития патологического процесса и облегчат в дальнейшем лечение. Одним из путей решения данной проблемы является обработка расчетных параметров (в том числе индексов) для более четкого разграничения по критериям.

Известно, что расчет лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ) является одним из показателей уровня эндотоксикоза и ответа организма на воспалительный процесс в легких [3, 7]. В исследованиях, проведенных нами ранее, изменения данного критерия коррелировали с клинико-гематологическими проявлениями болезни, и этот маркер был информативным для определения степени тяжести бронхопневмонии у телят [3].

В последнее время ведется активная работа по изучению параметров цитологического состава носового и глоточного секрета при бронхопневмонии у животных [4, 5, 10].

Целью настоящей работы явилось сопоставление лейкоцитарного индекса интоксикации и цитологических параметров носового и глоточного субстратов для оценки степени

адекватности данных критериев при определении тяжести бронхопневмонии у телят.

**Методика.** Клинико-лабораторное обследование проводили на одно-трехмесячных телятах черно-пестрой породы в СХПК «Россия» Кудымкарского района, СПК «Ключи» Чусовского района, УОХ «Липовая гора» Пермского края в весенне-осенний период. Весь молодняк разделили на группы: первая была представлена здоровыми телятами, у которых клиническая симптоматика отсутствовала. Вторая группа образована животными с признаками бронхопневмонии легкой степени тяжести, третья - средней и четвертая – тяжелой.

Уровень ответа организма на воспалительный процесс проверяли на основании степени клинических проявлений болезни при помощи термометрии, измерения пульса и дыхательных движений, характера носовых истечений и кашля.

Проводили исследование крови, в которой подсчитывали СОЭ, число эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина, лейкограмму по стандартным методикам. Производили расчет лейкоцитарного индекса интоксикации по формуле Кальф-Калифа. Исследовали секрет из носовой полости и глоточный биосубстрат, полученный во время специально вызванного кашля. Подсчет клеток проводили на светооптическом микроскопе Микромед XSP-128В.

Все данные статистически обрабатывали при помощи программы Microsoft Excel.

**Результаты.** В результате исследований обнаружено, что у молодняка, больного бронхопневмонией легкой степени, были отмечены такие симптомы, как выделения из носовой полости серозного характера, лихорадка (до 40,1 °С), учащение дыхания (до 40 дых. дв/мин) и пульса (до 90 уд/мин). Всё это у телят данной группы сопровождалось уменьшением числа эритроцитов и гемоглобина в крови и ускорением СОЭ в 2 раза относительно показателя клинически здоровых животных. Повышался процент моноцитов в среднем в 2, юных – в 4,7 и палочкоядерных

нейтрофилов в 2,7 раза. При этом процент базофилов и эозинофилов в лейкограмме крови достоверно не изменялся. Наблюдали достоверный рост интегрального индекса эн-

дотоксикоза, который проявлялся уже при легкой степени болезни, ЛИИ увеличивался в среднем в 3,9 раза (табл. 1).

Таблица 1

ЛИИ контрольного молодняка и больного бронхопневмонией различной степени тяжести

Показатель	Контрольная группа 1 (11)	Опытная группа		
		2 (7)	3 (6)	4 (6)
ЛИИ (усл.ед.)	0,34 ± 0,08	1,32±0,08*	2,47 ± 0,05*	3,11±0,04*

Примечание: в скобках – количество животных, \*- р- относительно животных контрольной группы.

У животных с легкой степенью бронхопневмонии наблюдали повышение процента нейтрофилов и уменьшение относительного количества макрофагов в носовом и глоточном

биоматериале. Статистически достоверных изменений в количестве лимфоцитов в клеточном составе обоих секретов у этого молодняка не происходило (табл.2,3).

Таблица 2

Цитологические показатели носового секрета контрольных телят и животных, больных бронхопневмонией различной степени тяжести

Показатель	Контрольная группа 1 (11)	Опытная группа		
		2 (7)	3 (6)	4 (6)
Нф, %	45,4±0,50	49,4±0,50*	59,3±0,50*	63,1±0,68*
Мф, %	51,8±0,50	47,2±0,50*	36,4±1,37*	25,4±0,20*
Лф, %	2,8±0,50	3,4±0,30	4,3±0,57*	11,5±0,30*

Примечание: в скобках – количество животных, \*- р- относительно животных контрольной группы.

Клиническое проявление болезни у телят с бронхопневмонией средней степени тяжести проявлялось подъёмом температуры до 40,9°C, ускорением дыхания до 44 дых. дв/мин и учащением пульсации до 110 уд/мин. У животных был кашель, вязкие носовые истечения со слизью. В крови у этих телят отмечали уменьшение числа красных клеток в среднем на 26 % по сравнению с их количеством у молодняка, составившего контрольную группу. Выявляли ускорение СОЭ

и увеличение количества лейкоцитов в крови животных в среднем в 2,3 раза и на 33 % соответственно относительно здоровых телят. У животных со средней степенью бронхопневмонии отмечали возрастание процента моноцитов в 2 раза, юных и палочкоядерных нейтрофилов – в 7,5 и 4 раза соответственно, процент лимфоцитов снижался. Вычисление интегрального индекса интоксикации показало его увеличение у молодняка в начале заболевания в среднем в 7,0 раз (табл. 1).

Таблица 3

Цитологические показатели глоточного секрета контрольных телят и животных, больных бронхопневмонией различной степени тяжести

Показатель	Контрольная группа (1) (n=11)	Опытная группа		
		2 (n=7)	3 (n=6)	4 (n=6)
Нф, %	32,8±0,99	46,1±0,50*	54,4±1,42*	60,7±0,22*
Мф, %	62,4±0,99	48,6±0,50*	43,7±1,70*	35,4±0,34*
Лф, %	4,8±0,62	5,3±0,30	2,0±0,85*	3,9±0,68*

Примечание: в скобках – количество животных, \*- р- относительно животных контрольной группы.

У телят, больных бронхопневмонией средней степени тяжести, в составе носового секрета наблюдалось еще большее увеличение процента нейтрофилов на 31,4% и снижение относительного количества макрофагов на 30,0% по сравнению с данными клинически здорового молодняка (табл. 2).

В цитограммах глоточного биоматериала наблюдалось увеличение доли нейтрофилов на 66% и уменьшение процента макрофагов на 30%, снижение доли лимфоцитов в 2,4 раза у больных животных по сравнению с таковыми телят контрольной группы (табл. 3).

У телят, больных бронхопневмонией тяжелой степени, выявляли апатию, животные были равнодушны к корму. Дыхание животных становилось жестким, зоны притупления в проекции легких – обширными. Температура тела в среднем доходила до 41,5°C, дыхание и пульс учащались до 47 дых. дв/мин и 112 уд/мин соответственно. Носовой секрет был мутноватым, имел зеленоватый оттенок.

У тяжелобольных животных по сравнению с уровнем клинически здоровых телят уменьшалось количество гемоглобина на 11 % и эритроцитов на 34 %, СОЭ возрастала в среднем в 3,6 раза. У молодняка этой группы возрастало количество юных, палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов в 10, 5 раза и на 18 % соответственно. ЛИИ у этих телят увеличивался в 9,1 раза по сравнению с показателями молодняка контрольной группы (табл. 1).

У животных этой опытной группы было обнаружено увеличение процентного содержания нейтрофилов как в носовом, так и фарингиальном биоматериале. В риноцитограмме этот показатель был в 1,4 раза выше, а в мазке, полученном из глоточного пространства, – в 1,9 раза по сравнению с показателями телят первой группы (табл. 2, 3).

Для разных систем организма имеется своя резонансная частота, играющая определенную роль в настройке на максимально оптимальное функционирование. Высокая постоянная метаболическая потребность организма

поддерживается сосудистой системой, предназначенной для распределения крови и кислорода и доставки их ко всем клеткам тканей организма.

Как было отмечено, увеличение коэффициента ЛИИ, содержания нейтрофилов в носовом и, особенно, в глоточном секрете свидетельствует о тяжести бронхопневмонии и является прогностически неблагоприятными признаками.

Было установлено, что при бронхопневмонии не только уменьшается количество эритроцитов и увеличивается процент нейтрофилов, но и искажается архитектура, что приводит к изменению их функциональной активности. Ранее нами было показано, что развитие воспалительного процесса сопровождалось изменением геометрических характеристик и функционального состояния красных кровяных клеток, активизацией перекисного окисления липидов и уменьшением антиоксидантной защиты в плазме и эритроцитах. В то же время в крови повышалась общая концентрация лейкоцитов, перестраивались морфометрические параметры (увеличивался размер ядер юных нейтрофилов и их площадь) и функциональное состояние нейтрофилов (снижалось количество активных форм фагоцитов) [1, 2]. Следовательно, основополагающими стартерами развития бронхопневмонии у телят являются воспаление, гипоксия и оксидативный стресс.

**Выводы.** Таким образом, проведенные нами исследования показали, что наряду с диагностикой бронхопневмонии по клиническим симптомам и гематологическим показателям, для оценки степени тяжести заболевания может быть использован расчет индекса интоксикации и подсчет лейкоцитарных клеток в носовом и глоточном секрете. Оба способа являются информативными не только для мониторинга тяжести течения бронхопневмонии, но и эффективности проводимой терапии.

Список источников

1. Аксенова В.М. Гурова С.В., Никулина Н.Б. Особенности эритроцитарного звена у здоровых телят в хозяйствах Пермского края при разных условиях содержания // Международная научно-практическая конференция: «Инновации аграрной науки – предприятиям АПК». Сборник научных трудов. Пермь, изд-во ПГСХА. 2012. С. 63-68.
2. Aksionova V.M., Nikulina N.B. The Morphological Research of Calves' Erythrocytes and Neutrophils during Acute Bronchopneumonia // Life Science Journal. 2014. Vol. 11(9s). С. 322-325.
3. Гурова С.В., Аксенова В.М. Клинические и лабораторные показатели в оценке эндогенной интоксикации у телят больных бронхопневмонией при лечении цефотаксимом // Вавиловские чтения: Мат. конференции, посвящ. 119-й годовщине со дня рожд. ак. Н.И. Вавилова. Саратов, 2006. С. 18-21.
4. Гурова С.В., Аксенова В.М. Роль цитологического анализа состава носового и глоточного секрета в диагностике бронхопневмонии у телят // Научно-практический Пермский аграрный вестник. 2020. №1. С.114-119.
5. Гурова С.В., Аксенова В.М. Диагностическое значение цитологического исследования носового и глоточного содержимого для определения степени тяжести бронхопневмонии у телят // Ветеринарная патология. 2021. № 3. С. 19-24.
6. Данилевский В.М. Бронхопневмония телят: этиология, патогенез, диагностика, профилактика, лечение // Ветеринария. 1985. № 1. С.16-19.
7. Жуков А.П., Шарафутдинова Е.Б., Датский А.П. Информативность лейкоцитарных индексов в лабораторном скрининге легочной патологии у телят // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. №3. С.101-104.
8. Золотарев А.И., Черницкий А.Е., Рецкий М.И., Ефанова Л.И. Ранняя диагностика бронхита у новорожденных телят // Ветеринария. 2013. №3. С. 43-47.
9. Кондрахин И.П., Мельник В.В., Лизогуб М.Л., Зайцев А.В. Применение цитомединов при бронхопневмонии телят // Ветеринария. 2000. №2. С. 39-40.
10. Порьваева А.П., Печура Е.В., Нурмиева В.Р. Риноцитограмма у телят при инфекционных респираторных болезнях // Ветеринария. 2017. №11. С. 28-32.
11. Черницкий А.Е., Золотарев А.И. Индуцированный кашель в ранней диагностике воспалительных заболеваний органов дыхания у телят // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. №2. С.169-171.
12. Федок В.И., Лысухо А.С. Лечение и профилактика респираторных болезней телят // Ветеринария. 1997. № 8. С. 20-23.
13. Chilvers M.A., Callaghan C.O' Local mucociliary defence mechanisms // Paediatr Respir Rev. 2000. Vol. 1(1). P. 27-34.
14. Sande C.J., Mutunga M., Muteti J., Berkley J.A. Untargeted analysis of the airway proteomes of children with respiratory infections using mass spectrometry based proteomics // Sci Rep. 2018. Sep 14;8(1):13814.

MODERN APPROACHES TO THE DIAGNOSTICS OF THE SEVERITY OF  
BRONCHOPNEUMONIA IN CALVES

©2022. Svetlana V. Gurova<sup>1✉</sup>, Vera M. Aksenova<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia,

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

**Abstract.** This paper compares the results of calculating the leukocyte index of intoxication and cytological parameters of nasal and pharyngeal substrates to assess the degree of adequacy of these criteria in determining the severity of bronchopneumonia in calves. The study was carried out on one-three-month-old Black-and-White calves in the farms of the Perm Krai. The young animals were divided into groups: the first was represented by healthy calves, the rest included animals with mild, moderate and severe disease. In all calves, clinical and hematological parameters were determined, the integral index of intoxication was calculated, nasal and pharyngeal biomaterial was microscopically examined. In animals with a mild degree of the disease, an increase in the leukocyte index of intoxication by 3.9 times was observed, in the rhino- and pharyngocytograms there was a significant increase in the percentage of neutrophils and a decrease in macrophages relative to the indicators of the calves of the control group. In young animals with moderate bronchopneumonia, an increase in the index of endotoxigenicity by 7.0 times was noted. In the nasal biomaterial of these calves, an increase in lymphocytes by 1.5 times and neutrophils by 1.3 times was detected. In the pharyngeal mucus, there was a decrease in lymphocytes by 2.4 times and an increase in neutrophils by 1.7 times. The percentage of macrophages decreased in both substrates compared with the data of clinically healthy animals. In young animals with a severe degree of the disease, the leukocyte index of intoxication increased by 9.1 times, and in the cytograms of nasal and pharyngeal secretions, the number of neutrophils increased by 1.4 and 1.9 times, respectively, relative to the indicators of control calves. We found that the diagnosis

and assessment of the severity of bronchopneumonia can be carried out according to clinical and hematological data, the calculation of the intoxication index and the count of leukocyte cells in the nasal and pharyngeal secretions. These methods are informative not only for monitoring the severity of bronchopneumonia, but also the effectiveness of the therapy.

**Key words:** bronchopneumonia, calves, leukocyte index of intoxication, rhinocytogram, pharyngocytogram.

#### References

1. Aksenova V.M. Gurova S.V., Nikulina N.B. Osobennosti jericitarnogo zvena u zdorovyh teljat v hozjajstvah Permskogo kraja pri raznyh uslovijah soderzhanija (Features of the erythrocyte link in healthy calves in the farms of the Perm Krai under different conditions of detention), Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija: «Innovacii agrarnoj nauki – predpriyatijam APK». Sbornik nauchnyh trudov. Perm'. izd-vo PGSHA, 2012, pp. 63-68.
2. Aksionova V.M., Nikulina N.B. The Morphological Research of Calves' Erythrocytes and Neutrophils during Acute Bronchopneumonia, Life Science Journal. 2014, Vol. 11(9s), pp. 322-325.
3. Gurova S.V., Aksenova V.M. Klinicheskie i laboratornye pokazateli v ocenke jendogennoj intoksikacii u teljat bol'nyh bronhopnevmoniej pri lechenii cefotaksimom (Clinical and laboratory parameters in the assessment of endogenous intoxication in calves with bronchopneumonia treated with cefotaxime), Vavilovskie chtenija: Mat. konferencii, posvjashh. 119-j godovshhine so dnja rozhd. ak. N.I. Vavilova. Saratov, 2006, pp. 18-21.
4. Gurova S.V., Aksenova V.M. Rol' citologicheskogo analiza sostava nosovogo i glotochnogo sekreta v diagnostike bronhopnevmonii u teljat (The role of cytological analysis of the composition of nasal and pharyngeal secretions in the diagnosis of bronchopneumonia in calves), Nauchno-prakticheskij Permskij agrarnyj vestnik, 2020, No. 1, pp. 114-119.
5. Gurova S.V., Aksenova V.M. Diagnosticheskoe znachenie citologicheskogo issledovanija nosovogo i glotochnogo soderzhimogo dlja opredelenija stepeni tjazhesti bronhopnevmonii u teljat (Diagnostic value of cytological examination of nasal and pharyngeal contents for determining the severity of bronchopneumonia in calves), Veterinarnaja patologija, 2021, No. 3, pp. 19-24.
6. Danilevskij V.M. Bronhopnevmonija teljat: jetiologija, patogenez, diagnostika, profilaktika, lechenie (Bronchopneumonia in calves: etiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, treatment), Veterinarija, 1985, No. 1, pp.16-19.
7. Zhukov A.P., Sharafutdinova E.B., Datskij A.P. Informativnost' lejkocitarnyh indeksov v laboratornom skrininge legochnoj patologii u teljat (Informativeness of leukocyte indices in laboratory screening of pulmonary pathology in calves), Izvestija Orenburgskogo GAU, 2016, No. 3, pp. 101-104.
8. Zolotarev A.I., Chernickij A.E., Reckij M.I., Efanova L.I. Rannjaja diagnostika bronhita u novorozhdennyh teljat (Early diagnosis of bronchitis in newborn calves), Veterinarija, 2013, No. 3, pp. 43-47.
9. Kondrahin I.P., Mel'nik V.V., Lizogub M.L., Zajcev A.V. Primenenie citomedinov pri bronhopnevmonii teljat (The use of cytomedines for bronchopneumonia in calves), Veterinarija, 2000, No. 2, S. 39-40.
10. Poryvaeva A.P., Pechura E.V., Nurmieva V.R. Rinocytogramma u teljat pri infekcionnyh respiratornyh boleznyah (Rhinocytogram in calves with infectious respiratory diseases), Veterinarija, 2017, No. 11, pp. 28-32.
11. Chernickij A.E., Zolotarev A.I. Inducirovannyj kashel' v rannej diagnostike vospalitel'nyh zabolevanij organov dyhanija u teljat (Induced cough in the early diagnosis of inflammatory diseases of the respiratory system in calves), Voprosy normativno-pravovogo regulirovanija v veterinarii, 2015, No. 2, pp.169-171.
12. Fedjuk V.I., Lysuho A.S. Lechenie i profilaktika respiratornyh boleznej teljat (Treatment and prevention of respiratory diseases in calves), Veterinarija, 1997, No. 8, pp. 20-23.
13. Chilvers M.A., Callaghan C.O' Local mucociliary defence mechanisms, Paediatr Respir Rev, 2000, Vol. 1(1), P. 27-34.
14. Sande C.J., Mutunga M., Muteti J., Berkley J.A. Untargeted analysis of the airway proteomes of children with respiratory infections using mass spectrometry based proteomics, Sci Rep. 2018. Sep 14;8(1):13814.

#### Сведения об авторах

**С.В. Гурова**<sup>1✉</sup> – канд. ветеринар. наук;

**В.М. Аксенова**<sup>2</sup> – д-р биол. наук, профессор.

<sup>1,2</sup> Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, 23, г. Пермь, Россия, 614990

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

#### Information about authors

**S.V. Gurova**<sup>1✉</sup> – Cand. Veterinarian. Sci.;

**V.M. Aksenova**<sup>2</sup> – Dr. Biol. Sci., Professor.

<sup>1,2</sup> Perm State Agro-Technological University, 23, Petropavlovskaya St., Perm, Russia, 614990

<sup>1</sup>gurvet@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 06.04.22; одобрена после рецензирования 08.04.22; принята к публикации 19.05.2022.

The article was submitted 06.04.22; approved after reviewing 08.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЕМЕННОЙ ЖИДКОСТИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕРМЫ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

©2022. Олег Александрович Завьялов<sup>1✉</sup>, Алексей Николаевич Фролов<sup>2</sup>,

Анатолий Васильевич Харламов<sup>3</sup>, Марина Яковлевна Курилкина<sup>4</sup>,

<sup>1,2,3,4</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия,

<sup>1</sup>Oleg-Zavyalov83@mail.ru

**Аннотация.** Основной целью настоящего исследования являлось определение взаимосвязи концентраций макро- и микроэлементов в семенной жидкости быков-производителей с качественными характеристиками свежей спермы. Исследование выполнялось в АО «Невское», Ленинградская область. В качестве биоматериала для исследований использовалась свежая сперма, полученная от физиологически здоровых быков голштинской породы. На основании данных о концентрациях элементов (Se, Zn, Cu, Sr P) в семенной плазме, достоверно коррелировавших с качественными характеристиками свежей спермы, животные разделялись на группы: I – до 25-го перцентиля, II – в пределах 25-75-го перцентиля, III – выше 75-го перцентиля. Элементный состав семенной плазмы определялся по 25 химическим элементам (Co, Cr, Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn, Ca, K, Mg, P, B, Li, Si, V, Na, Ni, Sn, Hg, Sr, Al, As, Cd, Pb) методами ICP-DRС-MS. Концентрацию сперматозоидов оценивали с помощью цифрового фотометра. Активность сперматозоидов изучалась с помощью фазово-контрастного микроскопа. Сравнительный анализ показателей качества спермы в зависимости от уровней концентраций отдельных химических элементов в семенной жидкости выявил достоверное ( $P \leq 0.05$ ) увеличение активности сперматозоидов по мере увеличения концентраций Se, Zn, Cu и P, при этом концентрация сперматозоидов в свежей сперме увеличивалась по мере нарастания уровней Sr и P в семенной жидкости.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, быки-производители, микроэлементы, качество спермы.

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

**Введение.** В настоящее время, наряду с разработкой новых репродуктивных технологий в животноводстве, ведется поиск методов восстановления естественной фертильности животных и человека. При этом, химические элементы представляют собой важную группу экофизиологических факторов, определяющих морфофункциональные характеристики репродуктивной системы [1]. В частности, было уста-

новлено, что концентрация магния (Mg) значительно коррелирует с концентрацией сперматозоидов и уровнем Ca в семенной плазме жеребцов [2]. Медь (Cu) является важным компонентом для многих металлоферментов, таких как супероксиддисмутаза, церулоплазмин и лизооксидаза, которые имеют решающее значение в реализации антиоксидантных процессов в семенной

жидкости, влияет на прогрессирующую подвижность, жизнеспособность, целостность мембран и предотвращает повреждение ДНК после разбавления спермы и криоконсервации [3]. Цинк (Zn) играет важную роль в подвижности сперматозоидов и напрямую влияет на их морфологию, а также является важным фактором нормального функционирования предстательной железы и половой системы в целом [4]. Дефицит железа (Fe) снижает активность железосодержащих и железозависимых ферментов в семенной плазме [5]. Селен (Se) обладает антиоксидантными свойствами и необходим для сперматогенеза и поддержания мужской фертильности [6]. Высокий уровень свинца (Pb) сопряжен с развитием бесплодия, вызванного индукцией спонтанной преждевременной реакции акросомы, а повышение концентрации Pb в семенной плазме может отрицательно сказаться на показателях оплодотворения *in vitro* [7]. Воздействие кадмия (Cd) может оказывать вредное воздействие на репродуктивную функцию, вызывая атрезию фолликулов яичников, отек матки и в отдельных случаях – дегенерацию яичек [8]. Ранее проведенные исследования показали, что введение определенной дозы кадмия снижает подвижность сперматозоидов [9]. Никель (Ni) может нарушать функции яичек, семенных пузырьков и предстательной железы [10]. В целом можно констатировать, что несмотря на большое количество опубликованных за последние годы научных работ по изучению влияния метаболизма химических элементов во взаимосвязи с репродуктивными функциями, все они в основном относятся к человеку, некоторым видам сельскохозяйственных животных и реже – к быкам-производителям. При этом, в качестве биосубстрата для оценки обменного пула химических элементов в организме чаще используется сыворотка крови. В то же время анализ микроэлементов в семенной жидкости может являться важным инструментом для мониторинга микронутриентной обеспеченности организма с целью поддержания репродуктивного здоровья сельскохозяйственных животных [11] и, в частности, быков-производителей [12].

