ISSN (print) 1997-4868
e ISSN 2307-0005

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN OF THE URALS

2021
№06 (209)

Аграрный вестник Урала
№ 06 (209), 2021г.

Agrarian Bulletin of the Urals
No. 06 (209), 2021

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (Москва, Россия)
О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)
П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Б. А. Воронин, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кощаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншох Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
А. Г. Самоделкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Loretts (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótonyi (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Boris A. Voronin, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, "Uralplemtsentr" (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

ВЫСШАЯ АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК) При Министерстве образования и науки Российской Федерации

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Google Академия

ULRICHSWEB™ GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

© Аграрный вестник Урала / Agrarian Bulletin of the Urals, 2021

Содержание

Агротехнологии

Г. К. Булахтина, Ю. Н. Подопригоров, А. А. Хюпинин 2
Результаты исследований различных приемов создания кормовых угодий в аридном регионе Северного Прикаспия

М. В. Рублюк, Д. А. Иванов, О. В. Карасева 12
Влияние компоста многоцелевого назначения на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в мелиорированных агроландшафтах

О. Р. Удалова, Г. В. Мирская, П. Ю. Конончук, Г. Г. Панова 22
О влиянии растворов фульвокислот из сапропеля на растения салата при различных видах его обработки

Биология и биотехнологии

A. L. Aminova, I. F. Yumaguzin, N. R. Subkhankulov, T. A. Sedykh 34
Efficacy of a herbal drug in treating bovine mastitis

М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова 43
Регенерационная способность *Cerasus fruticosa* и *Prunus domestica* в культуре in vitro

А. Н. Накидкина, Т. И. Кузьмина 53
Оценка показателей жизнеспособности сперматозоидов быков после воздействия диметилглицеролата кремния с использованием метода проточной цитофлуориметрии

Л. А. Пашкова 61
Технологические приемы увеличения мясной продуктивности овец при поздних сроках ягнения

О. С. Чеченихина, О. А. Быкова, О. Г. Лоретц, А. В. Степанов 71
Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов

Экономика

Д. Р. Кричкер, О. А. Рущицкая 80
Перспективные направления экспорта органической продукции АПК Уральского региона

Л. В. Кузнецова, В. Н. Мазуров 89
Технологические карты адаптивных технологий возделывания картофеля продовольственного (на примере Калужской области)

Contents

Agrotechnologies

G. K. Bulakhtina, Yu. N. Podoprigorov, A. A. Khyupinin 2
Results of researching different methods of creating fodder areas in arid region of Northern Caspian

M. V. Rublyuk, D. A. Ivanov, O. V. Karaseva 12
Influence of multipurpose compost on agrochemical indicators of sod-podzolic soil and crop productivity in reclaimed agricultural landscapes

O. R. Udalova, G. V. Mirskaya, P. Yu. Kononchuk, G. G. Panova 22
About the influence of solutions of fulvic acids from sapropel on lettuce plants in various types of its processin

Biology and biotechnologies

A. L. Aminova, I. F. Yumaguzin, N. R. Subkhankulov, T. A. Sedykh 34
Efficacy of a herbal drug in treating bovine mastitis

M. G. Markova, E. N. Somova 43
Regeneration capacity of *Cerasus fruticosa* and *Prunus domestica* into the in vitro culture

A. N. Nakidkina, T. I. Kuzmina 53
Evaluation of viability indicators of bovine spermatozoa after exposure to silicon dimethylglycerolate using flow cytofluorimetry

L. A. Pashkova 61
Technological methods of increasing the meat productivity of sheep in late lambing periods

O. S. Chechenikhina, O. A. Bykova, O. G. Loretts, A. V. Stepanov 71
The age of retirement of cows from the herd, depending on genetic and paratypical factors

Econoty

D. R. Krichker, O. A. Ruschitskaya 80
Promising export directions of organic products of the agro-industrial complex of the Ural region

L. V. Kuznetsova, V. N. Mazurov 89
Technological maps of adaptive technologies of cultivation of food potato (on the example of the Kaluga region)

УДК 631.547.15
Код ВАК 06.01.01
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-2-11

Результаты исследований различных приемов создания кормовых угодий в аридном регионе Северного Прикаспия

Г. К. Булахтина[1]✉, Ю. Н. Подопригоров[1], А. А. Хюпинин[1]
[1] Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Соленое Займище, Россия
✉*E-mail: gbulaht@mail.ru*