В связи с этим, целью настоящего исследования являлось определение взаимосвязи концентраций макро- и микроэлементов в семенной плазме с качественными характеристиками свежей спермы быков-производителей отдельно взятой породы.

**Методика.** Локальный этический комитет Оренбургского государственного университета одобрил протокол настоящего исследования. Все исследования на животных проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее более поздних поправках.

Исследования выполнялись на физиологически здоровых быках-производителях голштинской породы в возрасте 3-5 лет ( $n=55$ ). Быки-производители родились и выросли в АО «Невское» Ленинградской области.

Схемой эксперимента для достижения поставленной цели было предусмотрено два этапа. На первом этапе для выявления силы влияния уровня концентраций изучаемых химических элементов на качественные характеристики спермы (концентрацию и активность) были рассчитаны коэффициенты корреляции. На втором этапе на основании данных о концентрациях элементов (Se, Zn, Cu, Sr P) в семенной плазме достоверно коррелировавшие с качественными характеристиками свежей спермы животные разделялись на группы: I – до 25-го перцентиля, II – в пределах 25-75-го перцентиля, III – выше 75-го перцентиля.

При формировании групп по уровню Se в семенной плазме фактический диапазон варьирования концентраций последнего у быков-производителей I группы составлял от 0.411 до 0.875 мкг/г, II – от 1.10 до 1.37 мкг/г, III группы – от 1.41 до 1.73 мкг/г; по концентрации Zn: I группа – от 3.32 до 5.62 мкг/г, II – от 6.47 до 9.35 мкг/г, III группа от – 16.4 до 27.8 мкг/г; по концентрации Cu: I группа – от 0.498 до 0.658 мкг/г, II – от 0.729 до 1.32 мкг/г, III группа – от 1.98 до 2.18 мкг/г; по концентрации Sr: I группа – от 0.0594 до



0.103 мкг/г, II – от 0.108 до 0.161 мкг/г, III группа – от 0.185 до 0.306 мкг/г; по концентрации Р: I группа – от 397 до 854 мкг/г, II – от 894 до 1478 мкг/г, III – группа от 1493 до 1715 мкг/г.

Условия кормления и содержания для всех обследованных животных были идентичными. Рационы кормления подопытных быков-производителей соответствовали нормам кормления, установленным для соответствующей половозрастной группы животных [13].

Сбор образцов спермы в количестве не менее 3 мл производился примерно в одно и то же время утром, с 07:00 до 11:00. После периода полового покоя у быков-производителей показатели спермы первых двух эякулятов в обработке не использовали. Отделение семенной плазмы осуществляется путём центрифугирования образцов при 400 g в течение 5 мин. Элементный состав семенной жидкости определяли по 25 показателям (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg,

Sr, V, Zn) методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Обработку полученных данных проводили при помощи методов вариационной статистики с использованием программы «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Достоверность различий проверяли с помощью U-критерия Манна-Уитни. Уровень значимости (P) был принят равным или меньшим 0.05. Для расчета коэффициентов корреляции применялся ранговый метод Спирмена.

**Результаты.** Корреляционный анализ выявил, что показатель активности сперматозоидов в свежей сперме достоверно ( $P \leq 0.01$ ) связан с содержанием в семенной жидкости P, Se и Zn. Концентрация сперматозоидов положительно коррелировала с уровнями P, Cu, Se и Sr (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции концентраций химических элементов в семенной плазме с качественными характеристиками свежей спермы быков-производителей голштинской породы

Элемент	Объём эякулята, мл	Активность сперматозондов, балл	Концентрация сперматозондов, млрд
Макроэлементы			
Ca	0.17	0.04	-0.37
K	-0.01	0.23	-0.32
Mg	0.00	0.12	-0.35
Na	0.07	-0.42	-0.04
P	0.28	0.71*	0.80*
Эссенциальные элементы			
Co	0.26	0.35	0.04
Cr	-0.55	0.11	-0.28
Cu	0.29	0.50*	0.49*
Fe	-0.27	-0.18	-0.20
I	-0.03	0.05	-0.01
Se	0.27	0.59*	0.72*
Mn	0.14	0.35	0.14
Zn	0.27	0.61*	0.44
Условно-эссенциальные элементы			
B	0.10	0.06	-0.39
Li	0.45	0.35	-0.17
Ni	-0.08	0.21	0.15
V	0.13	0.25	-0.01
Si	-0.16	0.02	0.01
Токсичные элементы			
Al	0.00	0.05	-0.19
As	-0.19	-0.18	0.00
Sr	-0.02	0.18	0.51*
Cd	0.19	0.13	0.10
Hg	0.15	0.12	-0.03
Pb	0.03	0.01	0.42
Sn	-0.32	-0.18	-0.08

\* Корреляция значима на уровне  $P \leq 0.05$

В связи с тем, что достоверная корреляция была установлена только для Р, Se, Zn, Cu и Sr, именно эти элементы были выбраны для дальнейшего анализа.

**Селен (Se).** Анализ данных, полученных при формировании групп по концентрации Se, показал, что минимальное содержание последнего ( $1570 \pm 125$  мкг/мл) отмечалось в

семенной плазме быков-производителей I группы. По величине данного показателя животные II и III групп превосходили на 89.0 ( $P \leq 0,001$ ) и 135 % ( $P \leq 0,01$ ) соответственно (рис. 1).

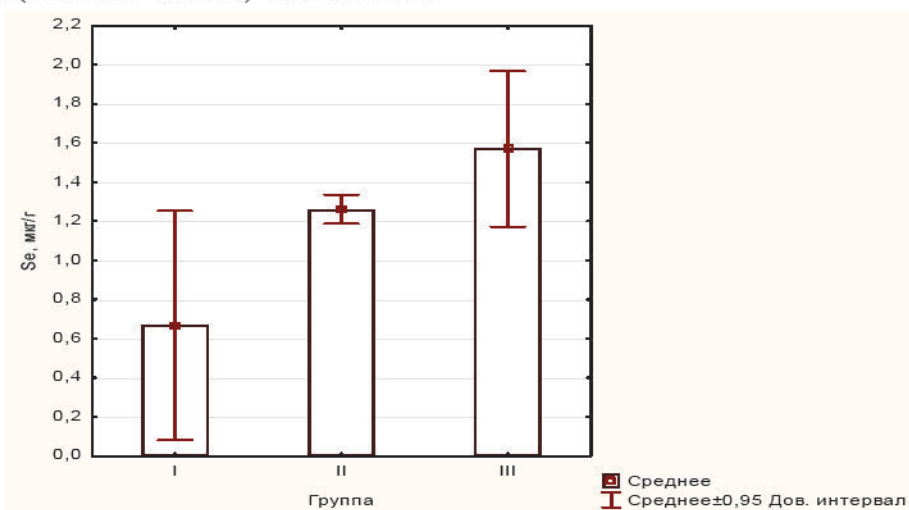


Рис. 1. Концентрация Se в семенной жидкости быков-производителей голштинской породы в зависимости от выбранного процентильного интервала, мкг/мл

Fig. 1. Se concentration in seminal fluid of Holstein sires depending on the chosen percentile interval, mcg/ml

Известно, что селеновая недостаточность крайне негативно отражается на репродуктивной функции производителей [14]. Физиологическое воздействие Se на качественные характеристики спермы осуществляется через реализацию функции антиоксидантной защиты в семенной плазме, тем самым снижая окислительный стресс в клетках. Сперматозоиды чувстви-

тельны к окислительному стрессу по причине нехватки цитоплазматической защиты [15]. В связи с этим, выявленные нами изменения в показателях качества спермы на фоне увеличения обеспеченности животных этим элементом являются вполне закономерными (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества спермы быков-производителей в зависимости от процентильного интервала концентраций Se в семенной жидкости ( $M \pm STD$ )

Элемент	Группа (процентильный интервал)		
	I (<25)	II (25-75)	III (>75)
Активность сперматозоидов, балл	7.70±0.101	7.91±0.117*	8.11±0.998*
Концентрация сперматозоидов, млрд	0.930±0.147	1.01±0.135	1.19±0.155

\*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*\*\*  $P \leq 0.001$  по сравнению с I группой

Так, анализ полученных данных выявил, что самые низкие показатели качества спермы отмечались у животных с содержанием Se в семенной плазме ниже 25 перцентиля. Увеличение концентраций Se от минимального (I

группа) к среднему (II группа) и максимальному (III группа) сопровождалось повышением показателя активности сперматозоидов на 2.7 ( $P \leq 0.05$ ) и 5.3 % ( $P \leq 0.05$ ).

**Цинк (Zn).** Сравнительный анализ

данных по концентрации Zn в разрезе сформированных групп показал, что в семенной жидкости быков-производителей III группы содержалось  $22.9 \pm 5.85$  мкг/мл, что соответственно на 82.5 % ( $P \leq 0.01$ ) и в 4.9 раза ( $P \leq 0.01$ ) выше по сравнению с I и II группами (рис. 2).

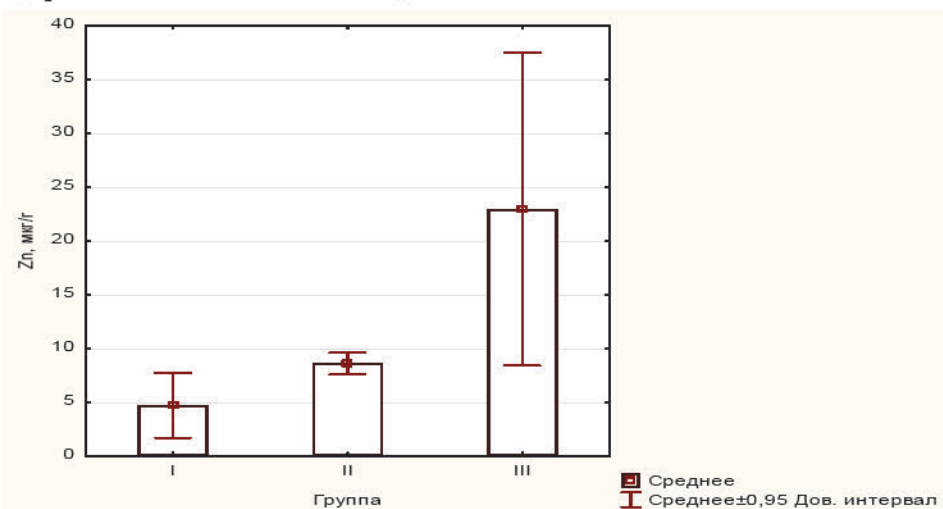


Рис. 2. Концентрация Zn в семенной жидкости быков-производителей голштинской породы в зависимости от выбранного процентильного интервала, мкг/мл

Fig. 2. The concentration of Zn in the seminal fluid of Holstein bulls depending on the selected percentile interval, mcg/ml

Полученные в нашем исследовании результаты продемонстрировали положительную тенденцию в показателях количества спермы по мере увеличения концентрации Zn в семенной жидкости (табл. 3).

Таблица 3

Показатели качества свежей спермы быков-производителей в зависимости от процентильного интервала концентраций Zn в семенной жидкости ( $M \pm STD$ )

Элемент	Группа (процентильный интервал)		
	I (<25)	II (25-75)	III (>75)
Активность сперматозоидов, балл	7.68±0.111	7.89±0.124*	8.00±0.100*
Концентрация сперматозоидов, млрд	0.930±0.147	1.04±0.106	1.11±0.286

$P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*\*\*  $P \leq 0.001$  по сравнению с I группой

Остановливаясь на отдельных аспектах, следует отметить, что минимальные значения для показателя активности сперматозоидов в свежей сперме ( $7.68 \pm 0.111$ ) фиксировались у животных с содержанием Zn в семенной плазме ниже 25 перцентиля (I группа). По мере увеличения содержания Zn в семенной жидкости у животных II и III групп отмечалось повышение этого показателя на 2.7 ( $P \leq 0.05$ ) и 4.1 % ( $P \leq 0.05$ ), соответственно.

В целом полученные в нашем эксперименте результаты по влиянию Zn на качественные показатели спермы

согласуются с проведёнными ранее исследованиями и объясняются тем, что цинк является важным фактором нормального функционирования предстательной железы и половой системы в целом [16]. Цинк в семенной плазме стабилизирует клеточную мембрану и ядерный хроматин сперматозоидов. Также цинк (Zn) играет важную роль в подвижности сперматозоидов и напрямую влияет на их морфологию [17].

**Медь (Cu).** Сравнение данных по концентрациям Cu в рамках сформированных

групп показал, что в семенной жидкости быков-производителей III группы (P<0.05) и в 3.8 раза (P<0.001) выше в сравнении с I и II группами (рис. 3).  
содержалось 2.11±0.0851мкг/г, что на 78.0 %

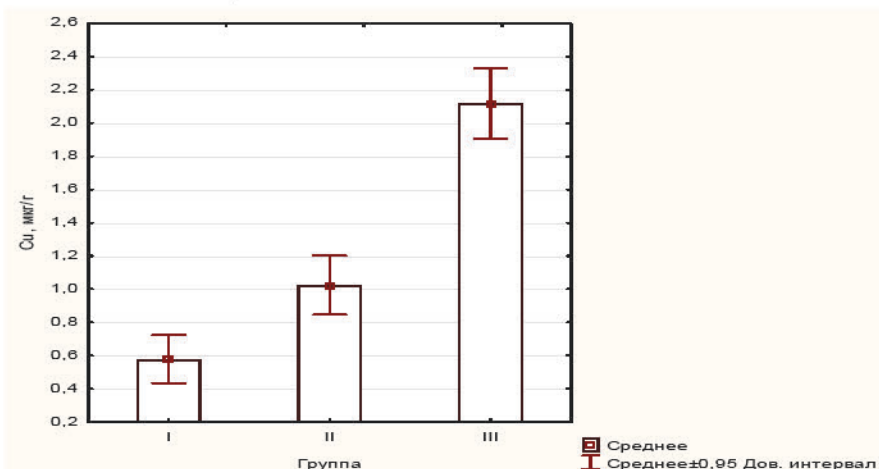


Рис. 3. Концентрация Cu в семенной жидкости быков-производителей голштинской породы в зависимости от выбранного процентильного интервала, мкг/г

Fig. 3. Concentration of Cu in seminal fluid of Holstein sires depending on the chosen percentile interval, mcg/g

В результате исследований установлено, что при увеличении содержания Cu в семенной жидкости у животных II и III групп относительно I группы происходило

повышение активности сперматозоидов на 1.4 и 3.3 % при достоверной разнице (P<0,01) по отношению к особям III группы (табл. 4).

Таблица 4

Показатели качества свежей спермы быков-производителей в зависимости от процентильного интервала концентраций Cu в семенной жидкости (M±STD)

Элемент	Группа (процентильный интервал)		
	I (<25)	II (25-75)	III (>75)
Активность сперматозоидов, балл	7.77±0.0583	7.88±0.148	8.03±0.0581**
Концентрация сперматозоидов, млрд	1.01±0.0972	0.984±0.147	1.21±0.121

\* P<0.05; \*\* P<0.01; \*\*\* P<0.001 по сравнению с I группой

Выявленное нами достоверное увеличение активности сперматозоидов при увеличении концентрации меди в семенной жидкости согласуется с ранее проведенными исследованиями, которые продемонстрировали положительное влияние этого элемента на качественные характеристики спермы [18]. Медь (Cu) является важным компонентом для многих металлоферментов, таких как супероксиддисмутаза, церулоплазмин и лизооксидаза, которые имеют решающее значение в реализации антиоксидантных процессов в семенной плаз-

ме. Cu влияет на прогрессирующую подвижность, жизнеспособность, целостность мембран и предотвращает повреждение ДНК после разбавления спермы и криоконсервации [19].

*Стронций (Sr).* Сравнение данных по концентрациям Sr в рамках сформированных групп показал, что в семенной жидкости быков-производителей III группы содержалось 0.227±0.0683 мкг/мл, что на 77.7 (P<0.01) и 180 % (P<0.05) выше по сравнению с I и II группами (рис. 4).

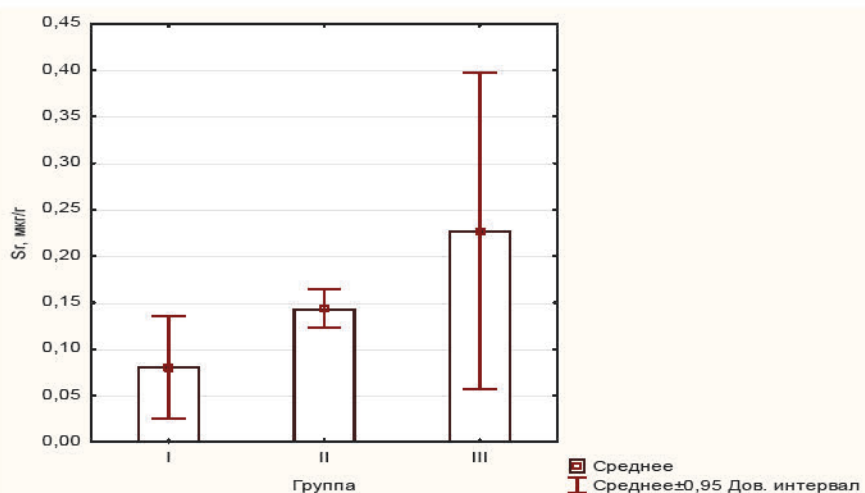


Рис. 4. Концентрация Sr в семенной жидкости быков-производителей голштинской породы в зависимости от выбранного процентильного интервала, мкг/мл

Fig. 4. The concentration of Sr in the seminal fluid of Holstein bulls depending on the chosen percentile interval, mcg/ml

Различные уровни концентраций Sr в семенной жидкости оказали значительное влияние на показатели качества спермы (табл. 5).

Таблица 5

Показатели качества свежей спермы быков-производителей в зависимости от процентильного интервала концентраций Sr в семенной жидкости

Элемент	Группа (процентильный интервал)		
	I (<25)	II (25-75)	III (>75)
Активность сперматозоидов, балл	7.90±0,141	7.89±0,173	7.87±0,115
Концентрация сперматозоидов, млрд	0.950±0,0632	1.04±0,198	1.12±0,0673*

\* P<0.05; \*\* P<0.01; \*\*\* P<0.001 по сравнению с I группой

Так, было установлено, что при увеличении содержания Sr в семенной жидкости у животных II и III групп относительно I группы происходило повышение концентрации сперматозоидов на 9.4 и 17.8 % (P<0.05).

Необычная, на первый взгляд, закономерность увеличения концентрации и активности сперматозоидов в эякуляте животных, выявленная нами в связи с увеличением концентрации в семенной жидкости стронция,

может в целом объясняться способностью стронция проявлять свойства по активации сперматозоидов с последующим стимулированием их развития [20].

**Фосфор(P).** Сравнительный анализ данных по концентрации P в разрезе сформированных групп показал, что в семенной жидкости быков-производителей III группы содержалось 1570±125мкг/мл, что на 136 (P<0.01) и 38.8 % (P<0.05) выше в сравнении с I и II группами (рис. 5).

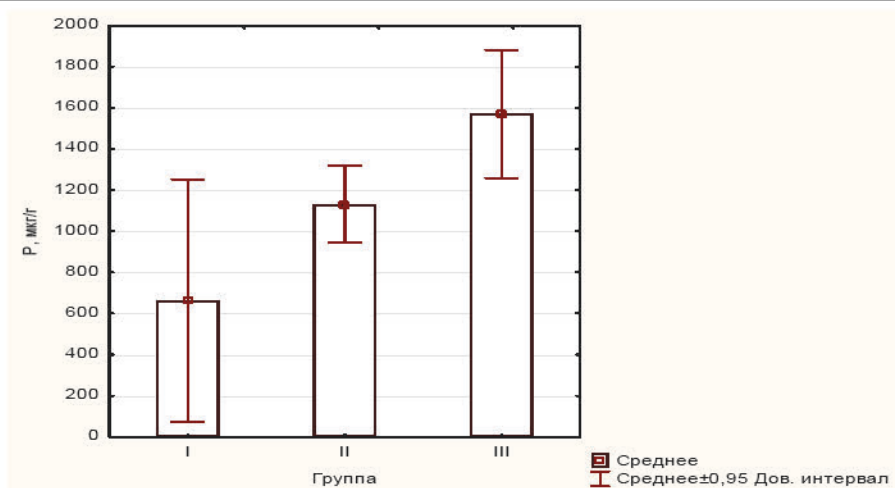


Рис. 5. Концентрация P в семенной жидкости быков-производителей голштинской породы в зависимости от выбранного процентильного интервала, мкг/мл  
 Fig. 5. The concentration of P in the seminal fluid of Holstein bulls, depending on the selected percentile interval, mcg/ml

Полученные в нашем исследовании результаты продемонстрировали положительную тенденцию в показателях качества спермы по мере увеличения концентрации P в семенной жидкости (табл. 6).

Таблица 6

Показатели качества свежей спермы быков-производителей в зависимости от процентильного интервала концентраций P в семенной жидкости (M±STD)

Элемент	Группа (процентильный интервал)		
	I (<25)	II (25-75)	III (>75)
Активность сперматозоидов, балл	7.67±0.058	7.92±0.058**	8.00±0.100**
Концентрация сперматозоидов, млрд	0.863±0.055	1.03±0.055	1.19±0.155*

P≤0.05; \*\* P≤0.01; \*\*\* P≤0.001 по сравнению с I группой

Самые низкие показатели качества спермы, отмечалась у животных с содержанием P в семенной жидкости ниже 25 процентиля. По мере увеличения содержания P от минимального к максимальному в процентильных интервалах 25-75 и больше 75 процентиля происходило повышение активности сперматозоидов на 3.2 (P≤0.01) и 4.3 % (P≤0.01), концентрация сперматозоидов при этом увеличивалась на 19.3 и 37.8 % (P≤0.01), соответственно.

**Выводы.** 1. Результаты проведённых исследований свидетельствуют, что на качественные характеристики свежей спермы быков-производителей голштинской породы

оказывает положительное влияние концентрация P, Se, Cu, Zn и Sr в семенной жидкости.

2. Отсутствие эталонных интервалов по содержанию химических элементов в семенной жидкости затрудняет интерпретацию лабораторных данных, в связи с этим дальнейшая работа над проблемой должна быть направлена на определение справочных интервалов концентраций основных эссенциальных и токсичных элементов в семенной жидкости быков-производителей, что позволит диагностировать элементозы и назначать препараты микроэлементов для метаболической коррекции.

Список источников

1. Bagirov V.A., Kalaschnikov V.V., Zaitsev A.M., Zavalov O.A., Frolov, A.N. Reproductive function in purebred arabian stallions as related to the levels of chemical elements in mane hair samples // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*. 2017. № 52(6). P. 1184–1193. doi 10.15389/agrobiology.2017.6.1184eng
2. Lu Sy., Huang Z.M., Huang W.K., Liu X.Y., Chen Y.Y., Shi T., et al. How calcium inhibits the magnesium dependent kinase gsk3 $\beta$ : A molecular simulation study // *Proteins*. 2013. № 81(5). P. 740-53.
3. Michal Vyvial, Eliška Horáčková, Markéta Sedlinská, Eva Jánová, Šárka Krisová, Miroslava Mráčková. Determination of selected components in seminal plasma of donkey stallions and their correlation to semen quality parameters // *Acta Veterinaria Brno*. 2020. № 88(4). P. 377-384.
4. Wong W.Y., Flik G., Groenen P.M., Swinkels D.W., Thomas C.M., Copius-Peereboom J.H., Merkus H.M., Steegers-Theunissen R.P. The impact of calcium, magnesium, zinc, and copper in blood and seminal plasma on semen parameters in men // *Reprod Toxicol*. 2001. № 15(2). P. 131-136.
5. Mudron P., Baumgartner W., Kovac G., Bartko P., Rosival I., Zezula I. Effects of iron and vitamin E administration on some immunological parameters in pigs // *Dtsch Tierarztl Wschr*. 1996. № 103. P. 131-133.
6. Mahdiyeh Mirnamniha, Fereshteh Faroughi, Eisa Tahmasbpour, Pirooz Ebrahimi, Asghar Beigi Harchegani. An overview on role of some trace elements in human reproductive health, sperm function and fertilization process // *Rev Environ Health*. 2019. № 34(4). P. 339-348. doi: 10.1515/revh-2019-0008
7. Benoff S., Centola G.M., Millan C., Napolitano B., Marmar J. L., Hurley I. R. Hum Increased seminal plasma lead levels adversely affect the fertility potential of sperm in IVF // *Reprod*. 2003. № 18. P. 374-383.
8. Toman R., Massanyi P. Changes in the testis and epididymis of rabbits after an intraperitoneal and peroral administration of cadmium // *Trace Elem Electrolytes*. 2002. № 19. № 114-117.
9. Massanyi P., Massanyiova K., Pizzi F., Trandzik J., Toman R. Time dependent influence of low cadmium doses on bovine spermatozoa motion after refreezing // *Agriculture*. 1999. № 45. P. 287-295.
10. Forgacs Zs., Nemethy Zs., Revesz Cs., Lazar P. Specific amino acids moderate the effects of Ni<sup>2+</sup> on the testosterone production of mouse Leydig cells in vitro // *J Toxicol Environ Health*. 2001. A62. P. 349-358.
11. Zakošek Pipan, M., Zrimšek, P., Jakovac Strajn, B. et al. Macro- and microelements in serum and seminal plasma as biomarkers for bull sperm cryotolerance // *Acta Vet Scand*. 2021. №63(25). <https://doi.org/10.1186/s13028-021-00590-2>
12. Kalashnikov V.V., Atroshchenko M.M., Zaitsev A.M., Nezalenova A.A., Datsyshin A.A. Correlation between the sperm quality of stallions and the macronutrient concentration in the blood serum // XIX International Scientific and Practical Conference «Current Trends of Agricultural Industry in Global Economy». P. 112-117. doi: 10.32743/agri.gl.econ.2020.112-117
13. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников и др. Москва. 2003. 456 с.
14. Agarwal A., Sekhon L.H. Oxidative stress and antioxidants for idiopathic oligoasthenoteratospermia: is it justified? // *Indian J Urol*. 2011. № 27. P. 74-85. doi: 10.4103/0970-1591.78437.
15. Kawakami E., Tekemura A., Sakuma M., Takano M., Hirano T., Hori T., Tsutsui T. Superoxide dismutase and catalase activities in the seminal plasma of normozoospermic and asthenozoospermic beagles // *J Vet Med Sci*. 2007. № 69(2). P. 133-136.
16. Eskenazi B., Kidd S.A., Marks A.R., Slotter E., Block G., Wyrobek A.J. Antioxidant intake is associated with semen quality in healthy men // *Hum Reprod*. 2005. № 20. P. 1006-1012. doi: 10.1093/humrep/deh725.
17. Villaverde A.I.S., Fioratti E.G., Ramos R.S., Neves R.C., Ferreira J.C.P., Cardoso G.S., et al. Blood and seminal plasma concentrations of selenium, zinc and testosterone and their relationship to sperm quality and testicular biometry in domestic cats // *Anim Reprod Sci*. 2014. № 150(1). P. 50-55.
18. Huang Y.L., Tseng W.S., Cheng S.Y., Lin T.H. Trace elements and lipid peroxidation in human seminal plasma // *Biol Trace Elem Res*. 2000. № 76. P.207-215.
19. Halla A. El Said, Ghada M. El Khder, Ehab M. Hussein, Nagwa A. Helmy, Mona Salah El Deen. Investigation on the effects of copper deficiency on fertility and some hematobiochemical parameters in rams with trial for treatment // *Benha Veterinary Medical Journal*. 2019. № 37(1). P. 210-215.
20. Paffoni A., Brevini T.A., Somigliana E., Restelli L., Gandolfi F, Ragni G. In vitro development of human oocytes after parthenogenetic activation or intracytoplasmic sperm injection // *Fertil Steril*. 2007. № 87. P. 77-82.

**INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS OF ESSENTIAL AND TOXIC ELEMENTS IN SEMINAL LIQUID ON QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF SPERM OF HOLSHTEIN BULLS**

©2022. Oleg A. Zavyalov<sup>1✉</sup>, Alexey N. Frolov<sup>2</sup>, Anatoly V. Kharlamov<sup>3</sup>, Marina Y. Kurilkina<sup>4</sup>,  
<sup>1,2,3,4</sup> Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia,  
<sup>1</sup> Oleg-Zavyalov83@mail.ru

**Abstract.** The main goal of this study was to determine the relationship between the concentrations of macro- and microelements in the seminal fluid of sires and the qualitative characteristics of

fresh sperm. The study was carried out in the JSC "Nevskoe", Leningrad region. Fresh sperm obtained from physiologically healthy bulls of the Holstein breed was used as a biomaterial for research. Based on the data on the concentrations of elements (Se, Zn, Cu, Sr P) in seminal plasma, which significantly correlated with the quality characteristics of fresh sperm, the animals were divided into groups: I – up to the 25th percentile, II – within the 25-75th percentile, III – above the 75th percentile. The elemental composition of seminal plasma was determined by 25 chemical elements (Co, Cr, Cu, Fe, I, Mn, Se, Zn, Ca, K, Mg, P, B, Li, Si, V, Na, Ni, Sn, Hg, Sr, Al, As, Cd, Pb) by ICP-DRC-MS methods. Sperm concentration was assessed using a digital photometer. Sperm activity was studied using a phase-contrast microscope. Comparative analysis of sperm quality indicators depending on the levels of concentrations of individual chemical elements in the seminal fluid revealed a significant ( $P \leq 0.05$ ) increase in sperm activity as the concentrations of Se, Zn, Cu and P increased, while the concentration of spermatozoa in fresh semen increased as the Sr and P levels in seminal fluid increased.

**Key words:** cattle, sires, trace elements, sperm quality

**Acknowledgments:** The work was carried out in accordance with the research plan for 2019-2023 of the Federal State Budget Scientific Institution FNTs BST RAS (No. 0761-2019-0006).

#### References

1. Bagirov V.A., Kalaschnikov V.V., Zaitsev A.M., Zavalov O.A., Frolov, A.N. Reproductive function in purebred arabian stallions as related to the levels of chemical elements in mane hair samples, *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 2017, No. 52(6). R. 1184–1193. doi 10.15389/agrobiology.2017.6.1184eng
2. Lu Sy., Huang Z.M., Huang W.K., Liu X.Y., Chen Y.Y., Shi T., et al. How calcium inhibits the magnesium dependent kinase  $gsk3\beta$ : A molecular simulation study, *Proteins*, 2013, No. 81(5), R. 740-53.
3. Michal Vyvial, Eliška Horáčková, Markéta Sedlinská, Eva Jánová, Šárka Krisová, Miroslava Mráčková. Determination of selected components in seminal plasma of donkey stallions and their correlation to semen quality parameters, *Acta Veterinaria Brno*. 2020, No. 88(4), R. 377-384.
4. Wong W.Y., Flik G., Groenen P.M., Swinkels D.W., Thomas C.M., Copius-Peereboom J.H., Merkus H.M., Steegers-Theunissen R.P. The impact of calcium, magnesium, zinc, and copper in blood and seminal plasma on semen parameters in men, *Reprod Toxicol*, 2001, No. 15(2), P. 131-136.
5. Mudron P., Baumgartner W., Kovac G., Bartko P., Rosival I., Zezula I. Effects of iron and vitamin E administration on some immunological parameters in pigs, *Dtsch Tierarztl Wschr*, 1996, No. 103, R. 131-133.
6. Mahdiyeh Mirnamniha, Fereshteh Faroughi, Eisa Tahmasbpour, Pirooz Ebrahimi, Asghar Beigi Harchegani. An overview on role of some trace elements in human reproductive health, sperm function and fertilization process, *Rev Environ Health*, 2019, No. 34(4), R. 339-348. doi: 10.1515/reveh-2019-0008
7. Benoff S., Centola G.M., Millan C., Napolitano B., Marmar J. L., Hurley I. R. Hum Increased seminal plasma lead levels adversely affect the fertility potential of sperm in IVF, *Reprod*, 2003, No. 18, P. 374-383.
8. Toman R., Massanyi P. Changes in the testis and epididymis of rabbits after an intraperitoneal and peroral administration of cadmium, *Trace Elem Electrolytes*. 2002, No. 19, Pp. 114-117.
9. Massanyi P., Massanyiova K., Pizzi F., Trandzik J., Toman R. Time dependent influence of low cadmium doses on bovine spermatozoa motion after refreezing, *Agriculture*, 1999, No. 45, R. 287-295.
10. Forgacs Zs., Nemethy Zs., Revesz Cs., Lazar P. Specific amino acids moderate the effects of Ni<sup>2+</sup> on the testosterone production of mouse Leydig cells in vitro // *J Toxicol Environ Health*. 2001. A62. R. 349-358.
11. Zakošek Pipan, M., Zrimšek, P., Jakovac Strajn, B. et al. Macro- and microelements in serum and seminal plasma as biomarkers for bull sperm cryotolerance, *Acta Vet Scand*, 2021, No. 63(25). <https://doi.org/10.1186/s13028-021-00590-2>
12. Kalashnikov V.V., Atroshchenko M.M., Zaitsev A.M., Nezalenova A.A., Datsyshin A.A. Correlation between the sperm quality of stallions and the macronutrient concentration in the blood serum, XIX International Scientific and Practical Conference «Current Trends of Agricultural Industry in Global Economy», P. 112-117. doi: 10.32743/agri.gl.econ.2020.112-117
13. Normy i raciony kormlenija sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh (Norms and diets for feeding farm animals), A.P. Kalashnikov i dr. Moskva, 2003, 456 p.
14. Agarwal A., Sekhon L.H. Oxidative stress and antioxidants for idiopathic oligoasthenoteratospermia: is it justified?, *Indian J Urol*, 2011, No. 27, R. 74-85. doi: 10.4103/0970-1591.78437.
15. Kawakami E., Tekemura A., Sakuma M., Takano M., Hirano T., Hori T., Tsutsui T. Superoxide dismutase and catalase activities in the seminal plasma of normozoospermic and asthenozoospermic beagles, *J Vet Med Sci*. 2007, No. 69(2), R. 133-136.
16. Eskenazi B., Kidd S.A., Marks A.R., Slotter E., Block G., Wyrobek A.J. Antioxidant intake is associated with



semen quality in healthy men, Hum Reprod, 2005, No. 20, R. 1006-1012. doi: 10.1093/humrep/deh725.

17. Villaverde A.I.S., Fioratti E.G., Ramos R.S., Neves R.C., Ferreira J.C.P., Cardoso G.S., et al. Blood and seminal plasma concentrations of selenium, zinc and testosterone and their relationship to sperm quality and testicular biometry in domestic cats, Anim Reprod Sci, 2014, No. 150(1), R. 50-55.

18. Huang Y.L., Tseng W.S., Cheng S.Y., Lin T.H. Trace elements and lipid peroxidation in human seminal plasma, Biol Trace Elem Res, 2000, No. 76, R.207-215.

19. Halla A. El Said, Ghada M. El Khder, Ehab M. Hussein, Nagwa A. Helmy, Mona Salah El Deen. Investigation on the effects of copper deficiency on fertility and some hematobiochemical parameters in rams with trial for treatment, Benha Veterinary Medical Journal, 2019, No. 37(1), R. 210-215.

20. Paffoni A., Brevini T.A., Somigliana E., Restelli L., Gandolfi F., Ragni G. In vitro development of human oocytes after parthenogenetic activation or intracytoplasmic sperm injection, Fertil Steril, 2007, No. 87, R. 77-82.

### Сведения об авторах

**О.А. Завьялов**<sup>1</sup>✉ – д-р биол. наук;

**А.Н. Фролов**<sup>2</sup> – д-р биол. наук;

**А.В. Харламов**<sup>3</sup> – д-р с.-х. наук;

**М.Я. Курилкина**<sup>4</sup> – канд. биол. наук.

<sup>1,2,3,4</sup> Федеральний научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 января, д. 29, г. Оренбург, Россия, 460000

<sup>1</sup>Oleg-Zavyalov83@mail.ru

### Information about the authors

**O.A. Zavyalov**<sup>1</sup>✉ – Dr. Biol. Sci.;

**A.N. Frolov**<sup>2</sup> – Dr. Biol. Sci.;

**A.V. Kharlamov**<sup>3</sup> – Dr. Agr. Sci.;

**M.Ya. Kurilkina**<sup>4</sup> – Cand. Biol. Sci.

<sup>1,2,3,4</sup> Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya st., Orenburg, Russia, 460000

<sup>1</sup>Oleg-Zavyalov83@mail.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 29.03.2022; одобрена после рецензирования 04.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 29.03.2022; approved after reviewing 04.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

Научная статья

УДК 636.087.7

doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_129

## ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КОРМЛЕНИИ ПРЕМИКСОВ ИЗ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ И ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ

©2022. Юлия Германовна Любимова<sup>1✉</sup>, Вера Александровна Терещенко<sup>2</sup>, Евгений Анатольевич Иванов<sup>3</sup>, Арина Геннадьевна Кичеева<sup>4</sup>, Ольга Валерьевна Иванова<sup>5</sup>,<sup>1,2,3,4</sup>Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Россия,

<sup>5</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия,

<sup>1</sup>krasniptig75@yandex.ru

**Аннотация.** В работе изучено влияние премиксов из лесных ресурсов и природных минералов на гематологические показатели коров. Эксперимент проведен в Красноярском крае в опытном хозяйстве ФИЦ КНЦ СО РАН на коровах черно-пестрой породы (2 опытных и контрольная группы по 10 голов). Все экспериментальные коровы получали основной рацион хозяйства, 1-я опытная группа дополнительно получала премикс из хвойной муки (50 г/гол/сут.), скорлупы кедрового ореха (50 г/гол/сут.), арабиногалактана (5 г/гол/сут.), витаминно-минерального комплекса (10 г/гол/сут.) и бентонитовой глины (100 г/гол/сут.), 2-я опытная – аналогичный по составу премикс, за исключением бентонитовой глины, вместо которой в премикс был включен вспученный вермикулит (100 г/гол/сут.), контрольная – только основной рацион. Результаты исследований показали, что поедание коровами изучаемых премиксов не отразилось отрицательно на их гематологических показателях, значения которых не выходили за пределы физиологической нормы. После 60 дней эксперимента в крови коров опытных групп по сравнению с контрольной содержалось больше, соответственно: лимфоцитов на 18,9 и 2,9 %, гемоглобина – на 1,8 и 3,6 %, тромбоцитов – на 1,6 и 8,0 %, больших тромбоцитов – на 10,6 %.

**Ключевые слова:** коровы, морфология крови, хвойная мука, скорлупа кедрового ореха, арабиногалактан, бентонитовая глина, вспученный вермикулит, кормление, премикс.

**Благодарности:** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, номер государственного учета НИОКТР: АААА-А19-119012290066-7.

**Введение.** При оценке благополучия здоровья животных важную роль играет анализ морфологических показателей крови. Морфология крови тесно взаимосвязана с обменом веществ и полноценностью кормления животных. Дефицит тех или иных элементов питания в рационе приводит к нарушению метаболизма, что сразу отражается на

качественном и количественном составе форменных элементов крови [1]. Исследования крови помогают оценить состояние здоровья животных и при необходимости скорректировать рационы для предотвращения развития тяжелых патологий.

Для балансирования рационов животных по биологически активным и питательным ве-

шествам широко применяются премиксы. Химически синтезированные ингредиенты в их составе не всегда хорошо усваиваются животным организмом, а высокая цена отражается на себестоимости продукции. Наибольшую биологическую доступность для травоядных животных имеют вещества растительного происхождения. Хорошим дополнением к основному рациону могут быть натуральные добавки из нетрадиционного для кормопроизводства местного растительного сырья [7].

В Сибири к такому сырью относятся отходы лесных промыслов: шелуха шишек и скорлупа кедрового ореха, зеленая масса хвойных растений, заготавливаемых на деловую древесину. Эти отходы образуются ежегодно в больших количествах и нуждаются в утилизации. Ценный состав древесных отходов, включающий витамины, макро- и микроэлементы, биофлавоноиды, полисахариды, аминокислоты позволяет использовать их после соответствующей переработки в кормлении животных [8, 9].

Часто содержание питательных веществ в основных кормах снижается за счет повреждения их плесневыми грибами. При этом корма оказываются зараженными микотоксинами, наносящими вред здоровью и снижающими качество животноводческой продукции. Нейтрализовать токсины и обеспечить животным дополнительное минеральное питание позволяет использование природных глинистых минералов, обладающих хорошими адсорбционными способностями [13, 14].

Глинистые минералы, такие как цеолит, бентонит, а также вермикулит, относящийся к группе гидрослоев, применяются в качестве основы для премиксов. Они способны удерживать при хранении и отдавать в пищеварительном тракте животного действующие вещества премикса, и при этом сами служат дополнительным источником минеральных элементов [5, 12].

*Целью исследований* было изучение влияния скармливания премиксов, содержащих лесные ресурсы и природные минералы, на морфологические показатели крови коров.

**Методика.** Исследования были проведены в ОПХ «Михайловское» филиале ФИЦ

КНЦ СО РАН Красноярского края на лактирующих коровах черно-пестрой породы. По принципу аналогов были подобраны 3 группы по 10 голов – две опытных и одна контрольная. Все коровы получали основной рацион, принятый в хозяйстве, сенажно-концентратного типа, содержащий 3,73 ЭКЕ на 100 кг живой массы. Коровам 1-й опытной группы в дополнение к основному рациону скармливали премикс, состоящий из хвойной муки (50 г/гол/сут.), размолотой скорлупы кедрового ореха (50 г/гол/сут.), порошка арабиногалактана (5 г/гол/сут.), витаминно-минерального комплекса (10 г/гол/сут.) и бентонитовой глины (100 г/гол/сут.), 2-й опытной группы – аналогичный по составу премикс, в котором бентонитовая глина была заменена вспученным вермикулитом (100 г/гол/сут.) Опыт продолжался 60 дней. Средняя живая масса коров составляла 540 кг, удой – 5822 л молока за предыдущую лактацию. Содержание коров привязное.

Для приготовления премиксов использовались следующие компоненты: высушенная хвоя сосны обыкновенной и скорлупа кедрового ореха, измельченные на молотковой дробилке до состояния муки, арабиногалактан (АО Аметис, г. Благовещенск), витаминно-минеральный комплекс (содержание в 1 кг: витамин А – 600000 МЕ; Д<sub>3</sub> – 100000 МЕ; Е – 500 МЕ; марганца – 1,0 г; йода – 0,2 г; цинка – 2,0; меди – 0,5 г; кобальта – 0,1 г; селена – 0,02 г), бентонитовая глина (ООО «Бентонит Хакасии», Республика Хакасия), вспученный вермикулит (ООО «Сивер», Красноярский край). Все компоненты премиксов взвешивали на весах, и в виде индивидуальных порций скармливали коровам во время утреннего кормления в смеси с концентратами в сухом виде.

Кровь для анализа брали у коров утром до кормления, в начале и в конце опыта, из хвостовой вены в вакуумные пробирки (PUTH, КНР). Морфологический состав крови определяли на гематологическом анализаторе Abacus Junior 5 (Vet) (Diatron, Венгрия).

Биометрическую обработку опытных данных проводили по методике Н.А. Плохинского [10] с использованием компьютерной программы по биометрическому анализу [11].

**Результаты.** Результаты исследований крови коров в начале опыта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели крови коров в начале опыта (M±m, n=10)

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	6,00±0,57	4,99±0,47	4,57±0,50
Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	3,01±0,35	2,71±0,25	2,70±0,32
Лимфоциты, %	42,39±2,99	56,19±3,20*	59,39±2,70**
Нейтрофилы, 10 <sup>9</sup> клеток/л	3,21±0,25	2,75±0,29	2,50±0,19
Нейтрофилы, %	48,00±3,41	32,97±2,83	32,65±2,04
Моноциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	0,18±0,05	0,25±0,05	0,18±0,04
Моноциты, %	2,57±0,52	4,77±0,74*	3,81±0,70
Эозинофилы, 10 <sup>9</sup> клеток/л	0,24±0,08	0,24±0,02	0,15±0,02
Эозинофилы, %	6,13±0,94	5,19±0,56	3,41±0,48
Базофилы, 10 <sup>9</sup> клеток/л	0,07±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01
Базофилы, %	1,06±0,18	1,05±0,11	0,84±0,15
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> клеток/л	6,52±0,25	6,31±0,20	6,55±0,24
Гемоглобин, г/л	118,11±2,67	116,43±3,95	117,00±3,38
Гематокрит, %	30,25±0,99	27,08±0,57	29,19±0,91
Средний объем эритроцита, фл	66,67±1,23	62,43±1,21	64,75±0,77
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	15,13±0,32	14,58±0,24	14,83±0,18
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/л	324,89±3,65	339,00±3,92*	331,88±2,56
Распределение эритроцитов, %	19,79±0,34	21,17±1,02	19,35±0,25
Распределение эритроцитов, фл	38,89±0,93	37,29±1,16	36,23±0,69*
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	377,00±20,28	300,33±22,35	319,57±27,64
Распределение тромбоцитов, %	31,81±0,86	31,80±0,49	32,64±0,69
Распределение тромбоцитов, фл	8,19±0,56	8,02±0,30	8,60±0,48
Средний объем тромбоцита, фл	6,33±0,16	6,30±0,05	6,39±0,08
Тромбокрит, %	0,13±0,03	0,13±0,01	0,14±0,02
Большие тромбоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	116,22±20,52	122,52±11,37	139,25±9,82
Процент больших тромбоцитов, %	66,36±6,51	68,49±4,75	66,31±5,56

Примечание: – Достоверность разницы с контрольной группой: \* p > 0,95; \*\* p > 0,99, здесь и далее.