Аннотация. **Цель.** Исследование направлено на разработку приемов создания высокопродуктивных и высокопитательных пастбищных агрофитоценозов, адаптированных к экстремальным условиям аридной зоны Северного Прикаспия. **Методы.** Дана оценка продуктивности многолетних одновидовых (житняк) и поливидовых (житняк, тересken, прутняк) агрофитоценозов за пятилетний период их вегетации в зависимости от сроков (осень, весна) и способов посева (рядовой, разбросной). **Результаты.** Фитоценозы, созданные в жестких климатических условиях полупустыни на светло-каштановых почвах с низким уровнем плодородия (гумус – 0,68 %), начиная с первого года формировали урожайность в 2–7 раз выше естественного пастбища. По результатам исследования было выявлено, что существенную роль в создании аридного кормового фитоценоза сыграли способ посева и видовой состав, в том числе разбросной способ посева оказался более продуктивным (в моновидовых – на 57–70 %, в поливидовых – на 63–82 %), урожайность поливидового состава фитоценоза, начиная со второго года, увеличивалась на 1–2 т/га по всем годам исследования в сравнении с моновидовым и на рядовом, и на разбросном способах посева. **Научная новизна.** Все созданные агрофитоценозы по всем вариантам имели кормовую ценность в 3–10 раз выше естественного пастбища, в том числе наличие на пастбище разных видов растений увеличивало сбор кормовых единиц в сравнении с одновидовым пастбищем в 1,5–2 раза, а разбросной способ посева еще и увеличил обеспечение протеином пастбищного корма на 0,18–0,2 т/га. Уже ко второму году развития растений было отмечено, что присутствие на кормовых угодьях кустарников и полукустарников создает лучшие условия, чем отава житняка для снегозадержания, а соответственно, и способствует большему накоплению влаги в почве.

Ключевые слова: аридные пастбища, агрофитоценоз, сроки посева, деградация, способы посева, кормовая ценность, продуктивность.

Для цитирования: Булахтина Г. К., Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Результаты исследований различных приемов создания кормовых угодий в аридном регионе Северного Прикаспия // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-2-11.

Дата поступления статьи: 16.03.2021, ***дата рецензирования:*** 17.05.2021, ***дата принятия:*** 24.05.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Из общей площади природных пастбищ России 73 % (50 млн га) сосредоточены на аридных территориях России. Аридные земли расположены на территории 11 субъектов Российской Федерации: в Республике Дагестан, Республике Калмыкия, Республике Башкортостан, Астраханской, Волгоградской, Самарской, Саратовской, Оренбургской, Ростовской областях, в Краснодарском и Ставропольском краях [1, с. 26]. Во всех этих регионах остро стоят вопросы создания кормовой базы, опустынивания, рационального природопользования и охраны окружающей среды [2, с. 608].

По проблемам сухих степей, полупустынных фитоценозов, деградации аридных пастбищ проводилось достаточно много серьезных отечественных и зарубежных исследований [3–11].

Производители кормов в Европе предлагают уменьшать долю пастбищных кормов и увеличивать скармливание кукурузного силоса с соевыми концентратами [12, с. 712], [13, с. 15]. Однако в этих предложениях не учитывается увеличение потребления концентрированных кормов, которые могли быть использованы самим человеком [14, с. 45]. Кроме этого, выпас скота оказывает исключительно благоприятное влияние на здоровье и продуктивность животных, так как на пастбищах они получают полноценный и легкопереваримый корм. При этом постоянное движение, свежий воздух, солнечный свет улучшают работу всех органов животного, усиливают обмен веществ, что способствует повышению продуктивности, лучшему росту и развитию молодняка, а также воспроизводству стада.

© Булахтина Г. К., Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А., 2021

Поэтому, несомненно, больший интерес представляют работы, раскрывающие новое понимание роли вклада пастбищных кормовых угодий в глобальную продовольственную безопасность [15, с. 45].