Большинство морфологических показателей крови коров в начале опыта не выходили за границы нормы. Ниже нормы у всех групп животных были: средний объем эритроцита, среднее содержание гемогло-

бина в эритроците, распределение эритроцитов (фл), средний объем тромбоцита.

Значения исследуемых показателей в крови коров в конце опыта приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели крови коров в конце опыта (M±m, n=10)

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	6,76±0,63	6,55±0,31	6,83±0,42
Лимфоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	3,12±0,29	3,21±0,24	3,71±0,34
Лимфоциты, %	46,41±2,04	50,21±2,33	53,38±2,40
Нейтрофилы, 10 <sup>9</sup> клеток/л	2,45±0,34	2,58±0,15	2,55±0,15
Нейтрофилы, %	42,26±2,25	40,94±1,98	38,04±2,15
Моноциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	0,38±0,11	0,35±0,05	0,32±0,03
Моноциты, %	4,96±1,02	3,99±0,84	4,91±0,40
Эозинофилы, 10 <sup>9</sup> клеток/л	0,30±0,04	0,25±0,04	0,30±0,04
Эозинофилы, %	5,24±0,65	3,86±0,59	4,46±0,65
Базофилы, 10 <sup>9</sup> клеток/л	0,07±0,01	0,07±0,01	0,08±0,01
Базофилы, %	1,10±0,16	0,99±0,12	1,18±0,10
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> клеток/л	6,31±0,26	6,22±0,20	6,27±0,14
Гемоглобин, г/л	122,88±4,57	125,14±3,73	127,25±1,29
Гематокрит, %	37,48±0,93	37,12±0,90	36,47±0,98
Средний объем эритроцита, фл	68,75±0,97	68,63±0,65	68,63±1,38
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	14,76±0,20	14,85±0,20	14,38±0,30
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, г/л	338,13±3,98	340,90±1,47	342,50±2,37
Распределение эритроцитов, %	18,35±0,42	19,06±0,29	18,91±0,58
Распределение эритроцитов, фл	37,81±0,78	39,04±0,56	38,46±1,14
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	313,63±33,11	318,76±19,29	338,75±33,66
Распределение тромбоцитов, %	34,45±1,12	34,41±0,38	33,56±0,41
Распределение тромбоцитов, фл	10,14±0,76	9,8±0,34	9,13±0,27
Средний объем тромбоцита, фл	6,78±0,21	6,73±0,11	6,58±0,13
Тромбокрит, %	0,15±0,02	0,15±0,01	0,17±0,02
Большие тромбоциты, 10 <sup>9</sup> клеток/л	136,7±20,82	151,67±12,52	151,48±13,81
Процент больших тромбоцитов, %	68,32±3,99	69,96±1,51	68,72±4,45

Из таблицы 2 видно, что в конце опыта количество лимфоцитов у коров опытных групп по сравнению с контрольной увеличилось соответственно на 2,9 и 18,9 %, при этом все значения находились в пределах физиологической нормы, что можно характеризовать как улучшение иммунного статуса коров под воздействием премиксов.

О возросшей иммунной активности организма коров можно судить по увеличению числа лейкоцитов в крови коров опытных групп в конце эксперимента по сравнению с его началом. Количество лейкоцитов в крови коров всех экспериментальных групп в конце опыта было приблизительно одинаково, но рост этого показателя по сравнению с началом опыта составил у коров контрольной группы – 12,7 %, 1-й опытной – 31,3 %, 2-й опытной – 49,5 %, все значения находились в пределах физиологической нормы.

Данные об увеличении числа лейкоцитов согласуются с данными других исследователей, наблюдавших аналогичный эффект при скармливании минеральных кормовых добавок молочным коровам. Так, в работе Ш.Р. Зялалова и др. [3] при скармливании модифицированного природного диатомита произошло увеличение количества лейкоцитов в крови коров на 7,96 %. Об увеличении числа лейкоцитов в крови коров в конце опыта говорится также в работе К.В. Гиберт и др. [1] при скармливании коровам адсорбирующих минеральных кормовых добавок, содержащих бентонит и цеолит. Авторы связывают увеличение числа лейкоцитов в пределах физиологической нормы с возросшей резистентностью организма коров на воздействие факторов окружающей среды.

В конце наших исследований у коров опытных групп был выше уровень гемоглобина по сравнению с контрольным на 1,8 и

3,6 %, соответственно, и наблюдалось незначительное увеличение средней концентрации гемоглобина в эритроцитах. Эти результаты согласуются с данными исследований А.И. Козинец с соавторами [4], полученными при замене в премиксе для высокопродуктивных коров отрубей на трепел.

В настоящее время интерес многих исследователей вызывает изучение тромбоцитарного гемостаза. Большой диапазон функций тромбоцитов обеспечивает процессы коагуляции крови, восстановления повреждений сосудистой стенки, накопления и транспортировки биологически активных соединений, осуществления защитных реакций организма [2].

В наших исследованиях в конце опыта у коров опытных групп было больше, чем у коров контрольной группы тромбоцитов соответственно на 1,6 и 8,0 %, больших тромбоцитов на 10,6 %.

В заключение можно отметить, что анализ морфологических показателей крови не выявил отклонений в их значениях у коров опытных групп, все они соответствовали нормам, что говорит о том, что скармливание премиксов из лесных ресурсов и природных минералов безопасно для здоровья животных.

**Выводы.** В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Скармливание молочным коровам премиксов из лесного растительного сырья и природных минералов не оказывает отрицательного влияния на морфологические показатели крови.

2. В конце опыта в крови коров опытных групп по сравнению с контрольной было выше, соответственно: лимфоцитов на 18,9 и 2,9 %, гемоглобина на 1,8 и 3,6 %, тромбоцитов – на 1,6 и 8,0 %, больших тромбоцитов – на 10,6 %.

#### Список источников

1. Гиберт К.В., Горелик О.В., Харлап С.Ю. Гематологические показатели коров при использовании минеральных кормовых добавок // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 5 (73). С. 227-231.

2. Дерхо М.А., След А.Н., Дерхо А.О. Тромбоцитарный гемостаз и его взаимосвязь с кортизолом и прогестероном у коров при беременности // Ученые записки казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. № 2 (246). С. 60-65. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-246-2-60-66.
3. Зялалов Ш.Р., Дежаткина С.В., Шаронина Н.В. Эффективность применения добавки на основе модифицированного диатомита в молочном скотоводстве // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. С. 201-205. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-201-205.
4. Козинец А.И., Глушко О.Г. и др. Гематологический профиль высокопродуктивных коров при замене пшеничных отрубей в премиксе на трепел месторождения «Стальное» // Зоотехническая наука Беларуси. 2017. Т. 52. № 1. С. 227-239.
5. Маликова М.Г., Шагалиев Ф.М. Применение премиксов на основе цеолита из местных ресурсов в рационах коров // Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф.: Курганская ГСХА, Лесниково, 2018. С. 829-835.
6. Русаков Р.В., Гарифуллина Н.А. Морфологический и биохимический состав крови новотельных коров при скармливании комплекса биологически активных веществ // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 2. С. 50-57. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.50-57.
7. Терешенко В.А., Иванов Е.А. и др. Влияние скармливания переработанных отходов биомассы леса на обмен веществ коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 38-46. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-4.
8. Терешенко В.А., Любимова Ю.Г. и др. Древесные биологически активные компоненты в кормлении коров // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2020. № 4 (32). 118-125. DOI: 10.47737/2307-2873\_2020\_32\_118.
9. Фомичев Ю.П., Никанова Л.А., Лашин С.А. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 21-30.
10. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 256 с.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021619580 Российская Федерация. Биометрический анализ количественных признаков: 2021618613: дата поступления 04.06.2021: дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 15.06.2021 / Ефимова Л.В.; правообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук». 1 с.
12. Cinzia C., Finocchio E. at al. Natural Clays as Potential Amino Acids Carriers for Animal Nutrition Application // Applied Sciences. 2021. V. 11 (12). 5669. DOI: 10.3390/app11125669.
13. Humer E., Kröger I. at al. Supplementation of a clay mineral-based product modulates plasma metabolomic profile and liver enzymes in cattle fed grain-rich diets // Animal. 2019. V. 13. No 6. P. 1214-1223. DOI: 10.1017/S1751731118002665.
14. Liu J. H., Cai W. K. at al. On how montmorillonite as an ingredient in animal feed functions // Applied Clay Science 2021. V. 202. 105963. DOI: 10.1016/j.clay.2020.105963.

## HEMATOLOGICAL INDICATORS OF COWS WHEN USING PREMIXES FROM FOREST RESOURCES AND NATURAL MINERALS IN FEEDING

©2022. Yulia G. Lyubimova<sup>1✉</sup>, Vera A. Tereshchenko<sup>2</sup>, Evgeniy A. Ivanov<sup>3</sup>,  
Arina G. Kicheeva<sup>4</sup>, Olga V. Ivanova<sup>5</sup>,

<sup>1,2,3,4</sup>Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Agriculture – a separate subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center» Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Krasnoyarsk, Russia,

<sup>5</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia,

<sup>1</sup>krasnptig75@yandex.ru

**Abstract.** The paper studies the influence of premixes from forest resources and natural minerals on the morphological parameters of cow blood. The experiment was conducted in the experimental farm of the FRC KSC SB RAS in the Krasnoyarsk Region on three groups of dairy cows (one control and two experimental of 10 heads each) of a Black-Motley breed. The control group received the main diet; in addition to the main diet experimental group 1 received a premix of coniferous flour (50 g/head/day), ground pine nut shell (50 g/head/day), arabinogalactan (5 g/head/day), vitamin and miner-

al complex (10 g/head/day), and bentonite clay (100 g/head/day); texperimental group 2 – similar in terms of the composition of the premix, with the difference that instead of bentonite clay, the ration included expanded vermiculite (100 g/head/day). As a result of the conducted studies, it was found that feeding the studied premixes to cows did not have a negative effect on the morphological parameters of blood. After 60 days of the experiment, the blood of cows of the experimental groups contained more than the control group, respectively: lymphocytes by 18.9 and 2.9%, hemoglobin by 1.8 and 3.6%, platelets by 1.6 and 8.0%, large platelets by 10.6%.

**Key words:** cows, blood morphology, premix, coniferous flour, pine nut shell, arabinogalactan, bentonite clay, expanded vermiculite, feeding, premix.

**Acknowledgments:** The work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russia, NIOKTR state registration number: AAAA-A19-119012290066-7.

#### References

1. Gibert K.V., Gorelik O.V., Harlap S.Ju. Gematologicheskie pokazateli korov pri ispol'zovanii mineral'nyh kormovyh dobavok (Hematological parameters of cows when using mineral feed additives), *Izvestija Orenburgskogo GAU*, 2018, No 5 (73), pp. 227-231.
2. Derho M.A., Sled A.N., Derho A.O. Trombocitarnyj gemostaz i ego vzaimosvjaz' s kortizolom i progesteronom u korov pri beremennosti (Platelet hemostasis and its relationship with cortisol and progesterone in cows during pregnancy), *Uchenye zapiski kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.Je. Baumana*, 2021, No 2 (246), pp. 60-65, DOI: 10.31588/2413-4201-1883-246-2-60-66.
3. Zjalalov Sh.R., Dezhatkina S.V., Sharonina N.V. Jefferektivnost' primeneniya dobavki na osnove modificirovannogo diatomita v molochnom skotovodstve (The effectiveness of using additives based on modified diatomite in dairy cattle breeding), *Vestnik Ul'janovskoj GSHA*, 2020, pp. 201-205, DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-201-205.
4. Kozinec A.I., Glushko O.G. i dr. Gematologicheskij profil' vysokoproduktivnyh korov pri zamene pshenichnyh otrubej v premiks na trepel mestorozhdenija «Stal'noe» (Hematological profile of highly productive cows when replacing wheat bran in premix with trepel from the Stalnoye deposit), *Zootekhnicheskaja nauka Belarusi*, 2017, T. 52, No 1. pp. 227-239.
5. Malikova M.G., Shagaliev F.M. Primenenie premiksov na osnove ceolita iz mestnyh resursov v racionalah korov (The use of zeolite-based premixes from local resources in the rations of cows), *Nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa regionov RF: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: Kurganskaja GSHA, Lesnikovo*, 2018, pp. 829-835.
6. Rusakov R.V., Garifullina N.A. Morfologicheskij i biohimicheskij sostav krovi novotel'nyh korov pri skarmlivanii kompleksa biologicheskij aktivnyh veshhestv (Morphological and biochemical composition of blood of new-bodied cows when feeding a complex of biologically active substances), *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2018, No 2, pp. 50-57, DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.50-57.
7. Tereshhenko V.A., Ivanov E.A. i dr. Vlijanie skarmlivanija pererabotannyh othodov biomassy lesa na obmen veshhestv korov (The effect of feeding processed forest biomass waste on the metabolism of cows), *Sibirskij vestnik sel'sko-hozjajstvennoj nauki*, 2020, No 5, pp. 38-46, DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-4.
8. Tereshhenko V.A., Ljubimova Ju.G. i dr. Drevesnye biologicheskij aktivnye komponenty v kormlenii korov (Woody biologically active components in cow feeding), *Permskij agrarnyj vestnik*, 2020, No 4 (32), pp. 118-125, DOI: 10.47737/2307-2873\_2020\_32\_118.
9. Fomichev Ju.P., Nikanova L.A., Lashin S.A. Digidrokvercetin i arabinogalaktan – prirodnye bioreguljatory, primenenie v sel'skom hozjajstve i pishhevoj promyshlennosti (Dihydroquercetin and arabinogalactan – natural bioregulators, application in agriculture and food industry), *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018, No 3, pp. 21-30.
10. Plohinskij N.A. Rukovodstvo po biometrii dlja zootehnikov (Guide on biometrics for zootechnicians), M., Kolos, 1969, 255 p.
11. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM No 2021619580 Rossijskaja Federacija. Biometricheskij analiz kolichestvennyh priznakov (Biometric analysis of quantitative features), 2021618613, data postuplenija 04.06.2021, data gos. registracii v Reestre programm dlja JeVM 15.06.2021, Efimova L.V., pravoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyj issledovatel'skij centr «Krasnojarskij nauchnyj centr Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk», 1 p.
12. Cinzia S., Finocchio E. et al. Natural Clays as Potential Amino Acids Carriers for Animal Nutrition Application, *Applied Sciences*, 2021, V. 11 (12), 5669, DOI: 10.3390/app11125669.
13. Humer E., Kröger I. et al. Supplementation of a clay mineral-based product modulates plasma metabolomic profile and liver enzymes in cattle fed grain-rich diets, *Animal*, 2019, V. 13, No 6, pp. 1214-1223, DOI: 10.1017/S1751731118002665.

14. Liu J. H., Cai W. K. et al. On how montmorillonite as an ingredient in animal feed functions, Applied Clay Science, 2021, V. 202, 105963, DOI: 10.1016/j.clay.2020.105963.

*Сведения об авторах*

**Ю.Г. Любимова**<sup>1✉</sup> – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

**В.А. Терещенко**<sup>2</sup> – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

**Е.А. Иванов**<sup>3</sup> – канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник;

**А.Г. Кичеева**<sup>4</sup> – аспирант, младший научный сотрудник;

**О.В. Иванова**<sup>5</sup> – д-р с.-х. наук, доцент, профессор РАН, главный научный сотрудник.

<sup>1,2,3,4</sup>Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», пр. Свободный 66, г. Красноярск, Россия, 660041

<sup>5</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Лиственничная аллея, д. 2Д, г. Москва, 127550

<sup>1</sup>krasniptig75@yandex.ru

*Information about the authors*

**Yu.G. Lyubimova**<sup>1✉</sup> – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

**V.A. Tereshchenko**<sup>2</sup> – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

**E.A. Ivanov**<sup>3</sup> – Cand. Agr. Sci., Senior Researcher;

**A.G. Kicheeva**<sup>4</sup> – Postgraduate, Junior Researcher;

**O.V. Ivanova**<sup>5</sup> – Dr. Agr. Sci., Chief Researcher.

<sup>1,2,3,4</sup>Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Agriculture – Separate Division of Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 66 Prospekt Svobodny St., Krasnoyarsk, Russia, 660041

<sup>5</sup>Russian State Agrarian University – Moscow named after K.A. Timiryazev Agricultural Academy, house 2D, Listvennichnaya Alleya St., Moscow, 127550

<sup>1</sup>krasniptig75@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 25.03.2022; одобрена после рецензирования 30.03.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 25.03.2022; approved after reviewing 30.03.2022; accepted for publication 19.05.2022.*



## КОРРЕКЦИЯ БЕЛКОВОГО И ПЕЧЁНОЧНОГО ПРОФИЛЯ У ТЕЛЯТ В СЕЛЕНОДЕФИЦИТНОМ РЕГИОНЕ

©2022. Надежда Николаевна Малкова<sup>1✉</sup>, Вера Константиновна Ирхина<sup>2</sup>,

Марина Евгеньевна Остякова<sup>3</sup>, Светлана Алексеевна Щербинина<sup>4</sup>,

<sup>1,2,3,4</sup>Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,

Благовещенск, Россия,

<sup>1</sup>mmn.1@mail.ru

**Аннотация.** В селендефицитных регионах предприятия скотоводческого направления в значительной степени сталкиваются с нарушением белкового обмена и печёночной дисфункцией у животных в первые месяцы жизни, что негативным образом отражается на здоровье всего поголовья. Наши исследования были направлены на изучение белкового и печёночного профиля у телят и его коррекцию в селендефицитном регионе. На телятах голштинской породы в возрасте один-два месяца изучали эффективность применения селенсодержащего препарата и «Плаценты денатурированной эмульгированной» (ПДЭ) при дисфункции печени и белковом дисбалансе под контролем биохимического исследования сыворотки крови. В ходе проведенного исследования нами было установлено нормализующее действие сочетанного применения селенсодержащего препарата и ПДЭ на функциональное состояние печени (белковосинтезирующая, детоксикационная) и белковый обмен, а также снижение риска развития патологии желудочно-кишечного тракта с явлениями диарей на 25 %.

**Ключевые слова:** телята, белковый обмен, печёночный профиль, кровь, селен, Плацента денатурированная эмульгированная (ПДЭ).

**Введение.** Получение здорового молодняка крупного рогатого скота – это залог успешного ведения отрасли, но следует понимать, что эта категория животных наиболее уязвима к воздействию различного рода неблагоприятных факторов и подвержена нарушению метаболических процессов и морфофункционального состояния органов и систем к иммунологическим изменениям и развитию различных патологических состояний, нередко протекающих длительное время бессимптомно. В ходе исследований последних лет установлено, что в условиях ведения скотоводства в промышленных масштабах велика вероятность допущения погрешностей в вопросах нормирования кормления и содержания животных, которые являются усугубляющим моментом, и негативным образом отражаются на здоровье молодого поголовья [1-3]. Наиболее

распространенным видом ошибок в кормлении является несбалансированность рационов по микро-макроэлементам, особенно эссенциальной группы (селен, йод, кобальт, хром и другие). Это наиболее актуально для регионов со специфическими природно-климатическими условиями.

Амурская область – это регион России с недостатком в агрофере селена и других химических элементов, необходимых для полноценного роста и развития организма [4]. По данным некоторых авторов, среднее содержание селена в почвах южных и центральных районов в Приамурье не выходило за пределы 0,036-0,116 мг/кг, что ниже аналогичного показателя (0,061-0,806 мг/кг), регистрируемого в европейской части Российской Федерации, а в зерновых кормах содержание этого элемента не превышало 0,024 мг/кг [5].

При недостаточном поступлении и/или усвоении селена организмом происходит дисбаланс обмена веществ, угнетение антиоксидантной защиты и функционирования одного из основных детоксикационных органов – печени, что в значительной степени сказывается на работе всех систем, а также понижение концентрации селена в организме животных на 10-50% приводит к развитию беломышечной болезни [7, 8]. Кроме того, данный химический элемент входит в состав ряда биологических соединений (гормоны, ферменты), участвующих в жизненно важных процессах организма, отражающихся на уровне общего метаболического статуса и активности иммунитета [6].

Таким образом, дефицит эссенциальных микронутриентов, а именно селена, сопряжен с негативными изменениями в организме, из которых особую роль для молодняка играют нарушение пластического обмена и антиоксидантной защиты, снижение детоксикационных возможностей печени и естественной резистентности.

Основываясь на выше изложенном, нами была определена научная цель – изучение белкового и печёночного профиля у телят и его коррекция в селенодефицитном регионе.

**Методика.** Исследование эффективности совместного применения неорганического селена, входящего в состав витаминно-минерального комплексоната «Гибивит-Se» (ООО «НПК Асконт +, Россия) и Плаценты денатурированной эмульгированной для инъекций (ЗАО «НПП «Фармакс», Россия), проводили в условиях одного хозяйства Амурской области на двух группах телят голштинской породы по восемь голов в каждой, возраст которых составлял 1-2 месяца.

Животные первой группы служили контролем (К) и ограничивались применением им схем ветеринарных мероприятий, предусмотренных в хозяйстве. Телятам опытной группы (О) применяли Габивит-Se в дозе 5,0 мл/голову (однократно) и тканевой препарат – 2,0 мл/голову, 1 раз/день (№5), внутримышечно. Белковый и печёночный профиль оценивали по уровню биохимических показателей сыворотки крови, полученной в начале опыта и на 14 день. Содержание общего белка, его фракционный состав (альбумины, α-, β-, γ-глобулины), мочевины, билирубина, АЛТ (аланинаминотрансфераза), АСТ (аспартатаминотрансфераза) определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «StatFax 1904+R» с использованием реагентов «Витал». Полученные результаты сравнивались с общепринятыми значениями [9, 10] и статистически обрабатывались с использованием стандартной программы Microsoft Excel. Проводили корреляционный анализ (r), вычисляли среднюю арифметическую (M) и ее ошибку (m), рассчитывали коэффициент Стьюдента (t), различия считали достоверными при p<0,05.