Пастбищное животноводство в России является рентабельным, поскольку в бюджете животноводческих крестьянских хозяйств не предусмотрены расходы на восстановление и поддержание пастбищных угодий в продуктивном состоянии. В результате постоянная нагрузка от выпаса на растительный покров аридных пастбищ приводит к потере ими не только кормовой емкости, но и питательной ценности с выпадением высокобелковых бобовых трав (астрагалов, эспарцета, люцерны). В последнее десятилетие к такому разрушительному отношению к пастбищным фитоценозам прибавились еще и климатические изменения: аномальная жара и отсутствие осадков весной и летом, суховеи и ураганы, а также теплые и бесснежные зимы [16, с. 95], [17, с. 10].

Эти проблемы для Астраханской области особенно актуальны, так как вся ее площадь землепользования относится к опасной в отношении опустынивания: дефляции подвержено 2031,2 тыс. га земель, где на сбитых скотом пастбищах с изреженной растительностью образовалось 539 тыс. га развеваемых песков. На 579,9 тыс. га дефляционно опасных земель Астраханской области сельскохозяйственные угодья занимают 333,8 тыс. га. Наиболее активно процессы идут в Харабалинском, Енотаевском, Красноярском и Наримановском районах [18, с. 80].

Известно, что самым эффективным приемом сельскохозяйственного использования и восстановления низкопродуктивных земель является биологическая мелиорация. С одной стороны, этот прием позволяет не только значительно увеличить сбор пастбищного корма и объем заготовки сена, но и сделать этот корм высокопитательным. С другой стороны, под влиянием жизнедеятельности многолетних трав и травосмесей в почве происходят процессы, способствующие ее оструктуриванию, расширенному воспроизводству гумуса и накоплению питательных веществ [19, с. 227].

Цель наших исследований – разработать приемы создания высокопродуктивных и высокопитательных пастбищных агрофитоценозов, адаптированных к экстремальным условиям аридной зоны Северного Прикаспия.

Методология и методы исследования (Methods)

Регион исследования (север Астраханской области) – это наиболее засушливая часть Российского юга. Отличается высокими летними температурами (до + 45 °С в дневное время) и редкими осадками (120–240) мм за год, где на долю периода вегетации растений приходится 20–40 %. Продолжительность периода с температурами выше 10 °С достигает 180 дней. Сумма температур выше 10 °С составляет 3200–3400 °С. Осадки превышают испаряемость в 3–5 раз.

Анализ метеоусловий периода исследования (2016–2020 гг.) показал, что в сравнении со среднемноголетними данными температура воздуха увеличилась на 2–3 градуса, а годовая сумма осадков уменьшилась в среднем на 50 мм.

Исследования проводились на землях ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук». Почвы опытного участка и контрольного (естественное пастбище – ООО «КХ «БагМас») светло-каштановые солонцеватые тяжелосуглинистые, имеют слабощелочную реакцию (pH = 8). В слое почвы 0-20см перед посевом содержалось гумуса – 0,68% (контроль – 0,67), азота щелочногидролизуемого – 21 мг/кг (контроль – 20), фосфора подвижного – 28 мг/кг (контроль – 29), калия подвижного – 298 мг/кг (контроль – 296). По результатам анализа и по данным группировок почв по обеспеченности анализируемых показателей было выявлено, что почва участков идентична и имеет обеспеченность по содержанию гумуса очень низкую (по методике Тюрина); азота щелочногидролизуемого – очень низкую (по методике Корнфилда); фосфора подвижного – высокую (по методике Мачигина); калия подвижного – высокую (по методике Мачигина).

Агротехника опыта представлена основной обработкой почвы плугом ПНЗ-35 и предпосевной обработкой – культивацией, боронованием, проводящимися непосредственно перед посевом, трактором МТЗ-82 с применением агрегатов КПС-5,5; БЗТС-1, послепосевным прикатыванием 3КВГ-1,4 [20, с. 38].

Определение урожайности проводилось укосным методом по методике ВНИИ кормов [21, с. 45]. Фенологические наблюдения – по методике И. Г. Грингофа, Ю. С. Лынова [22, с. 185]. Содержание питательных веществ в сухой массе кормовых трав определялась по соответствующим ГОСТ в агрохимцентре «Астраханский» (г. Астрахань). Дисперсионный анализ проводился с применением компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Схема опыта: площадь – 1 га, высеваемые растения – житняк гребневидный (*Agropyron cristatum* L.) (питомник ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»), терескен серый (*Eutoria ceratoides* L.), прутняк простертый (*Kochia prostrata* L.) (Приаральская опытная станция, Казахстан). Полевой трехфакторный опыт: фактор А – срок посева: весна (площадь – 5000 м^2), осень (площадь – 5000 м^2), фактор В – видовой состав пастбищ: моновидовой (житняк), поливидовой (житняк, терескен, прутняк), в том числе по вариантам: рядовой и разбросной способ посева – по 1250 м^2, фактор С – способ посева – рядовой с междурядьем 0,6 м (2500 м^2) и разбросной (2500 м^2). Контроль – естественное пастбище.

Нормы высева семян: житняк (моновидовое пастбище) – 20 кг/га, (поливидовое пастбище) – 10 кг/га, терескен, прутняк – по 3 кг/га, в расчете на 100-процентную хозяйственную годность семян.

© Bulakhtina G. K., Podoprigorov Yu. N., Khyupinin A. A., 2021

Таблица 1

Фенологические спектры растений, используемых для создания кормовых угодий в аридном регионе

Виды растений	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Терескен серый												
Прутняк простертый												
Житняк гребневидный												

Примечание:

Фазы вегетации	Условное обозначение
Возобновление	
Ветвление (кущение)	
Цветение (колошение)	
Плодоношение	
Созревание, конец вегетации	

Table 1

Phenological spectra of plants used to create forage lands in an arid region

Plant species	*Months of the year*											
	I	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*
Eutoria ceratoides L.												
Kochia prostrata L.												
Agropyron cristatum L.												

Note:

Vegetation phases	*Symbol*
Renewal	
Branching (tillering)	
Flowering (earing)	
Fruiting	
Ripening, end of vegetation	

Таблица 2

Изменение видового состава растений (%) агрофитоценозов по годам

Варианты опыта			Год вегетации				
Срок посева	Видовой состав	Способ посева	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Весенний	Моновидовой	Рядовой	11/89	57/43	75/25	64/36	56/44
		Разбросной	13/87	68/32	81/19	78/28	65/35
	Поливидовой	Рядовой	9/91	64/36	83/17	88/12	76/24
		Разбросной	11/89	77/23	88/12	91/9	85/15
Осенний	Моновидовой	Рядовой	76/24	77/23	73/27	70/30	55/45
		Разбросной	68/32	74/26	75/25	73/27	62/38
	Поливидовой	Рядовой	55/45	66/34	88/12	89/11	73/27
		Разбросной	56/44	74/26	89/11	93/7	88/12

Примечание. В моновидовых посевах: числитель – житняк; знаменатель – разнотравье;
в поливидовых посевах: числитель – житняк + терескен + прутняк, знаменатель – разнотравье.

Table 2

Change in the species composition of plants (%) agrophytocenoses by years

Experience options			*Vegetation year*				
Sowing time	*Species composition*	*Sowing method*	*1st*	*2nd*	*3rd*	*4th*	*5th*
Spring	*One-species*	*Sown in a row*	*11/89*	*57/43*	*75/25*	*64/36*	*56/44*
		Broadcast sowing	*13/87*	*68/32*	*81/19*	*78/28*	*65/35*
	Multi-species	*Sown in a row*	*9/91*	*64/36*	*83/17*	*88/12*	*76/24*
		Broadcast sowing	*11/89*	*77/23*	*88/12*	*91/9*	*85/15*
Autumn	*One-species*	*Sown in a row*	*76/24*	*77/23*	*73/27*	*70/30*	*55/45*
		Broadcast sowing	*68/32*	*74/26*	*75/25*	*73/27*	*62/38*
	Multi-species	*Sown in a row*	*55/45*	*66/34*	*88/12*	*89/11*	*73/27*
		Broadcast sowing	*56/44*	*74/26*	*89/11*	*93/7*	*88/12*

Note. In monospecific crops: numerator – Agropyron cristatum; denominator – different grass;
in multi-species crops: numerator – Agropyron cristatum + Eutoria ceratoides + Kochia prostrata, denominator – different grass.

Результаты (Results)

Посев был произведен 13 сентября 2015 г. и 28 марта 2016 г.

Исследуя сроки наступления фенологических фаз растений, мы установили их вклад (в зависимости от видовых особенностей) в формирование надземной массы фитоценозов (таблица 1).