**Результаты.** При лабораторном исследовании сыворотки крови телят первой (К) и второй (О) групп в первый день исследования были установлены количественные изменения со стороны биохимического состава крови без какого-либо внешнего клинического проявления. Динамика показателей белкового обмена и печёночного профиля в опытной и контрольной группах телят показана в таблице 1.

Таблица 1

Показатели крови телят контрольной и опытной групп на первый и 14 день исследования, (M±m), (n=8)

Показатели	Контроль (К)		Опыт (О)	
	1 дн.	14 дн.	1 дн.	14 дн.
Общий белок, г/л	53,7±2,33	57,6±3,72	54,6±1,61	57,9±2,33
Альбумины, %	20,3±2,89	24,5±3,90	21,4±2,54	33,2±4,54*
α-глобулины, %	27,7±3,34	18,2±2,92	24,1±3,32	15,8±2,20*
β-глобулины, %	18,6±6,58	18,3±4,42	20,6±7,55	11,7±2,82
γ-глобулины, %	33,4±5,65	39,0±3,49	33,8±7,58	39,3±5,73
Мочевина, ммоль/л	2,6±0,28	2,5±0,34	2,6±0,31	2,2±0,13
Билирубин, мкмоль/л	8,2±0,96	6,1±1,17	10,3±1,80	4,7±1,22*
АСТ, Ед/л	63,2±8,30	64,6±5,19	48,6±6,00	60,7±4,11
АЛТ, Ед/л	18,6±1,86	16,4±2,33	20,3±4,60	22,2±4,26

Примечание: достоверно при p<0,05 (\*) по сравнению с соответствующими показателями в первый день исследования

Регистрировали низкие значения альбуминов (К –  $20,3 \pm 2,89\%$ , О –  $21,4 \pm 2,54\%$ ), уровень которых вырос к концу наблюдений в контроле на 21% ( $24,5 \pm 3,90\%$ ), а в опыте – на 55% ( $33,2 \pm 4,54\%$ ,  $p < 0,05$ ). Такого рода изменения биохимических параметров свидетельствовали о становлении белково-синтезирующей функции печени у изучаемых животных, что подтверждалось работами Е.А. Трошиной с соавторами [11]. Следует отметить, что этот процесс был наиболее выражен у телят, подвергнутых коррекционному воздействию путем применения селенсодержащего и тканевого препаратов. Так, у опытных животных концентрация альбуминов достоверно увеличилась на 34% больше, чем у контрольных, показывая прямую корреляционную связь ( $r=0,92$ ) между значениями изучаемого показателя до и после опыта.

В результате изучения глобулиновых фракций на начальном этапе исследования было установлено, что их значения были повышены относительно референсных значений у всех исследуемых телят:  $\alpha$ -глобулины на 20-38% (К –  $27,7 \pm 3,34\%$ ; О –  $24,1 \pm 3,32\%$ );  $\beta$ -глобулины – на 16-29% (К –  $18,6 \pm 6,58\%$ ; О –  $20,6 \pm 7,55\%$ ). Данное явление можно наблюдать при воспалительном процессе [12] или возможной ответной реакции на противозепизоотические профилактические мероприятия, проводимые в хозяйстве в плановом режиме. К 14 дню исследования в опытной группе регистрировали достоверное снижение  $\alpha$ -глобулинов на 34% ( $15,8 \pm 2,20\%$ ,  $p < 0,05$ ). Этот факт можно объяснить сочетанным действием селенсодержащего и тканевого препаратов, способствующих повышению сопротивляемости организма [13, 14].

Уровень билирубина, в обеих группах до и после опыта, соответствовал физиологическому возрасту животных (К –  $8,2 \pm 0,96$  мкмоль/л; О –  $10,3 \pm 1,80$  мкмоль/л). Однако замечено достоверное его понижение на 54% ( $4,7 \pm 1,22$  мкмоль/л,  $p < 0,05$ ) в опыте, что характерно для периода становления билируби-

носинтезирующей и билирубиновыделительной функции печени. У контрольных телят к 14 дню учетного периода отмечали снижение данного показателя на 26% ( $6,1 \pm 1,17$  мкмоль/л), что на 28% ниже относительно опытных сверстников. Тенденция к уменьшению уровня билирубина может говорить об улучшении детоксикационной функции печени и указывать на селективное гепатопротекторное свойство селена, что также отражено в работе Л.Б. Заводник и др. [15].

За весь период наблюдения остальные изучаемые показатели биохимического состава крови значительным колебаниям не подвергались.

На 14 день наблюдений, при осмотре исследуемых животных у контрольных телят в 25% случаев регистрировали признаки диареи, слабость, угнетение, пониженную реакцию на внешние факторы, отсутствие аппетита. У молодняка крупного рогатого скота опытной группы в этот же промежуток времени общее состояние было удовлетворительным. Из чего следует, что комплексное применение 1-2-месячным телятам селенсодержащего и тканевого препарата способствует благоприятному воздействию на функциональное становление печени и белковый обмен, что обусловлено защитным, антиоксидантным, противовоспалительным действием селена за счет его антиоксидантных возможностей, каталитическим участием в белковом обмене, находясь в составе ферментной системы организма. Снижение на 25% риска развития патологии ЖКТ, проявляющейся диареей, обусловлено противовоспалительным, репаративным и нормализующим микробиоту ЖКТ свойств ПДЭ [16, 17].

В результате оценки перевески молодняка контрольной и опытной групп отмечали положительное действие сочетанного применения витаминно-минерального комплекса с селеном и ПДЭ (табл. 2).

Данные взвешивания телят, n=8

Группа животных	Живая масса, кг, (M±m)			Абсолютный прирост, кг			Относительный прирост, %			Среднесуточный прирост, г		
	При рождении	Начало опыта	После опыта	При рождении	Начало опыта	После опыта	При рождении	Начало опыта	После опыта	При рождении	Начало опыта	После опыта
К	29,4± 1,03	53,7± 1,47	77,8± 8,62*	-	24,3	24,4	-	183	145	-	811	805
О	29,0± 1,74	50,8± 4,71	80,1± 9,59*	-	21,8	29,3	-	175	158	-	728	976

Примечание: достоверно при  $p < 0,05$  (\*) относительно соответствующих показателей в предыдущем месяце

Так, в начале опытного периода разница среднесуточного прироста у исследуемых телят составила 11 % в пользу контроля (К – 811 г, О – 728 г). Однако через месяц после опыта отмечали более высокие показатели по привесам у опытных животных относительно интактных телят (абсолютный прирост выше на 4,9 кг, относительный прирост – на 9%, среднесуточный прирост – на 21%).

Таким образом, применение препарата с селеном и ПДЭ способствовало улучшению привесов у опытных телят, которое выразилось наибольшим приростом живой массы в абсолютных (на 20%) и относительных (на 9%) величинах, и в среднесуточном приросте (на 21%).

**Выводы.** Совместное применение селенсодержащего витаминно-минерального

комплекса с тканевым препаратом телятам голштинской породы в возрасте 1-2 месяца в условиях биогеохимической провинции по низкому содержанию селена способствовало нормализации белковосинтезирующей и детоксикационной функций печени и белкового обмена, что подтверждалось восстановлением уровней ряда биохимических показателей, а именно: альбуминов за счет его роста – на 34%; билирубина – в результате его снижения – на 55%, что на 34% больше относительно интактных телят;  $\alpha$ -глобулинов – путем достоверного понижения его уровня на 34%; снижению риска развития патологии желудочно-кишечного тракта с явлениями диареи; увеличению среднесуточных привесов на 21%.

#### Список источников

1. Андреева А.В., Николаева О.Н., Насретдинов Р.Г. Динамика роста и развития новорожденных телят при дефиците микроэлементов и его коррекции // *Достижение науки и техники АПК*. 2010. №2. С.46-48.
2. Савинков А.В., Курлькова Ю.А. Вспомогательная терапия с использованием селенсодержащего препарата при лечении бронхопневмонии телят // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. №2 (76). С.171-175.
3. Żarczyńska K., Żarczyński P., Sobiech P., Snarska A., Stopura A., Wieteska M., Płaczek A. The effect of micro-nutrient deficiencies on the health status of transition cows // *J. Elem.* 2017. № 22(4). P. 1223-1234. DOI:10.5601/jelem.2017.22.2.1447
4. Малкова Н.Н., Остякова М.Е., Щербинина С.А. Гематологические показатели телят при профилактике гипозементоза в условиях Амурской области // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. №4 (52). С 148-153. DOI 10.18286/1816-4501-2020-4-148-153
5. Перепёлкина Л.И. Уровень содержания селена в почве в зависимости от ее кислотности в условиях Приамурья // *Сборник научных трудов. Вып. 26 (Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных)*. Благовещенск.: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2019. С. 94-96.
6. Нимаева В.Ц., Краснощекова Т.А., Сумуйло В.В., Плавинский С.Ю. Рост и развитие молодняка кур в зависимости от использования в их кормлении биологически активных добавок // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2017. №3 (43). С. 125-129.
7. Гринь В.А., Семенов В.П. Обоснование применения селенолина в терапии гепатопатий у коров // *Сборник научных трудов КНЦЗВ*. Т.9. Краснодар, 2020. С. 254-258.

8. Ventura M, Melo M, Carrilho F. Selenium and thyroid disease: from pathophysiology to treatment // International Journal of Endocrinology. 2017. P.9 DOI: 10.1155/2017/1297658.
9. Воронин Е.С., Сноз Г.В., Васильев М.Ф. и др. Клиническая диагностика с рентгенологией. М.: КолосС, 2006. 509 с.
10. Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. М.: КолосС, 2004. 520 с.
11. Трошина Е.А., Сеношкина Е.С., Терехова М.А. Роль селена в патогенезе заболеваний щитовидной железы // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2018. №14(4). С. 192-205. DOI: 10.14341/ket10157
12. Klotz L. O., Kroncke K. D., Buchczyk D. P., Sies H. Role of copper, zinc, selenium, tellurium in the cellular defense against oxidative and nitrosative stress // Journal of Nutrition. №133 (5). 2003. P. 1448-1451.
13. Синдирева А.В., Майданюк Г.А., Голубкина Н.А. Влияние селена на содержание микроэлементов в печени крыс линии wistar // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2018. №3. С. 103-109.
14. Шапошников И.Т., Чусов Г.Г., Коцарев В.Н. Влияние препаратов плаценты денатурированной на морфологический состав крови коров с иммунодефицитным состоянием, находящихся в условиях экологического неблагополучия // Ветеринарный фармакологический вестник. 2021. №1 (14). С. 16-21 DOI: 10.17238/issn2541-8203.2021.1.16
15. Заводник Л.Б., Волошин Д.Б., Скробко Е.С., Будько Т.Н., Хоха А.М., Лях Р.Н., Палич Б., Шимкус А. Селен как модулятор биохимического ответа организма животного // Нива Поволжья. 2019. № 1(50). С.72-77.
16. Инструкция по применению Плаценты денатурированной эмульгированной для инъекций (ПДЭ) для профилактики и лечения эндометрита и мастита у коров и свиноматок, при задержании последа у коров (организация – производитель ЗАО «НПП «Фармакс», г. Киров, Россия). Регистрационный номер ПВР -3-4. 9/00209.
17. Инструкция по применению витаминно-минерального препарата Габивит - Se для профилактики и лечения гиповитаминозов, нарушений минерального обмена, заболеваний сельскохозяйственных животных и собак, вызванных недостатком селена (организация – разработчик ООО «НИК «Асконт+», Московская область). Номер регистрационного удостоверения - 32-3-25.13-3394 №ПВР - 3 - 4.8/02153.

## CORRECTION OF PROTEIN AND LIVER PROFILE IN CALVES IN THE SELENIUM DEFICIENCY REGION

©2022. Nadezhda N. Malkova<sup>1✉</sup>, Vera K. Irkhina<sup>2</sup>, Marina E. Ostyakova<sup>3</sup>,  
Svetlana A. Shcherbinina<sup>4</sup>,

<sup>1,2,3,4</sup>Far Eastern Zonal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk, Russia,  
<sup>1</sup>mmn.1@mail.ru

**Abstract.** Agricultural enterprises specializing in cattle breeding, located on the territory of a selenium-deficient region, are largely faced with protein metabolism disorders and liver dysfunction in animals in the first months of life, which negatively affects the health of the entire livestock. The aim of our research was to study the protein and liver profile in calves and its correction in a selenium-deficient region. On calves of the Holstein breed at the age of 1-2 months, the effectiveness of the use of a selenium-containing preparation and denatured emulsified placenta (PDE) was studied in case of liver dysfunction and protein imbalance under the control of a biochemical study of blood serum. In the course of the study, we found a normalizing effect of the combined use of a selenium-containing drug and PDE on the functional state of the liver (protein-synthesizing, detoxifying) and protein metabolism, as well as a 25% reduction in the risk of developing gastrointestinal pathology with diarrhea symptoms.

**Key words:** calves, protein metabolism, hepatic profile, blood, selenium, denatured emulsified placenta (PDE).

### References

1. Andreeva A.V., Nikolaeva O.N., Nasretdinov R.G. Dinamika rosta i razvitiya novorozhdennykh telyat pri defitsite mikroelementov i ego korrektsii (Dynamics of growth and development of newborn calves with micronutrient deficiency and its correction), Dostizhenie nauki i tekhniki APK, 2010, No. 2, pp. 46-48.
2. Savinkov A.V., Kurlykova Yu.A. Vspomogatel'naya terapiya s ispol'zovaniem selenosoderzhashchego preparata pri lechenii bronkhopnevmonii telyat (Auxiliary therapy using a selenium-containing drug in the treatment of bronchopneumonia in calves), Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2019. No. 2(76), pp. 171-175.
3. Żarczyńska K., Żarczyński P., Sobiech P. Snarska A., Stopyra A., Wieteska M., Płaczek A. The effect of micronutrient deficiencies on the health status of transition cows, J. Elem, 2017, No. 22(4). pp. 1223-1234, DOI 10.5601/jelem.2017.22.2.1447
4. Malkova N.N, Ostyakova M.E., Shcherbinina S.A. Gematologicheskie pokazateli telyat pri profilaktike gipoelementoza v usloviyakh Amurskoi oblasti (Hematological parameters of calves in the prevention of hypoelementosis in the

conditions of the Amur Region), Vestnik Ul'yanovskoi Gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2020, No. 4(52), pp. 148-153, DOI 10.18286/1816-4501-2020-4-148-153

5. Perepelkina L.I. Uroven' sodержaniya selena v pochve v zavisimosti ot ee kislotnosti v usloviyakh Priamur'ya (The level of selenium in the soil depending on its acidity in the conditions of the Amur region, Sbornik nauchnykh trudov, Vyp. 26 (Problemy zootehnii, veterinarii i biologii zhivotnykh), Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2019, pp. 94-96.

6. Nimaeva V.Ts., Krasnoshchekova T.A., Sumuilo V.V., Plavinskii S.Yu. Rost i razvitie molodnyaka kur v zavisimosti ot ispol'zovaniya v ikh kormlenii biologicheskii aktivnykh dobavok (Growth and development of young chickens depending on the use of biologically active additives in their feeding), Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik, 2017, No. 3(43), pp.125-129.

7. Grin' V.A., Semenenko V.P. Obosnovanie primeneniya selenolina v terapii gepatopatii u korov (Rationale for the use of selenoline in the treatment of hepatopathy in cows), Sbornik nauchnykh trudov KNTsZV, T.9. Krasnodar, 2020, pp. 254-258.

8. Ventura M, Melo M, Carrilho F. Selenium and thyroid disease: from pathophysiology to treatment, International Journal of Endocrinology, 2017, p. 9, DOI 10.1155/2017/1297658.

9. Voronin E.S., Snoz G.V., Vasil'ev M.F. i dr. Klinicheskaya diagnostika s rentgenologiei (Clinical diagnostics with radiology), M, KolosS, 2006, 509 p.

10. Kondrakhin I.P. Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki: spravochnik (Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: a reference book), M, KolosS, 2004, 520 p.

11. Troshina E.A., Senyushkina E.S., Terekhova M.A. Rol' selena v patogeneze zabolevaniy shchitovidnoi zhelezy (The role of selenium in the pathogenesis of thyroid diseases), Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya, 2018, No. 14(4), pp. 192-205, DOI. 10.14341/ket10157

12. Klotz L. O., Kroncke K. D., Buchczyk D. P., Sies H. Role of copper, zinc, selenium, tellurium in the cellular defense against oxidative and nitrosative stress, Journal of Nutrition, No. 133(5), 2003, pp. 1448-1451.

13. Sindireva A.V., Maidanyuk G.A., Golubkina N.A. Vliyanie selena na sodержanie mikroelementov v pecheni krys linii wistar (Effect of selenium on the content of trace elements in the liver of wistar rats), Vestnik Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018, No. 3, pp. 103-109.

14. Shaposhnikov I.T., Chusov G.G., Kotsarev V.N. Vliyanie preparatov platsenty denaturirovannoi na morfologicheskii sostav krovi korov s immunodefitsitnym sostoyaniem, nakhodyashchikhsya v usloviyakh ekologicheskogo neblagopoluchiya (The effect of denatured placenta preparations on the morphological composition of the blood of cows with an immunodeficiency state, which are in conditions of ecological trouble), Veterinarnyi farmakologicheskii vestnik, 2021, No. 1(14), pp. 16-21, DOI 10.17238/issn2541-8203.2021.1.16

15. Zavodnik L.B., Voloshin D.B., Skrobko E.S., Bud'ko T.N., Khokha A.M., Lyakh R.N., Palich B., Shimkus A. Selen kak modulyator biokhimicheskogo otveta organizma zhivotnogo (Selenium as a modulator of the biochemical response of the animal organism), Niva Povolzh'ya, 2019, No. 1(50), pp.72-77.

16. Instrukcija po primeneniju Placenty denaturirovannoj jemul'girovan-noj dlja in#ekcij (PDJe) dlja profilaktiki i lechenija jendometrita i mastita u korov i svinomatok, pri zaderzhanii posleda u korov (organizacija - proizvoditel' ZAO «NPP «Farmaks», g. Kirov, Rossiya), Registracionnyj nomer PVR 3-4, 9/00209.

17. Instrukcija po primeneniju vitaminno-mineral'nogo preparata Gabivit - Se dlja profilaktiki i lechenija gipovitaminov, narushenij mineral'nogo obmena, zabolevanij sel'skohozjajstvennykh zhivotnykh i sobak, vyzvannykh nedostatkom selena (organizacija - razrabotchik OOO «NIK «Askont+», Moskovskaja oblast'), Nomer registracionnogo udostovereniya, 32-3-25.13-3394 №PVR - 3 - 4.8/02153.

#### Сведения об авторах

**Н.Н. Малкова**<sup>1✉</sup> – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник;

**В.К. Ирхина**<sup>2</sup> – научный сотрудник;

**М.Е. Остякова**<sup>3</sup> – д-р биол. наук, доцент, директор;

**С.А. Щербинина**<sup>4</sup> – младший научный сотрудник.

<sup>1,2,3,4</sup> Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, ул. Северная, 112, г. Благовещенск, Амурская обл., 675005

<sup>1</sup>mn.1@mail.ru

#### Information about authors

**N.N. Malkova**<sup>1✉</sup> – Cand. Biol. Sci., Leading Researcher;

**V.K. Irkhina**<sup>2</sup> – Researcher;

**M.E. Ostyakova**<sup>3</sup> – Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director;

**S.A. Shcherbinina**<sup>4</sup> – Junior Researcher.

<sup>1,2,3,4</sup> Far Eastern Zonal Research Veterinary Institute, 112, Severnaya St., Blagoveshchensk, Amur region, 675005

<sup>1</sup>mn.1@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 29.04.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 29.04.2022; approved after reviewing 11.05.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

## ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРОВИ У КОРОВ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ВВЕДЕНИЯ РАСТВОРА ДЕКСТРОЗЫ

©2022. Семен Викторович Николаев,

Институт агробиотехнологий имени А.В. Журавского Коми научного центра

Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия,

semen.nikolaev.90@mail.ru

**Аннотация.** Целью исследований явилось изучение динамики биохимического состава крови у коров при различных способах введения раствора декстрозы. Для эксперимента по принципу пар-аналогов сформировали две группы новотельных коров, по 10 в каждой. Животным с интервалом в 24 часа четырехкратно вводили 1000 мл 20% раствора: первой группе – внутривенно, второй – внутривенно. Установлено, что по истечении 5 минут после внутрисосудистой инфузии концентрация глюкозы в крови увеличивалась более чем в 2,2 раза ( $P < 0,001$ ), а затем снижалась до начальной концентрации в течение первого часа. Внутривенное применение декстрозы не влияло на содержание моносахарида в крови. Активность АсАТ у коров после внутривенных инъекций снижалась на 36,5% ( $P < 0,05$ ), содержание веществ низкой и средней молекулярной массы (ВНСММ) – на 20,0%, нагруженность эритроцитов ВНСММ – на 19,4% ( $P < 0,05$ ), нагруженность гемоглобина ВНСММ – на 21,0% ( $P < 0,05$ ), тогда как при внутривенных инфузиях, наоборот, наблюдался рост маркеров эндотоксикоза. Внутривенное введение декстрозы способствовало более быстрой элиминации кетоновых тел – снижение уровня  $\beta$ -оксипропионата в 2 раза ( $P < 0,05$ ) на пятый день исследований. Однако, к 11 дню эксперимента повторно происходил рост показателя. Внутривенное применение раствора характеризовалось более медленным, но более выраженным снижением уровня кетонов – в 2,3 раза ( $P < 0,01$ ) через неделю после заключительной инфузии. Концентрация фруктозамина после интравенной терапии достоверно не изменялась, тогда как внутривенные инфузии способствовали росту показателя на 37,0...39,4% ( $P < 0,001$ ). Таким образом, интравенное введение раствора декстрозы в большей степени оказывало положительное влияние на биохимический состав крови по сравнению с внутривенным.

**Ключевые слова:** метаболизм, глюкоза, трансаминазы, эндотоксикоз, кетоновые тела, фруктозамин.

**Введение.** Парентеральное введение растворов декстрозы нашло широкое применение при различных патологических состояниях у животных. Теоретическим обоснованием использования декстрозы (D-глюкозы), служит важная роль данного моносахарида в энергетическом и пластическом обмене, дефицит которого приводит к различным патологиям [1, 2, 3]. Так, крупному рогатому скоту декстрозу применяют в составе комплексной

терапии кетоза, гипотонии и атонии преджелудков, послеродовой гипокальцемии, субинволюции матки, задержании последа и т.д. [4, 5, 6, 7]. Стоит отметить, что у жвачных, в силу мощной микробиоты преджелудков, глюкоза почти не поступает из желудочно-кишечного тракта, как у моногастрических, а синтезируется, главным образом, посредством глюконеогенеза из летучих жирных кислот [8, 9, 10]. Поэтому

оральный путь введения декстрозы крупному рогатому скоту не эффективен, и терапия традиционно осуществляется путем внутривенного введения растворов. При этом, с током крови препарат почти равномерно распределяется в организме, минуя «эффект первого прохождения», а моносахарид наиболее активно используется нервной тканью и поперечно-полосатой мускулатурой [11, 12].