По фенологическим спектрам видно, что житняк занимает небольшой период времени для создания поедаемой кормовой массы (март – май), с середины июня растения высыхают и переходят в разряд плохо поедаемых. При этом в зимний период это такой же подножный корм для скота. Кустарник терескен и полукустарничек прутняк, имея одинаковый фенологический спектр, не только почти в два раза дольше набирают кормовую массу, но и круглый год являются источником высокопитательного хорошо поедаемого корма.

Уже ко второму году развития растений было отмечено, что присутствие на кормовых угодьях кустарников и полукустарников создает лучшие условия, чем отава житняка для снегозадержания, а соответственно, и способствует большему накоплению влаги в почве.

По годам исследования мы определяли, как меняется видовой состав опытных агрофитоценозов (таблица 2)

Результаты исследования показали, что если рассматривать изменение видового состава агрофитоценоза по вариантам опыта, то выявляются следующие закономерности:

1) срок посева повлиял только в первый год вегетации, так как осенний срок дал возможность лучше развиться житняку, поскольку терескен и прутняк на всех вариантах весной не взошли, а первые всходы появились только в августе;

2) разбросной способ дал лучшую возможность посеянным растениям заполнить опытные участки;

3) моновидовые (житняковые) фитоценозы лучше развивались в первые два года – до тех пор, пока кустарник терескен и полукустарник прутняк не достигли полного развития, а также самосевом не начали распространяться по опытной территории, увеличивая процент встречаемости;

4) начиная с 4-го года житняк стал выпадать из состава, поскольку в отсутствие выпаса со второго года в июне мы скашивали всю растительную массу с опытных участков на сено, а так как отава житняка в аридных условиях развивается только до фазы кущения (редко – до выхода в трубку), это препятствовало его самообсеменению, а терескен и прутняк к осени снова успевали подрасти и дать полноценные семена.

На пятый год вегетации, когда созрели семена житняка (июль), мы провели обсеменение фитоценозов боронованием всех участков.

Учет урожайности проводился в фазу колошения житняка (таблица 3).

Полученные результаты показали следующее:

1) все варианты созданных аридных пастбищных агрофитоценозов в течение пяти лет были более продуктивными (в среднем в 2–7 раз), чем природное пастбище, дисперсионный анализ показал наличие существенной разницы вариантов опыта в сравнение с контролем ($НСР_{05общ.}$ меньше, чем разность);

2) в первый год разный видовой состав (фактор В) не имел существенного влияния на урожайность фитоценозов, поскольку терескен и прутняк начали всходить только к концу летнего периода;

3) срок посева существенно повлиял на урожайность только в первый год вегетации, поскольку в фитоценозе весеннего посева 80–90 % составляли сорные однолетки (марь белая, овсюг, латук татарский и дикий, щетинники, щирицы) (таблица 2), а на участке осеннего посева – всего 24–45 %, при том, что житняк еще не достиг своего полного развития;

4) продуктивность агроценозов на варианте разбросного способа посева оказалась выше, чем на рядовом, в монопосевах на 57–70 %, в поливидовых – на 63–82 %;

5) урожайность поливидового состава фитоценоза начиная со второго года существенно увеличивалась по всем годам исследования в сравнении с монопосевами (житняк) и на рядовом и на разбросном способе на 1–2 т/га.

На третий год развития агрофитоценозов (срок полного развития многолетних растений) были определены химический состав и питательная ценность кормовой массы (таблица 4).

В результате было выявлено, что используемые для создания кормовых угодий растения являются высокопитательными и превышают в основном по всем показателям естественную растительность полупустынных пастбищ.

На основании данных по питательности и с учетом доли участия каждого компонента в формировании общего урожая были рассчитаны основные кормовые характеристики пастбищных кормов по вариантам опыта (таблица 5).

В результате проведенных расчетов было выявлено:

1) созданные агрофитоценозы по всем вариантам имеют кормовую ценность в 3–10 раз выше естественного пастбища;

2) наличие на пастбище разных видов растений (в том числе и различных жизненных форм) увеличивает сбор кормовых единиц в сравнении с одновидовым пастбищем в 1,5–2 раза;

3) обеспечение протеином пастбищного корма отличалось по вариантам опыта, в том числе большее (0,36–0,39т/га) имело корм с поливидовых пастбищ разбросного способа посева, а меньшее (0,18–0,19 т/га) – с моновидовых рядового способа посева.

Дисперсионный анализ показал наличие существенной разницы вариантов опыта в сравнение с контролем.

Таблица 3

Динамика урожайности (т/га СВ) агрофитоценозов по годам исследования

Варианты опыта			Год вегетации				
Срок посева (фактор А)	**Видовой состав (фактор В)**	**Способ посева (фактор С)**	**1-й**	**2-й**	**3-й**	**4-й**	**5-й**
Весенний	Моновидовой	Рядовой	2,7	2,3	2,4	2,0	1,1
		Разбросной	3,8	3,4	3,7	3,1	1,9
	Поливидовой	Рядовой	2,6	3,3	4,2	3,6	2,4
		Разбросной	4,1	4,4	5,1	4,5	3,3
Осенний	Моновидовой	Рядовой	2,8	2,2	2,3	2,0	1,0
		Разбросной	4,0	3,6	3,9	3,2	1,7
	Поливидовой	Рядовой	3,0	3,8	4,4	4,0	2,5
		Разбросной	3,9	4,6	5,6	5,0	3,8
Естественное пастбище – контроль			1,1	0,9	0,8	0,8	0,5
$НСР_{05}$ общ.			1,11	0,48	0,20	0,32	0,27
$НСР_{05}$ А			0,55	**0,24**	**0,10**	**0,16**	**0,14**
$НСР_{05}$ В			**0,45**	0,20	0,08	0,13	0,11
$НСР_{05}$ С			0,40	0,21	0,07	0,12	0,10

Примечание. Жирным шрифтом выделена несущественная разность.

Table 3

Yield dynamics (t/ha dry matter) of agrophytocenoses by years of study

Experience options			*Vegetation year*				
Sowing time (factor A)	***Species composition (factor B)***	***Sowing method (factor C)***	***1st***	***2nd***	***3rd***	***4th***	***5th***
Spring	*One-species*	*Sown in a row*	*2.7*	*2.3*	*2.4*	*2.0*	*1.1*
		Broadcast sowing	*3.8*	*3.4*	*3.7*	*3.1*	*1.9*
	Multi-species	*Sown in a row*	*2.6*	*3.3*	*4.2*	*3.6*	*2.4*
		Broadcast sowing	*4.1*	*4.4*	*5.1*	*4.5*	*3.3*
Autumn	*One-species*	*Sown in a row*	*2.8*	*2.2*	*2.3*	*2.0*	*1.0*
		Broadcast sowing	*4.0*	*3.6*	*3.9*	*3.2*	*1.7*
	Multi-species	*Sown in a row*	*3.0*	*3.8*	*4.4*	*4.0*	*2.5*
		Broadcast sowing	*3.9*	*4.6*	*5.6*	*5.0*	*3.8*
Natural pasture – control			*1,1*	*0,9*	*1.1*	*0.9*	*0.8*
HCP_{05} general			*1,11*	*0,48*	*1.11*	*0.48*	*0.20*
HCP_{05} A			*0,55*	***0,24***	*0.55*	***0.24***	***0.10***
HCP_{05} B			***0,45***	*0,20*	***0.45***	*0.20*	*0.08*
HCP_{05} C			*0,40*	*0,21*	*0.40*	*0.21*	*0.07*

Note. An insignificant difference is highlighted in bold.

Таблица 4

Химический состав и питательная ценность сухой массы исследуемых многолетних кормовых растений

Показатели	Единица измерения	Терескен	Прутняк	Житняк	Естественная растительность
Содержание сухого вещества	%	91,9 ± 1,0	92,0 ± 1,0	87,8 ± 1,0	94,2 ± 1,0
Массовая доля сырой золы	%	10,1 ± 0,4	11,7 ± 0,5	7,3 ± 0,1	6,1 ± 0,05
Массовая доля сырого протеина (в пересчете на СВ)	%	6,91 ± 0,24	5,2 ± 0,2	7,9 ± 0,34	3,9 ± 0,26
Массовая доля сырой клетчатки (в пересчете на СВ)	%	32,5 ± 2,5	30,6 ± 2,5	34,6 ± 2,3	18,6 ± 2,4
Массовая доля сырого жира (в пересчете на СВ)	%	3,4 ± 0,04	3,1 ± 0,02	3,1 ± 0,40	2,40 ± 0,5
Кормовые единицы в 1 кг	К. ед.	0,70	0,74	0,63	0,52

Table 4

Chemical composition and nutritional value of dry matter of the studied perennial fodder plants