В связи с изложенным, было выдвинуто предположение, что за счет воротной системы кровоснабжения внутрибрюшинное введение раствора декстрозы при патологиях, связанных с нарушением функции печени, может оказать более выраженный терапевтический эффект.

*Цель исследований* – установить особенности динамики биохимических показателей крови у лактирующих коров при внутривенном и интрабрюшинном введении 20% раствора декстрозы.

**Методика.** Для экспериментальной работы в первый месяц лактации по принципу пар-аналогов сформировали две группы коров, концентрация кетоновых тел в крови у которых была выше 1,0 ммоль/л. Животным первой группы (n=10) с интервалом в 24 часа четырехкратно внутрибрюшинно вводили 1000 мл 20% раствора декстрозы. Коровам второй группы (n=10) раствор вводили в аналогичном режиме, только внутривенно. Перед началом эксперимента, а также по истечении 5, 30, 60, 120 и 180 минут после первой инфузии раствора, от экспериментальных животных получали венозную кровь и определяли кон-

центрацию глюкозы экспресс методом на приборе CentriVet GK.

Состав сыворотки крови изучали до начала инъекций, а также на пятый и одиннадцатый день эксперимента. Биохимические исследования проводили на анализаторе iMagic-V7 с применением коммерческих наборов реактивов фирмы «Диакон-Вет». Степень эндотоксикоза устанавливали по концентрации веществ низкой и средней молекулярной массы (ВНСММ) в цельной крови по методике М.Я. Малаховой [13] в авторской модификации, высчитывали нагруженность эритроцитов (НЭВНСММ) и гемоглобина (НГВНСММ) эндотоксинами.

Статистическая обработка и достоверность различий сравниваемых величин установлена при применении t-критерия Стьюдента с использованием программы Microsoft Excel.

**Результаты.** Установлено, что по истечении 5 минут после внутривенной инфузии раствора декстрозы (табл. 1) концентрация углевода в крови увеличивалась более чем в 2,2 раза (P<0,001). По прошествии 30 минут содержание глюкозы снижалось на 34,2% (с 11,4 до 7,5 ммоль/л), но оставалось выше на 47,1% по отношению к показателям до инъекции (P<0,01). Через 1 час уровень моносахарида не имел достоверных отличий от начальных значений. При внутрибрюшинном применении декстрозы достоверных изменений концентрации углевода в течение 3-х часов наблюдений не выявлено.

Таблица 1

Динамика глюкозы (ммоль/л) в крови после однократной инъекции

Время после введения глюкозы	Внутрибрюшинно (n=10)	Внутривенно (n=10)
До инъекции	5,1±0,1	5,1±0,1
5 минут	5,3±0,1	11,4±0,6 <sup>1</sup>
30 минут	5,4±0,2	7,5±0,5 <sup>1,2</sup>
60 минут	5,5±0,2	5,5±0,5 <sup>1</sup>
120 минут	5,5±0,2	5,0±0,2
180 минут	5,6±0,1	6,3±0,2

Различия достоверны (P<0,05...0,001): <sup>1</sup> по отношению к предыдущим значениям; <sup>2</sup> по отношению к значениям до инъекции

В таблице 2 представлены биохимические изменения в составе крови у коров после четырехдневного курса инъекций декстрозы.

Установлено, что активность трансаминаз характеризовалось стабильными значениями АлАТ в обеих группах, тогда как активность



АсАТ у коров после внутривенных инъекций декстрозы снижалась на 36,5% ( $P<0,05$ ). Активность ГГТ при внутривенном введении раствора уже через сутки после окончания курса имела тенденцию к росту значений (на 40,3%;  $P<0,05$ ), а на момент последнего исследования увеличивалась на 53,5% ( $P<0,05$ ). При интробришинной тера-

пии рост активности ГГТ наблюдался только через 7 дней после окончания лечебных мероприятий и составил 30,6% ( $P<0,05$ ). Коэффициент де Ритиса в первой группе коров не имел статистически значимых изменений, тогда как во второй группе показатель снижался на 26,5% ( $P<0,05$ ).

Таблица 2

Динамика биохимических показателей крови у коров после введения раствора декстрозы различными способами

Показатель	Внутрибрюшинная инфузия (n=10)			Внутривенная инфузия (n=10)		
	До лечения	На 5 сутки	На 11 сутки	До лечения	На 5 сутки	На 11 сутки
АлАТ, Ед/л	18,9±1,6	13,2±2,6	17,2±0,7	18,8±2,3	18,5±1,8	18,3±1,3
АсАТ, Ед/л	145,7±22,0	135,1±17,3	92,5±5,1 <sup>a,b</sup>	157,4±26,3	162,4±19,5	112,6±15,1
АсАТ/АлАТ	9,5±3,2	20,5±8,6	5,5±0,5	8,3±0,6	9,1±1,0	6,1±0,5 <sup>a,b</sup>
ГГТ, Ед/л	25,2±2,3	25,6±2,2	32,9±2,0 <sup>a,b</sup>	23,0±1,2	33,2±3,5 <sup>a</sup>	35,3±3,3 <sup>a</sup>
ВНСММ в крови, усл.ед.	11,5±0,6	10,0±0,3	9,2±0,9	10,0±0,7	10,2±1,3	10,7±0,6
НЭВНСММ, усл.ед.	2,17±0,09	1,89±0,13	1,75±0,09 <sup>a</sup>	1,49±0,11	1,68±0,23	1,83±0,09 <sup>a</sup>
НГВНСММ, усл.ед.	12,1±0,6	10,5±0,6	10,0±0,6 <sup>a</sup>	9,0±0,6	9,9±1,3	11,0±0,7
β-оксibuтират, ммоль/л	1,72±0,34	1,44±0,19	0,74±0,07 <sup>a</sup>	1,52±0,30	0,76±0,09 <sup>a</sup>	0,92±0,06
Глюкоза, ммоль/л	2,3±0,2	2,4±0,3	1,8±0,1	1,8±0,2	1,7±0,4	1,9±0,3
Фруктозамин, мкмоль/л	144,4±7,7	163,1±5,5	159,2±5,7	131,5±3,4	183,3±8,5 <sup>a</sup>	180,2±11,4 <sup>a</sup>

Различия достоверны ( $P<0,05...0,001$ ): <sup>a</sup> по отношению к значениям в начале эксперимента, <sup>b</sup> по отношению к значениям через сутки после окончания курса

Анализ уровня эндотоксикоза свидетельствует, что внутрибрюшинное введение декстрозы более благоприятно отразилось на детоксикационной функции организма. Так концентрация ВНСММ в крови у коров к 7 дню после внутрибрюшинных инфузий снижалась на 20,0%, тогда как внутривенное введение декстрозы сопровождалось незначительным ростом показателя. Нагруженность эритроцитов токсинами в первой группе на момент последнего взятия крови снизилась на 19,4% ( $P<0,05$ ), нагруженность гемоглобина – на 21,0% ( $P<0,05$ ), тогда как во второй группе наблюдался рост значений на 22,8% ( $P<0,05$ ) и 22,2% соответственно.

Анализируя динамику глюкозы и кетонных тел у животных экспериментальных групп, можно констатировать, что различные методы введения декстрозы не оказали никакого существенного влияния на содержание моносахарида в крови по окончании терапевтических мероприятий. Вместе с тем, внутривенное введение способствовало более быстрой элиминации кетонных тел, которые через сутки после окончания терапии снижа-

лись в 2 раза ( $P<0,05$ ), однако через 7 дней их уровень вновь начинал увеличиваться (на 21,1%) и не имел достоверных отличий с показателями в начале экспериментальной работы.

Внутрибрюшинное введение раствора декстрозы характеризовалось незначительным снижением (на 16,3%) уровня β-оксibuтирата на момент окончания инъекций, с последующим выраженным уменьшением концентрации кетонов к 7 дню (в 2,3 раза;  $P<0,01$ ). Таким образом, внутривенное введение раствора декстрозы, по всей видимости, оказывает более медленный, но при этом более пролонгированный противокетогенный эффект. Полученные данные могут быть обусловлены более активным усвоением моносахарида печенью при интраперитонеальном введении.

Динамика фруктозамина свидетельствует, что внутрибрюшинное введение декстрозы не вызывает достоверного изменения показателя, тогда как внутривенные инфузии способствуют росту значений на 37,0...39,4% ( $P<0,001$ ), что, возможно, связано с активным

гликозилированием белков сыворотки крови при внутрисосудистом введении.

**Выводы.** Внутривенное введение декстрозы характеризуется увеличением концентрации углевода в крови в течение первого часа после инфузии, чего не наблюдают при внутрибрюшинном применении. Интрабрюшинные инъекции сопровождаются снижением активности АсАТ, уровня эндотоксикоза и

не приводят к повышению концентрации фруктозамина в крови. Уровень кетоновых тел после внутривенных инфузий снижается быстрее, чем после внутрибрюшинных, однако по истечении 7 дней по окончании терапии их концентрация вновь увеличивается, тогда как после интраперитонеальных введений декстрозы содержание  $\beta$ -оксибутирата продолжает снижаться.

#### Список источников

1. Сафонов В.А., Нежданов А.Г., Михалев В.И., Синева А.М., Лободин К.А., Лукина В.А., Панфилов Р.Ю. Концентрация глюкозы в крови молочных коров как индикатор супрессии овulatory функции яичников после родов // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 42-46.
2. Хворова Л.С. Перспективные виды кристаллической глюкозы для получения ветеринарных препаратов // Труды Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии им. Я.П. Коваленко. 2018. Т. 80. № 2. С. 403-407.
3. Li C., Dai S., Lu J., Zhao B., Li P., Wu Z., Mu Y., Feng C., Dong Q., Wang J. Methylglyoxal: a newly detected and potentially harmful metabolite in the blood of ketotic dairy cows // Journal of Dairy Science. 2018. V. 101. № 9. Pp. 8513-8523.
4. Батраков А.Я., Яшин А.В., Донская Т.К., Винникова С.В. Состояние обмена веществ у высокопродуктивных коров, его коррекция и профилактика // Ветеринария. 2017. №7. С. 43-46.
5. Каложный И.И., Баринов Н.Д. Нарушение функций печени у коров голштино-фризской породы // Ветеринарный врач. 2015. № 2. С. 47-55.
6. Николаев С.В. Биохимические показатели крови у коров-первотелок и их корреляция с воспроизводительной функцией // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 3. С. 185-191.
7. Самсонова Т.С., Янич Т.В. Новые аспекты лечения коров, больных кетозом // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 100-102.
8. Мисайлов В.Д., Михалев В.И., Шахов А.Г., Сулейманов С.М., Шумский Н.И., Кочура М.Н., Сергеев Ю.В., Масьянов Ю.Н. Субинволюция матки у коров // Ветеринарная патология. 2005. № 3 (14). С. 64-69.
9. Щербатов Г.Г., Ковалев С.П., Яшин А.В. Ферментативная активность содержимого рубца у жвачных при атонии преджелудков // Инфекция, иммунитет и фармакология. 2019. № 2. С. 358-359.
10. Aschenbach J.R., Kristensen N.B., Donkin S.S., Hammon H.M., Penner G.B. Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough // IUBMB Life. 2010. V. 62. № 12. Pp. 869-877.
11. Gohlke A., Ingelmann C.J., Hammon H.M., Görs S., Metges C.C., Nürnberg G., Weitzel J.M., Starke A., Wolfram S. Influence of 4-week intraduodenal supplementation of quercetin on performance, glucose metabolism, and mRNA abundance of genes related to glucose metabolism and antioxidative status in dairy cows // Journal of Dairy Science. 2013. V. 96. № 11. Pp. 6986-7000.
12. Veenhuizen J. J. Progressive changes in metabolism of cows during induction of ketosis and treatment of ketosis with intestinal administration of glucose // Retrospective Theses and Dissertations. 1988. Pp. 9741.
13. Малахова М.Я. Метод регистрации эндогенной интоксикации // Пособие для врачей. СПб., 1995. 33 с.

### DYNAMICS OF BLOOD BIOCHEMICAL COMPOSITION IN COWS WITH DIFFERENT METHODS OF ADMINISTRATION OF DEXTROSE SOLUTION

©2022. Semyon V. Nikolaev,

Institute of Agrobiotechnologies named after A.V. Zhuravsky of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia,  
semen.nikolaev.90@mail.ru

**Abstract.** The aim of the research was to study the dynamics of the biochemical composition of blood in cows with various administration methods of dextrose solution. To do this, according to the principle of pairs of analogues, two groups of newly calved cows were formed, 10 in each. 1000 ml of 20% dextrose solution was administered four times to animals with an interval of 24 hours: intraperitoneally to the first group, intravenously to the second group. It was found that after 5 minutes after intravascular infusion, the concentration of glucose in the blood increased more than 2.2 times ( $P < 0.001$ ), after which it decreased to the initial concentration during the first hour, and intraperitoneal use of dextrose did not affect the content of monosaccharide in the blood. The activity of AsAT in cows after intracavitary injections de-

creased by 36.5% ( $P<0.05$ ), the concentration of VNCMM by 20.0%, the loading of erythrocytes with toxins by 19.4% ( $P<0.05$ ), the loading of hemoglobin by 21.0% ( $P<0.05$ ), whereas with intravenous infusions, markers of endotoxemia on the contrary increased. Intravenous administration of dextrose contributed to a faster elimination of ketone bodies – a decrease of 2 times ( $P<0.05$ ) on the fifth day of the studies, but then an increase in the indicator was observed. Intraperitoneal application of the solution was characterized by a slower but more pronounced decrease in the level of  $\beta$ -oxybutyrate – 2.3 times ( $P<0.01$ ) a week after the final infusion. The concentration of fructosamine after intraperitoneal therapy did not significantly change, whereas intravenous infusions contribute to an increase in the index by 37.0 ...39.4% ( $P<0.001$ ). Thus, intraperitoneal administration of dextrose solution had a more positive effect on the biochemical composition of blood in cows in the first month of lactation.

**Key words:** metabolism, glucose, transaminases, endotoxemia, ketone bodies, fructosamine.

#### References

1. Safonov V.A., Nezhdanov A.G., Mihalev V.I., Sineva A.M., Lobodin K.A., Lukina V.A., Panfilov R.Ju. Koncentracija gljukozy v krvi molochnyh korov kak indikator supressii ovuljatornoj funkcii jaichnikov posle rodov (The concentration of glucose in the blood of dairy cows as an indicator of suppression of the ovulatory function of the ovaries after birth), *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 2, pp. 42-46.
2. Hvorova L.S. Perspektivnye vidy kristallicheskoj gljukozy dlja poluchenija veterinarnyh preparatov (Promising types of crystalline glucose for the production of veterinary drugs), *Trudy Vserossijskogo NII jeksperimental'noj veterinarii im. Ja.R. Kovalenko*, 2018, T. 80, No. 2, pp. 403-407.
3. Li C., Dai S., Lu J., Zhao B., Li P., Wu Z., Mu Y., Feng C., Dong Q., Wang J. Methylglyoxal: a newly detected and potentially harmful metabolite in the blood of ketotic dairy cows, *Journal of Dairy Science*, 2018, V. 101, No. 9, Pp. 8513-8523.
4. Batrakov A.Ja., Jashin A.V., Donskaja T.K., Viinnikova S.V. Sostojanie obmena veshhestv u vysokoproduktivnyh korov, ego korekcija i profilaktika (The state of metabolism in highly productive cows, its correction and prevention), *Veterinarija*, 2017, No. 7, pp. 43-46.
5. Kaljuzhnyj I.I., Barinov N.D. Narushenie funkcij pečeni u korov golshhtino-frizskoj porody (Liver dysfunction in Holstein-Friesian cows), *Veterinarnyj vrach*, 2015, No. 2, pp. 47-55.
6. Nikolaev S.V. Biohimicheskie pokazateli krovi u korov-pervotelok i ih korrelyacija s vosproizvoditel'noj funkciej (Biochemical parameters of blood in first-calving cows and their correlation with reproductive function), *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii*, 2021, No. 3, pp. 185-191.
7. Samsonova T.S., Janich T.V. Novye aspekty lechenija korov, bol'nyh ketozom (New aspects of the treatment of cows with ketosis), *Voprosy normativno-pravovogo regulirovanija v veterinarii*, 2019, No. 1, pp. 100-102.
8. Misajlov V.D., Mihalev V.I., Shahov A.G., Sulejmanov S.M., Shumskij N.I., Kochura M.N., Sergeev Ju.V., Mas'janov Ju.N. Subinvoljucija matki u korov (Subinvolution of the uterus in cows), *Veterinarnaja patologija*, 2005, No. 3(14), pp. 64-69.
9. Shherbakov G.G., Kovalev S.P., Jashin A.V. Fermentativnaja aktivnost' sodержimogo rubca u zhvachnyh pri atonii predzheludkov (Enzymatic activity of the contents of the rumen in ruminants with atony of the proventriculus), *Infekcija, immunitet i farmakologija*, 2019, No. 2, pp. 358-359.
10. Aschenbach J.R., Kristensen N.B., Donkin S.S., Hammon H.M., Penner G.B. Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough, *IUBMB Life*, 2010, V. 62, No. 12, Pp. 869-877.
11. Gohlke A., Ingelmann C.J., Hammon H.M., Görs S., Metges C.C., Nürnberg G., Weitzel J.M., Starke A., Wolfram S. Influence of 4-week intraduodenal supplementation of quercetin on performance, glucose metabolism, and mRNA abundance of genes related to glucose metabolism and antioxidative status in dairy cows, *Journal of Dairy Science*, 2013, V. 96, No. 11, Pp. 6986-7000.
12. Veenhuizen J. J. Progressive changes in metabolism of cows during induction of ketosis and treatment of ketosis with intestinal administration of glucose, *Retrospective Theses and Dissertations*, 1988, Pp. 9741.
13. Malahova M.Ja. Metod registracii jendogennoj intoksikacii (Method of registration of endogenous intoxication), *Posobie dlja vrachej*. Spb., 1995, 33 p.

#### Сведения об авторе

**С.В. Николаев** – канд. ветеринар. наук, научный сотрудник.

Институт агробиотехнологий имени А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Россия, 167023  
semen.nikolaev.90@mail.ru

#### Information about author

**S.V. Nikolaev** – Cand. Vet. Sci., Researcher.

Institute of Agrobiotechnologies named after A.V. Zhuravsky of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya St., Syktyvkar, Russia, 167023  
semen.nikolaev.90@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 12.04.2022; одобрена после рецензирования 18.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.  
The article was submitted 12.04.2022; approved after reviewing 18.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

Научная статья  
УДК. 636.2.085.7  
doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_147

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БИОКОНСЕРВАНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОЧНОГО КОРМА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

©2022. Наталья Николаевна Новикова<sup>1✉</sup>, Наталья Александровна Косарева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Омский аграрный научный центр, Омск, Россия,

<sup>1</sup>novnik00@mail.ru

**Аннотация.** Препарат Микробиовит «Енисей» хорошо зарекомендовавший себя как пробиотик для молодняка разных видов животных, активно внедряется на территории Омской области как биоконсервант сочных кормов. Целью исследований являлось определение в лабораторных условиях концентрации биоконсерванта для получения качественного сочного корма. Объект исследования – зелёная масса: сорго сахарное «Галия» 85% (фаза выброса метелки) и бобы кормовые «Сибирские» 15% (фаза молочной спелости), заготовленная на опытных полях НПХ «Омское» – филиал ФГБНУ «Омский АНЦ». Все биохимические исследования полученных кормов и расчет питательной ценности проводили в лаборатории животноводства ФГБНУ «Омский АНЦ». Измельчённую (3,0-5,0 см) зелёную массу силосовали в стеклянных емкостях по 1 л (в шести повторностях) в двух концентрациях 1:10 и 1:100 из расчета 2 литра рабочего раствора на тонну зелёной массы. Контролем служил силос без консерванта. Хранили опытные и контрольные образцы силоса в тёмном шкафу при температуре окружающего воздуха +18<sup>0</sup>С. Качество изучали в разные сроки хранения через 45 суток и 90 суток с момента закладки. Концентрация рабочего раствора Микробиовита «Енисей» 1:100 показала лучшие результаты. Она позволяет сохранить силос на протяжении 90 суток хранения не ниже 2 класса соответствия требованиям ГОСТ Р 55986-2014. Способствует усиленному развитию органических кислот с преобладанием молочной кислоты в отношении уксусной в 2,37 раза и блокирует образование масляной кислоты. Улучшает показатели питательности корма путем повышенного содержания каротина на 8,4 мг/кг и сырой золы 0,18%, чем при разведении биопрепарата 1:10. Предотвращает распад протеина на 0,14% и увеличивает содержание клетчатки на 0,48%. Повышается общая эффективность хранения в длительные сроки, так через 90 суток сохранность энергокормовых единиц и обменной энергии корма в 1,04 раз больше, чем при разведении микробиовита 1:10.

**Ключевые слова:** зелёная масса растений, биоконсервант, силос, качество, питательность.

**Введение.** Одна из актуальных задач в кормопроизводстве на сегодняшний день – это обеспечение животных качественными кормами, способными увеличивать их продуктивность и быть безопасными для здоровья. Так, основную массу объемистых сочных кормов занимает силос. Традиционной силосуемой культурой является кукуруза, в качестве альтернативы агрономы предлагают сорговые

культуры. По питательным и переваримым веществам они значительно лучше кукурузы, но более требовательны к процессам кормозаготовки, при несоблюдении которых в растении вырабатывается значительное количество синильной кислоты. Двухчасовое провяливание зеленой массы на солнце снижает токсичность растения. Чтобы повысить питательность силоса, сорговые куль-

туры высевают совместно с бобовыми, которые накапливают в своей зелёной массе азотные удобрения, что мешает процессу силосования [1]. Процесс приготовления силоса сложен и зависит от многих факторов, таких как естественная микробная популяция, условия уборки и содержание сахара в корме. Следовательно, качество силоса может сильно различаться, и единственный способ эффективно контролировать процесс ферментации — использовать добавки [2].

Для получения качественного корма и повышения его сохранности многие отечественные и зарубежные ученые предлагают использовать биоконсерванты. Широкое распространение приобрели препараты на основе молочнокислых бактериальных культур (закваски) [3-6].

В продаже имеются разные формы биоконсервантов: сухие, длительного срока хранения до 4х лет в условиях морозильной камеры (Т -60<sup>0</sup>) представленные лидирующими на рынке компаниями «Био-Сил», «АiVi» и жидкие, 6 месяцев хранения (Т +4<sup>0</sup>) «Биотроф», «Байкал М-1» [7, 8, 9].