Indicators	*Unit of measurement*	*Eutoria ceratoides*	*Kochia prostrata*	*Agropyron cristatum*	*Natural vegetation*
Dry matter content	*%*	*91.9 ± 1.0*	*92.0 ± 1.0*	*87.8 ± 1.0*	*94.2 ± 1.0*
Mass fraction of crude ash	*%*	*10.1 ± 0.4*	*11.7 ± 0.5*	*7.3 ± 0.1*	*6.1 ± 0.05*
Mass fraction of crude protein (calculated on dry matter)	*%*	*6.91 ± 0.24*	*5.2 ± 0.2*	*7.9 ± 0.34*	*3.9 ± 0.26*
Mass fraction of crude fiber (calculated on dry matter)	*%*	*32.5 ± 2.5*	*30.6 ± 2.5*	*34.6 ± 2.3*	*18.6 ± 2.4*
Mass fraction of crude fat (calculated on dry matter)	*%*	*3.4 ± 0.04*	*3.1 ± 0.02*	*3.1 ± 0.40*	*2.40 ± 0.5*
Feed units in 1 kg	*Feed units*	*0.70*	*0.74*	*0.63*	*0.52*

Таблица 5

Сравнительная характеристика питательной ценности кормовой массы пастбищных кормовых угодий

Варианты опыта			**Кормовые единицы, т/га**	**Сырой протеин, т/га**
Срок посева (фактор А)	**Видовой состав (фактор В)**	**Способ посева (фактор С)**		
Весенний	Моновидовой	Рядовой	1,5	0,19
		Разбросной	2,3	0,29
	Поливидовой	Рядовой	3,0	0,30
		Разбросной	3,7	0,36
Осенний	Моновидовой	Рядовой	1,4	0,18
		Разбросной	2,4	0,31
	Поливидовой	Рядовой	3,1	0,31
		Разбросной	4,1	0,39
Естественное пастбище – контроль			0,4	0,03
$НСР_{05общ.}$			0,36	0,06
$НСР_{05А}$			0,18	0,03
$НСР_{05В}$			0,15	0,02
$НСР_{05С}$			0,14	0,02

Table 5

Comparative characteristics of the nutritional value of the forage mass of pasture forage lands

Experience options			*Feed units, t/ha*	*Crude protein, t/ha*
Sowing time (factor A)	*Species composition (factor B)*	*Sowing method (factor C)*		
Spring	*One-species*	*Sown in a row*	*1.5*	*0.19*
		Broadcast sowing	*2.3*	*0.29*
	Multi-species	*Sown in a row*	*3.0*	*0.30*
		Broadcast sowing	*3.7*	*0.36*
Autumn	*One-species*	*Sown in a row*	*1.4*	*0.18*
		Broadcast sowing	*2.4*	*0.31*
	Multi-species	*Sown in a row*	*3.1*	*0.31*
		Broadcast sowing	*4.1*	*0.39*
Natural pasture – control			*0.4*	*0.03*
$LSD_{05general}$			*0.36*	*0.06*
LSD_{05A}			*0.18*	*0.03*
LSD_{05B}			*0.15*	*0.02*
LSD_{05C}			*0.14*	*0.02*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В полупустынном регионе Северного Прикаспия в современных условиях усиления аридизации климата возможно создание пастбищ или сенокосов на светло-каштановых почвах, имеющих слабощелочную реакцию и низкий уровень плодородия (гумус – 0,68%).

Содержание в почве подвижных форм калия и фосфора в пределах 298 и 28 мг/кг соответственно в период посева многолетних растений было достаточным для формирования урожайности сухого вещества, в 2–7 раз превышающей естественное пастбище.

В первый год вегетации житняка большую часть фитоценоза весеннего срока посева (80–90%) составляли однолетние травы (марь белая, овсюг, латук татарский и дикий, щетинники, щирицы), а при осеннем посеве житняк составил 55–76 %.

Разбросной способ посева оказался более продуктивным (в моновидовых – на 57–70 %, в поливидовых – на 63–82 %), чем рядовой, так как растения получили большую площадь питания и, соответственно, лучше развивались, набирая большую кормовую массу.

Поливидовой состав агрофитоценоза оказался продуктивнее на 1–2 т/га по всем годам исследования, начиная от второго года, по всем вариантам опыта.