В Омской области распространители ветеринарных препаратов активно внедряют Микробиовит «Енисей», хорошо зарекомендовавший себя как пробиотик для молодняка разных видов животных, состоящий из молочнокислых бактерии и дрожжевых клеток. В рекламных проспектах применения Микробиовита «Енисей» для хранения силоса и сенажа написано, что при закладке в траншею 1000 тонн зеленой массы требуется от 30 до 50 литров Микробиовита, в зависимости от силосуемой культуры и ее влажности [10]. По данным сельхозпроизводителей, на каждые 10 тонн зелёной массы они расходуют по 10 литров «Енисея» [11]. Производители других известных фирм прописывают схему рабочего раствора и его количество, требуемого для консервирования тонны зеленой массы. Так, к примеру, рабочее разведение биоконсерванта «Биотроф» зависит от влажности зелёной массы: чем больше влажность корма, тем меньше используют воды для приготовления рабочего раствора (0,2 литра закваски на 40-60 литров

воды). Расход рабочего раствора на тонну зелёной массы от 2,5 до 4 литров в зависимости от её влажности [12].

Проблема в применении Микробиовита «Енисей» для приготовления сочных кормов из смеси растений состоит в том, что нет разработанной и научно-обоснованной технологической схемы внесения препарата в зелёную массу. В соответствии с прописью внесения Микробиовита «Енисей» для сельхозпроизводителей получается, что на тонну будет израсходовано 0,03 л препарата, такая дозировка не технологична для внесения ее в зелёную массу, поэтому мы попробуем её растворить в воде аналогично препарату «Биотроф», минимальное разведение которого составляет 1:200. Подбирать разведение будем эмпирически, начнем с наименьшего разведения 1:10 и 1:100.

*Цель исследования* определить в лабораторных условиях концентрацию биоконсерванта для получения качественного сочного корма.

**Методика.** Объект исследования – зелёная масса для кормопроизводства сочных кормов, представленная смесью растений сорго сахарное «Галия» 85% (фаза выброса метелки) и бобы кормовые «Сибирские» 15% (фаза молочной спелости), заготовленная на опытных полях НПХ «Омское» филиал ФГБНУ «Омский АНЦ». Все биохимические исследования полученных кормов и расчет питательной ценности проводили в лаборатории животноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» по схеме общепринятого полного зоотехнического анализа. Для определения рабочей концентрации Микробиовита «Енисей» (биоконсервант) в условиях лаборатории заложили измельчённую (3,0-5,0 см) зелёную массу трех вариантов экспериментального силоса в стеклянных сосудах емкостью по 1 л (в шести повторностях) смонтированных по методике В.А. Бондарева, В.М. Косолапова, Ю.А. Победнова и др. «Проведение опытов по консервированию и хранению объёмистых кормов» [13]. Изучение биоконсерванта проводили в двух кон-

центрациях 1:10 и 1:100 из расчета 2 литра рабочего раствора на тонну зеленой массы. Контролем служил силос без консерванта. Хранили опытные и контрольные образцы силоса в темном шкафу при температуре окружающего

воздуха +18<sup>0</sup>С. Качество изучали в разные сроки хранения – через 45 суток и 90 суток с момента закладки в соответствии с ГОСТ Р 55986-2014. В таблице 1 представлена схема опыта.

Таблица 1

Схема опыта по определению концентрации Микробиовита «Енисей»

Вариант опыта С Сорго сахарным «Галия» 85% + Бобы кормовые Сибирские» 15%	Количество зеленой массы (кг)	Количество вскрытых бутылей (сутки)		Рабочая концентрация Микробиовита «Енисей»	Расход рабочего раствора на тонну зеленой массы (л)
		45	90		
1	1	3	3	1:10	2
2	1	3	3	1:100	2
3 контроль	1	3	3	-	-

**Результаты.** Органолептические показатели опытных силосов и контрольного через 45 суток после вскрытия бутылок соответствуют требованиям ГОСТ Р 55986-2014. Запах силоса приятный (квашенных овощей), стебли светлые, зеленовато-коричневого цвета, сохранена структура растений, зерна бобов темно-коричневого цвета, влажные. При вскрытии бутылок через 90 суток в 1-ом и 2-ом опытных вариантах внешние показатели сохранились, а в 3-ем – усиление кислого запаха. Гнилостного распада растений и запаха плесени не наблюдали. По физико-химическим показателям силос на 45 сутки подразделили на

три класса качества в соответствии с требованиями ГОСТ. Силос, консервированный Микробиовитом «Енисей», варианты 1-й и 2-й отнесли к первому классу, а контрольный, без консерванта – к третьему. При оценке сохранности силоса через 90 суток вариант 1 и 2 – второй класс, вариант 3 (контроль) – не классный. Внесение биоконсерванта 1:100 стимулировало развитие молочнокислых бактерий с преобладанием молочной кислоты в отношении уксусной в 2,37 раза и снижало образование масляной кислоты в течение 90 суток от начала силосования (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества силоса

Показатели	Сроки определения качества силоса в опытных и контрольном образцах (сутки)					
	45			90		
	1	2	3	1	2	3
консистенция	мягкая не мажущаяся	мягкая не мажущаяся	мягкая не мажущаяся	мягкая не мажущаяся	мягкая не мажущаяся	мягкая не мажущаяся
цвет	зеленовато-коричневый	зеленовато-коричневый	коричневый	зеленовато-коричневый	коричневый	коричневый
запах	квашенных овощей	квашенных овощей	квашенных овощей	квашенных овощей	резкий запах квашенных овощей	резкий запах кислот
влажность, %	73,00	75,10	74,20	73,00	73,00	72,60
pH	4,89	4,85	4,86	4,89	4,88	4,86
молочная кислота	80,20	70,50	58,40	76,5	70,20	56,70
уксусная кислота	19,80	29,40	41,3	23,3	29,50	42,60
масляная кислота	0,00	0,10	0,3	0,20	0,20	0,7
соотношение кислот: молочной к уксусной	4,05:1	2,4:1	1,42:1	3,29:1	2,38:1	1,33:1

Полученные данные свидетельствуют о повышении качества и сохранности заготавливаемого сочного корма за счет внесения Микробиовита «Енисей».

Анализ питательности полученных образцов силоса в течение времени (45 и 90 суток) показывает, что сохранность корма вы-

ше с применением биоконсерванта, чем в контроле. В таблице 3 мы показали наиболее важные значения, определяющие питательную ценность корма. Так, сохранность энергетических единиц в разведении биоконсерванта 1:100 в 1,38 раза эффективнее, чем 1:10 на 45 суток и в 1,04 раза – на 90-е.

Таблица 3

Показатели питательности силоса

Показатели	Содержание питательных веществ в 1 кг натурального корма					
	45			90		
	1	2	3	1	2	3
сухое вещество, %	25,50	28,00	27,00	26,00	25,00	25,00
ЭКЕ, КРС ед.	0,32	0,44	0,30	0,24	0,25	0,20
ОЭ, МДж	3,2	4,4	3,0	2,4	2,5	2,0
сырой протеин %	4,28	4,42	3,77	3,70	4,08	2,91
сырая клетчатка %	7,63	7,15	7,12	7,58	7,70	7,68
сырая зола %	2,48	2,66	2,65	2,33	2,47	2,32
каротин мг/кг	20,60	29,00	24,5	16,30	18,75	10,05

Содержание сырого протеина, также больше в разведении 1:100 по сравнению с 1:10 на 0,14% через 45 суток, и затем разница увеличивается на 0,38%. Консервирующее действие биодобавки в разведении 1:100 снижало количество сырой клетчатки на 0,48% по отношению к разведению 1:10 через 45 суток, на 90-е сутки показатели изменились на 0,12%. Сырая зола лучше сохранилась в силосе: при разведении 1:100 ее содержание на 0,18% больше, чем в разведении микробиовита 1:10 на 45 суток. В последующем на 90-е сутки разница между показателями изменилась незначительно – 0,14%. Каротин на 45 суток в силосе с биодобавкой 1:100 был на 8,4 мг/кг больше, чем 1:10, а через 90 суток – на 2,45 мг/кг сохранней, чем 1:10 (табл. 3).

**Выводы.** В проведенных лабораторных исследованиях (миниопыте) мы определили концентрацию биоконсерванта для получения качественного сочного корма и сделали следующие выводы:

1. эффективно показала концентрация рабочего раствора Микробиовита «Енисей» 1:100;
2. силос на протяжении 90 суток сохраняется не ниже 2 класса соответствия требованиям ГОСТ Р 55986-2014;
3. способствует усиленному развитию органических кислот с преобладанием молочной кислоты в отношении уксусной в 2,37 раза и блокирует образование масляной кислоты;
4. улучшает показатели питательности корма путем повышенного содержания каротина на 8,4 мг/кг и сырой золы 0,18%, чем при разведение биопрепарата 1:10;
5. предотвращает распад протеина на 0,14% и увеличивает содержание клетчатки на 0,48%;
6. повышает общую эффективность хранения на длительные сроки, так через 90 суток сохранность энергетических единиц и обменной энергии корма в 1,04 раз больше, чем при разведении микробиовита 1:10.

Список источников

1. Дуборезов В.М., Суслова И.В., Бойко И.И. и др. Зоотехническая оценка силоса из сорго сахарного // Вестник ОрелГАУ. №4. 2011. С. 56-57  
 2. Melkamu B.Y. Silage Additives: Review. // Open Journal of Applied. 2013. Sciences 4(05) November. DOI:10.4236/ojapps.2014.45026.

3. Chaikong C, Saenthaweesuk N, Sadtagid D, Intapim A and Khotakham O Local silage additive supplementation on fermentation efficiency and chemical components of leucaena silage. // *Livestock Research for Rural Development*. 2017. Vol. 29. №114. [Retrieved March 21, 2022, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/6/chak29114.html>].
4. Pascal Drouin, Lucas J. Mari and Renato J. Schmidt Lactic Acid Bacteria as Microbial Silage Additives: Current Status and Future Outlook // *New Advances on Fermentation Processes Submitted*. 2019. September 25th, DOI: 10.5772/intechopen.89326.
5. Musen Wang, Luna Wang, Zhu Yu Fermentation dynamics and bacterial diversity of mixed lucerne and sweet corn stalk silage ensiled at six ratios // *Grass and Forage Science*. 2019. June. DOI:10.1111/GFS.12431
6. Гарнавский Д.К., Полева Т.А. Использование Микробиовита Енисей в кормление телят // *Вестник КрасГАУ*. 2010. №5. С 77-80.
7. Кучин Н.Н., Мансуров А.П., Шишкина И.А. Силосуюемость вико- и люпино-ячменных смесей в фазу молочно-восковой спелости зерна ячменя // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2013. №2. С. 125-130.
8. Лысов Ю.А., Губайдуллин Н.М., Миронова И.В. Состав и технологические свойства молока коров при скармливании сенажа, заготовленного с консервантом «Биотроф» // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2018. №4. С. 147-153
9. Использование биоконсервантов при заготовке кормов: [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/fodder-production-tech/ispolzovanie-biokonservantov-pri-zagotovke-kormov>. (Дата обращения: 22.03.2022).
10. Кормовая добавка-пробиотик МикроБиовит Енисей: [Электронный ресурс]. URL: <https://microbiovit-enisey.ru> (Дата обращения: 22.03.2022).
11. Кормов заготовят по потребностям: [Электронный ресурс]. URL: <http://gazeta-vz.com/articles/media/2021/8/6/kormov-zagotovyat-po-potrebnostyam> (Дата обращения: 22.03.2022).
12. Победнов Ю.А., Горькин А.М., Бородуля В.И. Особенности и эффективность силосования кукурузы и трав с препаратом биотроф 111 // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2010. №3. С.54-63.
13. Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов: методические рекомендации / Рос. акад. с.-х. наук, ГНУ "Всерос. науч.-исслед. ин-т кормов им. В.Р. Вильямса"; [подгот.: В. А. Бондарев и др.] Москва: [ФГУ РЦСК], 2008. 67 с.

## DETERMINATION OF BIOCONSERVANT CONCENTRATION FOR OBTAINING HIGH-QUALITY JUICY FEED IN LABORATORY CONDITIONS

©2022. Natalia N. Novikova<sup>1✉</sup>, Natalia A. Kosareva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Omsk Agrarian Research Center, Omsk, Russia,

<sup>1</sup>novnik00@mail.ru

**Abstract.** The drug Microbiovit "Yenisei", which has proven itself as a probiotic for young animals of various animal species, is being actively introduced in the Omsk region as a biopreservative for succulent feed. The aim of the research was to determine the concentration of biopreservative in laboratory conditions to obtain high-quality succulent feed. The object of the study is green mass: sugar sorghum "Galia" 85% (panicle ejection phase) and fodder beans "Siberian" 15% (milk ripeness phase), harvested on the experimental fields of the NPH "Omskoye" branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Omsk ANC". All biochemical studies of the obtained feed and the calculation of nutritional value were carried out in the laboratory of animal husbandry of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk ANC". Crushed (3.0-5.0 cm) green mass was ensiled in glass containers of 1 liter (in six repetitions) in two concentrations of 1:10 and 1:100 at the rate of 2 liters of working solution per ton of green mass. Silage without preservative served as control. The experimental and control samples of the silo were stored in a dark cabinet at an ambient temperature of +18°C. The quality was studied at different periods of storage after 45 days and 90 days from the moment of laying. The concentration of the working solution of Microbiovita "Yenisei" 1:100 showed the best results. It allows keeping the silo for 90 days of storage not lower than class 2 of compliance with the requirements of GOST R 55986-2014. It also promotes enhanced development of organic acids with a predominance of lactic acid in relation to acetic acid by 2.37 times and blocks the formation of butyric acid; it improves the nutritional value of the feed by increasing the content of caro-



tene by 8.4% and raw ash by 0.18% than with a 1:10 dilution of the biological product; it prevents 0.14% protein breakdown and 0.48% increase in fiber. The overall efficiency of storage increases in the long term, so after 90 days the safety of energy feed units and the exchange energy of the feed is 1.25 times greater than when microbiovit is diluted 1:10.

**Key words:** green mass of plants, biopreservative, silage, quality, nutritional value

#### References

1. Dubarezov V.M., Suslova I.V., Bojko I.I. i dr. Zootehnicheskaja ocenka silosa iz sorgo sahnogo (Zootechnical assessment of sugar sorghum silage), Vestnik OrelGAU, No. 4, 2011, pp. 56-57
2. Melkamu B.Y. Silage Additives: Review, Open Journal of Applied Sciences. 2013. 4(05) November. DOI:10.4236/ojapps.2014.45026.
3. Chaikong C, Saenthaweesuk N, Sadtigid D, Intapim A and Kho-takham O Local silage additive supplementation on fermentation efficiency and chemical components of leucaena silage, Livestock Research for Rural Development, 2017, Vol. 29, No. 114. [Retrieved March 21, 2022, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/6/chak29114.html>].
4. Pascal Drouin, Lucas J. Mari and Renato J. Schmidt Lactic Acid Bacteria as Microbial Silage Additives: Current Status and Future Outlook, New Advances on Fermentation Processes Submitted. 2019. September 25th, DOI: 10.5772/intechopen.89326
5. Musen Wang, Luna Wang, Zhu Yu Fermentation dynamics and bacterial diversity of mixed lucerne and sweet corn stalk silage ensiled at six ratios, Grass and Forage Science. 2019. June. DOI:10.1111/GFS.12431
5. Tarnavskij D.K., Poleva T.A. Ispol'zovanie Mikrobiovita Enisej v kormlenie teljat (The use of Microbiovita Yenisei in feeding calves), Vestnik KrasGAU, 2010, No. 5, pp 77-80.
7. Kuchin N.N., Mansurov A.P., Shishkina I.A. Silosuemost' viko- i ljupino-jachmennih smesej v fazu molochno-voskovoj spelosti zerna jachmenja (Silosity of vetch and lupine-barley mixtures in the phase of milky-wax ripeness of barley grain), Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo, 2013, No. 2, pp. 125-130
8. Lysov Ju.A., Gubajdullin N.M., Mironova I.V. Sostav i teh-nologicheskie svoystva moloka korov pri skamlivanii senazha, zagotovlennogo s konservantom «Biotrof» (Composition and technological properties of cows' milk when feeding haylage harvested with the preservative "Biotrof"), Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii im. V.R. Filippova, 2018, No. 4, pp. 147-153
9. Ispol'zovanie biokonservantov pri zagotovke kormov (The use of biopreservatives in the preparation of feed: [Electronic resource]), URL <https://agrovesti.net/lib/tech/fodder-production-tech/ispolzovanie-biokonservantov-pri-zagotovke-kormov>. (Data obrashhenija: 22.03.2022).
10. Kormovaja dobavka-probiotik MikroBiovit Enisej: [Jelek-tronnyj resurs] (10. Feed additive-probiotic MicroBiovit Yenisei: [Electronic resource]), URL: <https://microbiovit-enisej.ru> (Data obrashhenija: 22.03.2022).
11. Kormov zagotovjat po potrebnostjam: [Jelektronnyj resurs] (Feed will be prepared according to needs: [Electronic resource]), URL:<http://gazeta-vz.com/articles/media/2021/8/6/kormov-zagotovjat-po-rotrebnostyam> (Data obrashhenija: 22.03.2022).
12. Pobednov Ju.A., Gor'kin A.M., Borodulja V.I. Osobennosti i jeffektivnost' silosovanija kukuruzy i trav s preparatom biotrof 111 (Peculiarities and effectiveness of corn and grass ensiling with Biotroph 111), Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh, 2010, No. 3, pp. 54-63.
13. Provedenie opytov po konservirovaniju i hraneniju ob'emistyh kormov: metodicheskie rekomendacii (Conducting experiments on canning and storage of bulky feed: guidelines), Ros. akad. s.-h. nauk, GNU "Vseros. nauch.-issled. in-t kormov im. V.R. Vil'jamsa"; [podgot.: V. A. Bondarev i dr.] Moskva: [FGU RČSK], 2008, 67 p.

#### Сведения об авторах

**Н.Н. Новикова**<sup>1✉</sup> – канд. ветеринар. наук, заведующий лабораторией животноводства;

**Н.А. Косарева**<sup>2</sup> – младший научный сотрудник.

<sup>1,2</sup> Омский аграрный научный центр, ул. Лермонтова, 93, Омск, Россия, 644001

<sup>1</sup>novnik00@mail.ru

#### Information about authors

**N.N. Novikova**<sup>1✉</sup> – Cand. Vet. Sci., Head of the Laboratory of Animal Husbandry;

**N.A. Kosareva**<sup>2</sup> – Junior Research.

<sup>1,2</sup> Omsk Agrarian Research Center, 93, Lermontova St., Omsk, Russia, 644001

<sup>1</sup>novnik00@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 24.03.2022; одобрена после рецензирования 04.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 24.03.2022; approved after reviewing 04.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.*

---

Научная статья

УДК 636.5.033

doi: 10.47737/2307-2873\_2022\_38\_153

## КАЛЬЦИЙ И ФОСФОР В ОРГАНИЗМЕ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ НА ФОНЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАЦИОНОВ

©2022. Кристина Владимировна Рязанцева<sup>1✉</sup>, Елена Анатольевна Сизова<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской Академии наук, Оренбург, Россия,

<sup>1</sup>reger94@bk.ru

**Аннотация.** Являясь минеральной основой организма, Са и Р участвуют во многих биологических процессах, в том числе развитии и минерализации костей, метаболизме других элементов, гомеостазе крови, энергетическом обмене и кислотно-щелочном балансе т.д. Метаболизм Са и Р тесно связан между собой, и поэтому недостаток одного из них отражается на продуктивности. Их дефицит препятствует достижению максимальной продуктивности в период интенсивного роста. В ходе эксперимента сформировано три группы с различным содержанием обменной энергии в рационе (МДж/кг): контрольная – 12,99; I опытная – 13,7; II опытная – 15,0. При оценке Са и Р в тканях контрольной и опытных групп было отмечено: в сыворотке крови наблюдается значительное снижение Са в опытных группах на 1,4% и 9,2%; в мышечной ткани I и II опытных группах Са снижается на 21,1% ( $p < 0,05$ ) и 24,9% ( $p < 0,05$ ), показатели Р упали на 19,9% и 21,2%; изменение костной ткани сопровождается тенденцией к снижению Са и Р в группе с наибольшей обменной энергией (II опытная группа) на 16,2% ( $p < 0,05$ ) и 13,4% ( $p < 0,05$ ) относительно контрольных значений, а также значительным снижением костной массы на 0,7 % и 6,3% ( $p < 0,05$ ) относительно контроля. Повышение уровня жиров в рационе цыплят-бройлеров сопровождается снижением Са и Р в теле птицы, что в свою очередь может привести к нарушениям метаболических процессов и функциональной нестабильности организма.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, минералы, костная ткань, высокоэнергетический рацион, Са, Р.

**Благодарности:** Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 г. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005).

**Введение.** За последние десятилетия постоянное улучшение генетики кроссов и эффективное кормление привели к высокому уровню продуктивности и рентабельности в птицеводстве. В свою очередь эффективное кормление высокопродуктивных кроссов заключается в повышении питательной ценности рациона за счет компонентов рациона, таких как жир и масло. Высокая калорийность рациона увеличивает скорость роста, в результате чего возможно повышение потребности организма в минеральных элементах, в частности, кальции (Са) и фосфоре (Р) [7].

Являясь минеральной основой организма, Са и Р участвуют во многих биологических процессах, в том числе развитии и минерализации костей, метаболизме других элементов, гомеостазе крови, внутриклеточной передаче сигналов, активации ферментов, нервно-мышечной функции, транскрипции генов, энергетическом обмене и кислотно-щелочном балансе. Метаболизм Са и Р тесно связан между собой, и поэтому даже недостаток одного из них отражается на продуктивности. Их дефицит препятствует достижению

максимальной продуктивности в период интенсивного роста [11].

Основной состав корма для птицы состоит из пшеницы и кукурузы, но уровень Са и Р в них недостаточен для восполнения потребности в этих элементах, поэтому важно

вносить в корм минеральные добавки – премиксы. Действующие нормы внесения Са и Р в рационы цыплят-бройлеров направлены на высокопродуктивные кроссы и рекомендованы как ориентировочные значения (табл. 1) [1].

Таблица 1

Нормы добавок минеральных элементов в комбикорма для цыплят-бройлеров

Макроэлементы, %	
Са, %	0,9-1,00
Р, общий, %	0,70

В США уровень включения Са и Р в рацион птицы регламентируются с учётом

норм и рекомендаций National Research Council (табл. 2) [9].

Таблица 2

Потребности цыплят-бройлеров в Са и Р согласно данным NRC от 1994 г.

Элемент	Возраст		
	до 3 недель	3 - 6 недель	6 - 8 недель
Макроэлементы, %			
Са, %	1,00	0,90	0,80
Р, нефитатный, %	0,45	0,35	0,30

В связи с этим, целью проведенного нами исследования являлась оценка влияния высокоэнергетического рациона на метаболизм Са и Р в организме цыплят-бройлеров.

Для достижения поставленной цели нами решались следующие задачи:

1. На автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай), с применением биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) определить концентрацию Са в сыворотке крови фотометрическим методом с о-крезолфталеином и концентрацию Р методом взаимодействия с молибдатом аммония с образованием фосфомолибдатного комплекса.

2. Определить концентрацию Са и Р мышечной и костной тканей при помощи масс-спектрометрии Elan DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA).

3. Определить массу костной ткани.

**Методика.** Экспериментальные исследования проводились в условиях вивария на модели цыплят-бройлеров кросса «Арбор Ай-крес», на 3 группах (n = 10) – контрольная и две опытных, аналогичных по живой массе (табл. 3). Кормление цыплят-бройлеров осуществлялось рационом, сформированным согласно рекомендациям ВНИТИПа [1].

Таблица 3

Схема эксперимента

Группа	Объект исследования	Период опыта	
		подготовительный	учетный
		Возраст, дней	
Контрольная	Цыплята-бройлеры кросса «Arbor Acres»	7-14	15-42
I опытная		ОР	ОР <sub>1</sub>
II опытная			ОР <sub>2</sub>
			ОР <sub>3</sub>

Примечание:

ОР- основной рацион с питательностью по нормам ВНИТИП, 2011

ОР<sub>1</sub>- рацион с содержанием обменной энергии 12,61-12,99 МДж/кг СВ

ОР<sub>2</sub>- рацион с содержанием обменной энергии 13,3-13,7 МДж/кг СВ

ОР<sub>3</sub>- рацион с содержанием обменной энергии 14,78-15,0 МДж/кг СВ

Лабораторные исследования проведены на базе Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Данные, полученные в результате исследований, статистически обработаны с применением общепринятых методик при помощи программ «Microsoft Excel» и «Statistica 10.0», включая определение средней арифметической величины, стандартной

ошибки средней и критериев достоверности по Стьюденту.

**Результаты.** При оценке минерального состава крови цыплят контрольной и опытных групп выявлено увеличение Р в I и II опытной группах на 5,5 % и 26,6 % ( $p < 0,05$ ) относительно контроля, соответственно. В свою очередь в I и II опытных группах значительно снижается содержание Са на 1,4 % и 9,2 % относительно контрольных значений (рис. 1).

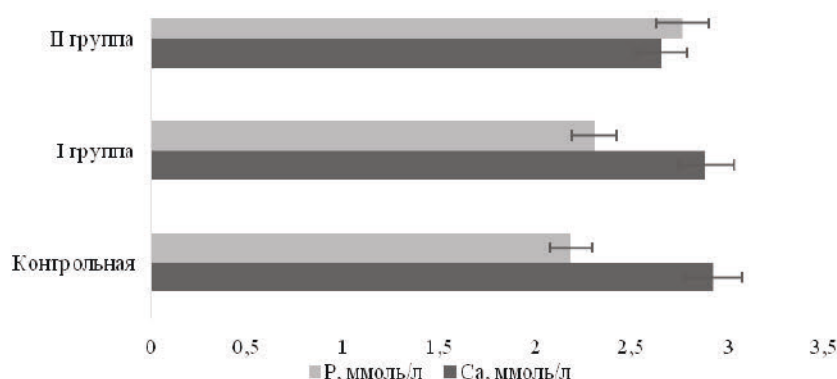


Рис 1. Содержание Са и Р в сыворотки крови опытных цыплят-бройлеров на 42 сутки, ммоль/л  
 Fig. 1. The content of Ca and P in the blood serum of experimental broiler chickens on the 42 day, mmol/l

Увеличение калорийности привело к значительному снижению Са и Р в мышечной ткани опытных цыплят-бройлеров. Так, в I и II опытных группах Са снижается на 21,1 %

( $p < 0,05$ ) и 24,9 % ( $p < 0,05$ ) при достоверно значимых результатах, показатели Р упали на 19,9% и 21,2 % относительно контрольных показателей (рис. 2).

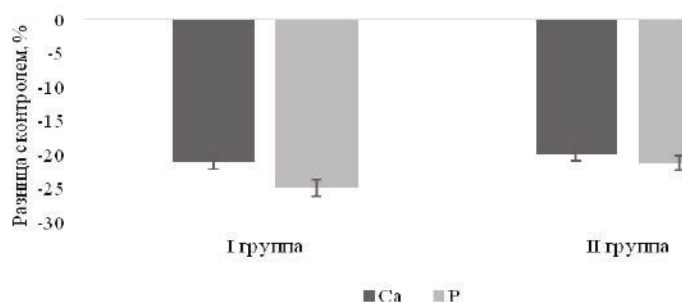


Рис 2. Содержание Са и Р в мышечной ткани цыплят-бройлеров, %  
 Fig. 2. The content of Ca and P in the muscle tissue of broiler chickens, %

Увеличение жира в рационе привело к значительному снижению массы костной ткани в опытных группах. Так, масса костной ткани

снизилась по отношению к контрольным значениям на 0,7 % и 6,3% ( $p < 0,05$ ) (рис. 3).

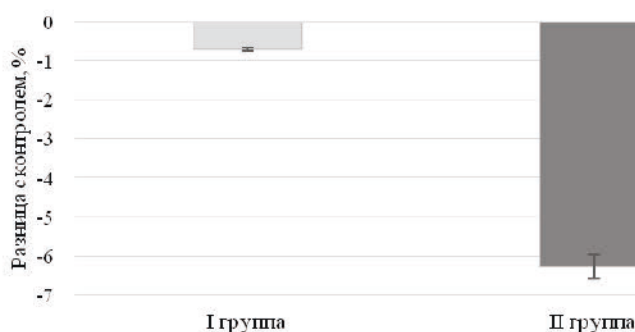


Рис 3. Масса костной ткани цыплят – бройлеров, %  
 Fig. 3. Bone mass of broiler chickens, %

Анализ содержания минеральных элементов в костях показал, что в группах с высоким уровнем обменной энергии (I и II) наблюдается тенденция к снижению Ca на

2,65% и 16,2% ( $p < 0,05$ ), P на 2,7% и 13,4% ( $p < 0,05$ ) относительно контрольных значений (рис. 4).

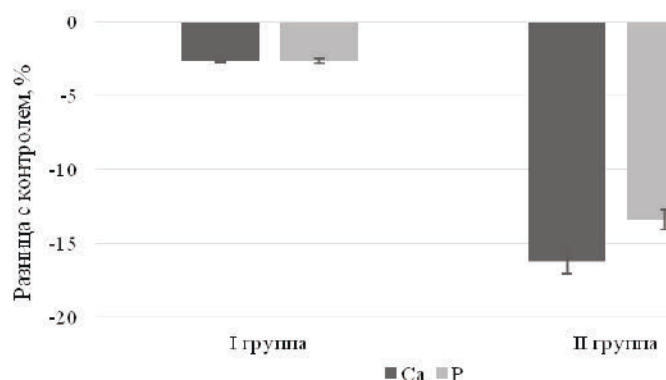


Рис 4. Содержание Ca и P в костной ткани цыплят-бройлеров, %  
 Fig. 4. The content of Ca and P in the bone tissue of broiler chickens, %

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о прямой зависимости минерального обмена в организме цыплят-бройлеров от поступающего с кормом жира.

Пищевые масла имеют высокую калорийность и, таким образом, обеспечивают повышенный уровень энергии в рационе при меньших затратах. Кроме того, масло улучшает усвоение жирорастворимых витаминов, вкусовые качества рационов и повышает эффективность потребляемой энергии, а также снижает скорость прохождения корма в желудочно-кишечном тракте, что дает возможность адекватному и эффективному усвоению питательных веществ, присутствующих в рационе

птицы. Однако пищевой жир может влиять на минеральный обмен, особенно Ca и P [5].

Таким образом, до сих пор существуют значительные разногласия относительно влияния пищевого жира на минеральный обмен у цыплят [2, 3, 10, 14].

Результаты проведенного нами исследования показали, что повышение обменной энергии рациона за счет включения подсолнечного масла вызывает снижение Ca и P в теле цыплят-бройлеров. Так, в сыворотке крови наблюдается значительное снижение Ca в опытных группах на 1,4 % и 9,2 % относительно контрольных значений. В мышечной ткани I и II опытных групп Ca снижается на 21,1 % ( $p < 0,05$ ) и 24,9 % ( $p < 0,05$ ), показатели P

упали на 19,9 % и 21,2 % относительно контроля.

Кость является динамическим органом, который подвергается значительному обмену, процессу, включающему резорбцию остеокластами с последующим формированием кости остеобластами [8]. Следовательно, костная масса отражает баланс образования и резорбции кости.

Так, в проведенных нами исследованиях масса костной ткани снизилась на 0,7 % и 6,3% ( $p < 0,05$ ) в I и II опытных группах по отношению к контролю. Наблюдается тенденция к снижению в костной ткани Ca и P в группе с наибольшей обменной энергией (II опытная группа) на 16,2% ( $p < 0,05$ ) и 13,4% ( $p < 0,05$ ) относительно контрольных значений.

В 1971 году Whitehead et al. в своих исследованиях выявил зависимость снижения уровня минералов от содержания жира в рационе. Ранние отчеты Pepper et al. [10], продемонстрировали, что рацион с включением жиров вызывает прогрессивное снижение процентного содержания кальция [2].

Подобный эффект наблюдается в исследованиях Cao JJ et al. [4] и Xiao Y et al. [13],

результаты которых показали пагубное влияние высоко жирового рациона на костный метаболизм. Эти результаты показали, что влияние пищевого жира на костный метаболизм является сложным и зависит от множества факторов, таких как компоненты рациона, продолжительность кормления, пол и возраст [6]. Это может быть обусловлено образованием нерастворимых мыл между жирными кислотами и минеральными веществами во время пищеварения, что делает их недоступными для переваривания. Снижение массы костной ткани может свидетельствовать о процессе резорбции костей, что подтверждается ранее проводимыми исследованиями [12].

**Выводы.** Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что включение в рацион цыплят-бройлеров жиров может привести к нарушению минерального обмена. При увеличении содержания жиров в рационе необходимо проводить корректировку минеральных веществ, особенно Ca и P.

#### Список источников

1. Фисинин В.И., Егоров И.А., Драганов И.Ф. Кормление сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 337 с.
2. Whitehead C.C., Dewar W.A., Downie J.N. Effect of dietary fat on mineral retention in the chick, *British Poultry Science*, 1971, No. 12(2). P. 249-254. DOI: 10.1080/00071667108415877
3. Calik A., Yalcin S., Küçükarsan S. Effects of calcium soaps of animal fats on performance, abdominal fat fatty acid composition, bone biomechanical properties, and tibia mineral concentration of broilers, *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2019, No. 25. P. 61–70. DOI:10.9775/kvfd.2018.20329.
4. Cao J.J., Gregoire B.R., Gao H. High-fat diet decreases cancellous bone mass but has no effect on cortical bone mass in the tibia in mice, *Bone*, 2009, No. 44(6). P. 1097-104. DOI: 10.1016/j.bone.2009.02.017.
5. Chwen L.T., Foo H.L., Thanh N.T., Choe D.W. Growth performance, plasma Fatty acids, villous height and crypt depth of preweaning piglets fed with medium chain triacylglycerol, *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 2013, No. 26(5). P. 700–704. DOI:10.5713/ajas.2012.12561.
6. Doucette C.R., Horowitz M.C., Berry R., MacDougald O.A., Anunciado-Koza R., Koza R.A., Rosen C.J. A High Fat Diet Increases Bone Marrow Adipose Tissue (MAT) But Does Not Alter Trabecular or Cortical Bone Mass in C57BL/6J Mice, *J Cell Physiol*, 2015, No. 230(9). P. 2032-7. DOI: 10.1002/jcp.24954.
7. Li T., Xing G., Shao Y., Zhang L., Li S., Lu L., Liu Z., Liao X., Luo X. Dietary calcium or phosphorus deficiency impairs the bone development by regulating related calcium or phosphorus metabolic utilization parameters of broilers, *Poult Sci*, 2020, No. 99(6). P. 3207-3214. DOI: 10.1016/j.psj.2020.01.028.
8. Novack D.V., Teitelbaum S.L. The osteoclast: friend or foe? *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.*, 2008, No. 3. P. 457-484. DOI: 10.1146/annurev.pathmechdis.3.121806.151431
9. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994.
10. Pepper W.F., Slinger S.L., Motzok I. Effect of animal fat on the calcium and phosphorus requirement of chicks, *Poultry Sci*, 1955, No. 34. 1216 p. (Abstr.)
11. Teng X., Zhang W., Xu D., Liu Z., Yang N., Luo D., Wang H., Ge M., Zhang R. Effects of low dietary phosphorus on tibia quality and metabolism in caged laying hens, *Prev Vet Med*, 2020, No. 181. P. 105049. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105049.

12. Tian L., Wang C., Xie Y., Wan S., Zhang K., Yu Xijie (2017). High fructose and high fat exert different effects on changes in trabecular bone micro-structure, *The journal of nutrition, health & aging*, 2017. DOI:10.1007/s12603-017-0933-0

13. Xiao Y., Cui J., Li Y.X., Shi Y.H., Wang B., Le G.W., Wang Z.P. Dyslipidemic high-fat diet affects adversely bone metabolism in mice associated with impaired antioxidant capacity, *Nutrition*, 2011, No. 27(2). P. 214-20. DOI 10.1016/j.nut.2009.11.012.

## CALCIUM AND PHOSPHORUS IN THE BODY OF BROILER CHICKENS ON THE BACKGROUND OF HIGH ENERGY DIETS

©2022. Kristina V. Ryazantseva<sup>1✉</sup>, Elena A. Sizova<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup>Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia,

<sup>1</sup>reger94@bk.ru

**Abstract.** Being the mineral basis of the body, Ca and P are involved in many biological processes, including the development and mineralization of bones, the metabolism of other elements, blood homeostasis, energy metabolism and acid-base balance, etc. Metabolism of Ca and P is closely related, and therefore the lack of one of them is reflected in productivity. Their deficiency hinders the achievement of maximum productivity during the period of intensive growth. During the experiment, three groups were formed with different content of metabolic energy in the diet (MJ/kg): control – 12.99; experimental I – 13.7; experimental II – 15.0. When evaluating Ca and P in the tissues of the control and experimental groups, it was noted: in the blood serum, there is a significant decrease in Ca in the experimental groups by 1.4% and 9.2%, respectively; in the muscle tissue of I and II experimental groups, Ca decreased by 21.1% ( $p<0.05$ ) and 24.9% ( $p<0.05$ ), P values fell by 19.9% and 21.2%; change in bone tissue is accompanied by a tendency to decrease Ca and P in the group with the highest metabolic energy (experimental group II) by 16.2% ( $p<0.05$ ) and 13.4% ( $p<0.05$ ) relative to control values, and also a significant decrease in bone mass by 0.7% and 6.3% ( $p<0.05$ ) relative to the control. An increase in the level of fats in the diet of broiler chickens is accompanied by a decrease in Ca and P in the body of the bird, which in turn can lead to metabolic disorders and functional instability of the body.

**Key words:** broiler chickens, minerals, bone tissue, high energy diet, Ca, P.

**Acknowledgments:** The studies were carried out in accordance with the research plan for 2021-2023 of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of the BST RAS (No. 0761-2019-0005).

### References

1. Fisinin V.I., Egorov I.A., Draganov I.F. *Kormlenie sel'skohozjajstvennoj pticy: ucheb. Posobie (Feeding poultry: textbook. Allowance)*, M., GJeOTAR-Media, 2011, 337 p.
2. Whitehead C.C., Dewar W.A., Downie J.N. Effect of dietary fat on mineral retention in the chick, *British Poultry Science*, 1971, No. 12(2). P. 249-254, DOI: 10.1080/00071667108415877
3. Calik A., Yalcin S., Küçükersan S. Effects of calcium soaps of animal fats on performance, abdominal fat fatty acid composition, bone biomechanical properties, and tibia mineral concentration of broilers, *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2019, No. 25. P. 61–70. DOI:10.9775/kvfd.2018.20329.
4. Cao J.J., Gregoire B.R., Gao H. High-fat diet decreases cancellous bone mass but has no effect on cortical bone mass in the tibia in mice, *Bone*, 2009, No. 44(6). P. 1097-104. DOI: 10.1016/j.bone.2009.02.017.
5. Chwen L.T., Foo H.L., Thanh N.T., Choe D.W. Growth performance, plasma Fatty acids, villous height and crypt depth of preweaning piglets fed with medium chain triacylglycerol, *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 2013, No. 26(5). P. 700–704. DOI:10.5713/ajas.2012.12561.
6. Doucette C.R., Horowitz M.C., Berry R., MacDougald O.A., Anunciado-Koza R., Koza R.A., Rosen C.J. A High Fat Diet Increases Bone Marrow Adipose Tissue (MAT) But Does Not Alter Trabecular or Cortical Bone Mass in C57BL/6J Mice, *J Cell Physiol*, 2015, No. 230(9). P. 2032-7. DOI: 10.1002/jcp.24954.
7. Li T., Xing G., Shao Y., Zhang L., Li S., Lu L., Liu Z., Liao X., Luo X. Dietary calcium or phosphorus deficiency impairs the bone development by regulating related calcium or phosphorus metabolic utilization parameters of broilers, *Poult Sci*, 2020, No. 99(6). P. 3207-3214. DOI: 10.1016/j.psj.2020.01.028.

8. Novack D.V., Teitelbaum S.L. The osteoclast: friend or foe?. *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.*, 2008, No. 3. P. 457-484. DOI: 10.1146/annurev.pathmechdis.3.121806.151431
9. *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition*, 1994
10. Pepper W.F., Slinger S.L., Motzok I. Effect of animal fat on the calcium and phosphorus requirement of chicks, *Poultry Sci.*, 1955, No. 34. 1216 p. (Abstr.)
11. Teng X., Zhang W., Xu D., Liu Z., Yang N., Luo D., Wang H., Ge M., Zhang R. Effects of low dietary phosphorus on tibia quality and metabolism in caged laying hens, *Prev Vet Med*, 2020, No. 181. P. 105049. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105049.
12. Tian L., Wang C., Xie Y., Wan S., Zhang K., Yu Xijie (2017). High fructose and high fat exert different effects on changes in trabecular bone micro-structure, *The journal of nutrition, health & aging*, 2017. DOI:10.1007/s12603-017-0933-0
13. Xiao Y., Cui J., Li Y.X., Shi Y.H., Wang B., Le G.W., Wang Z.P. Dyslipidemic high-fat diet affects adversely bone metabolism in mice associated with impaired antioxidant capacity, *Nutrition*, 2011, No. 27(2). P. 214-20. DOI 10.1016/j.nut.2009.11.012.

*Сведения об авторах*

**К.В. Рязанцева**<sup>1✉</sup> – младший научный сотрудник;

**Е.А. Сизова**<sup>2</sup> – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник.

<sup>1,2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской Академии наук, ул. 9 января 29, г. Оренбург, Россия.

<sup>1</sup>reger94@bk.ru

*Information by author*

**K.V. Ryazantseva**<sup>1✉</sup> – Junior Researcher;

**E.A. Sizova**<sup>2</sup> – Dr. Biol. Sci., Leading Researcher.

<sup>1,2</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia.

<sup>1</sup>reger94@bk.ru

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

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

*Статья поступила в редакцию 21.04.2022; одобрена после рецензирования 27.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.*

*The article was submitted 21.04.2022; approved after reviewing 27.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.*



## РЕДАКЦИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

приглашает к сотрудничеству ученых, аспирантов, специалистов. К публикации принимаются научные статьи по следующим группам научных исследований:

– **05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем** (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства, 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

– **06.01.00 Агрономия** (06.01.01 Общее земледелие, 06.01.04 Агрохимия, 06.01.09 Овощеводство);

– **06.02.00 Ветеринария и зоотехния** (06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных; 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология; 06.02.05 Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза; 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов; 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства).

### Требования к содержанию и оформлению статей

Основными требованиями к содержанию публикуемых в научно-практическом журнале статей является обоснование актуальности, научности, новизны и практической ценности исследования, изложение основных тезисов работы. Статьи, поступившие в редакцию, проверяются через систему Антиплагиат (оригинальность должна составлять не менее 80%) и проходят процедуру рецензирования.

Статья должна включать в себя следующие элементы:

1. Индекс УДК (слева).
2. Название статьи (прописными буквами).
3. Ф.И.О. автора, ученое звание, место работы/учебы, адрес организации, e-mail.

4. Аннотация (реферат) на русском языке. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). Структура реферата должна кратко отражать структуру работы. Реферат должен быть максимально четким и в то же время информационно насыщенным. Реферат может публиковаться самостоятельно, и суть исследования должна быть понятной без обращения к тексту статьи. Реферат не разбивается на абзацы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов должно содержать конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, но в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Исключено использование вводных слов и оборотов.

5. Ключевые слова, отражающие терминологическую область статьи (до 10 слов).

6. Текст с включенным иллюстративным материалом (таблицы, рисунки).

Статья должна содержать обязательные элементы: *Введение* с указанием цели и задач исследования; *Методика*; *Результаты*; *Выводы*.

7. Источник финансирования (грант, государственная программа и т.п.), при наличии.

8. Литература. Список должен быть оформлен в соответствии с [ГОСТ 7.0.5-2008](#) (без использования тире) и содержать 12-15 источников, в том числе 3-5 иностранных. Нормативные и законодательные документы, государственные стандарты в литературе не указываются. Ссылки на учебники и учебные пособия нежелательны. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

9. Перевод названия статьи, Ф.И.О. автора, ученого звания, места работы/учебы, адреса организации, e-mail, аннотации (реферата), ключевых слов, литературы с транслитерацией.

### Технические требования к статьям

Рекомендуемый объем статьи 8-12 страниц. Рукопись должна быть оформлена в текстовом редакторе Word на листах формата А4 (книжная ориентация), шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,5. Поля сверху и снизу – 2 см, справа и слева – 3 см, абзацный отступ – 1,25 см. Основная текстовая часть должна иметь выравнивание по ширине с автоматической расстановкой переносов, без подстрочных ссылок. Должны различаться тире (–) и дефисы (-), буквы «ё» и «е».

Таблицы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи.

Рисунки, графики и схемы должны быть чёрно-белыми, чёткими, допускается штриховка; все элементы, относящиеся к изображению, должны быть сгруппированы. Все используемые в статье изображения должны иметь 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 проводится 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. Петровпавловская, 23, издательско-полиграфический центр «ПрокростЪ» или электронной почтой на адрес [pgshavestmik@mail.ru](mailto:pgshavestmik@mail.ru). Отправляемые по электронной почте скан-копии документов (с расширениями \*.jpeg или \*.pdf) должны быть цветными и четкими. Более подробную информацию о правилах и требованиях к оформлению и публикации статей, а также формы сопроводительных документов можно найти на сайте научно-практического журнала «Пермский аграрный вестник» <http://agrovest.psa.ru/>.

### Контактные телефоны

8 (342) 217-97-22 Пинаева Мария Игоревна, 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 1859 рублей. Индекс издания, по которому Вы можете найти журнал в каталоге, – ПР922