Все созданные агрофитоценозы по всем вариантам имели кормовую ценность в 3–10 раз выше естественного пастбища, в том числе наличие на пастбище разных видов растений увеличивало сбор кормовых единиц в сравнении с одновидовым пастбищем в 1,5–2 раза, а разбросной способ посева еще и увеличил обеспечение протеином пастбищного корма на 0,18–0,2 т/га.

Библиографический список

1. Кулик К. Н. Опустынивание в России и агролесомелиорация в борьбе с ним // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВНИАЛМИ. Волгоград, 2011. С. 25–29.
2. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. No. 43(9). Pp. 607–612.
3. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Влияние кустарниковых защитных полос с использованием Тамарикса многоветвистого (Tamarix Ramosissima Led.) полупустынную пастбищную экосистему // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 105–113. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-11.
4. Власенко М. В., Кулик А. К. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов // Аграрная Россия. 2017. № 9. С. 22–29.
5. Дубенок Н. Н., Танюкевич В. В., Хмелева Д. В., Доманина О. И. [и др.] Живой напочвенный покров робиниевых полезащитных лесополос Ростовской области // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 131–137.
6. Кулик К. Н., Салугин А. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 1 (4). С. 5–22.
7. Кулик К. Н., Петров В. И., Рулев А. С., Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5–12. DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00001.
8. Танюкевич В. В., Рулев А. С., Бородычев В. В., Тюрин С. В. [и др.] Продуктивность и природоохранная роль полезащитных лесонасаждений Robinia pseudoacacia L. Прикубанской равнины // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. № 6. С. 88–97.
9. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // Известия НВ АУК. 2021. № 1 (61). С. 14–24. DOI: 10.32786/2071- 9485-2021-01-01.
10. Кулик К. Н., Манаенков А. С., Салугин А. Н., Кузенко А. Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия НВ АУК. 2020. № 1 (57). С. 23–33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.
11. Кулик К. Н., Беляков А. М., Назарова М. В. О методологии формирования агротехнологической политики на современном этапе. Известия НВ АУК. 2019. № 4 (56). С. 72–78. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-8.
12. Van den Pol-Dessaar A., Vellinga T.V., Jonansen A. and Kennedy E. To graze or not to graze, that the question // Grassland Science in Europe. 2008. No. 13. Pp. 706–716.
13. Wilkins R. J. Advantages and disadvantages in using pastures and early-harvested silage in animal production systems // Agricultural University of Norway. 2003. Pp. 1–16.
14. Благовещенский Г. В., Конончук В. В., Соболев С. В. Современное кормопроизводство в Европейском сельском хозяйстве // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 33–47. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-33-47.
15. Santiago C., Martinez-Fernandez A., Jimenez-Carderon J. D., Vicente F. Identification of feeding systems used on dairy herds in Northern Spain: influence on milk performance // 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, 2016. Vol. 21. Pp. 43–48.
16. Тютюма Н. В., Егорова Г. С., Булахтина Г. К. Прием биологической рекультивации деградированных естественных пастбищ в аридной зоне Северного Прикаспия: монография. Волгоград, 2017. 96 с.

17. Кульжанова С. Н., Байдюсен А. А., Ботабекова Б. Т., Жумадилова Н. Б., Кенжегулова С. О. Особенности влияния антропогенных факторов на степные растения и их трансформация // Кормопроизводство. 2017. № 7. С. 7–12.
18. Власенко М. В., Кулик А. К., Салугин А. Н. Оценка экологического состояния и потерь продуктивности аридных пастбищных экосистем Сарпинской низменности // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 4 (81). С. 71–81. DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10075.
19. Докина Н. Н., Мордвинцев М. П. Основные технологические приемы создания и восстановления кормовых угодий на низкопродуктивных пахотных землях засушливой и сухой степи Южного Урала // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 215–228. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-215.
20. Шагаипов М. М., Булахтина Г. К., Пучков М. Ю. Коренное улучшение пастбищных угодий Астраханской области: методические рекомендации. Москва, 2009. 40 с.
21. Кутузова А. А., Привалова К. Н., Георгиади Н. И. Методика эффективного освоения многовариантных технологий улучшения сенокосов и пастбищ в Северном природно-экономическом районе. Москва, 2015. 68 с.
22. Грингоф И. Г., Лынов Ю. С. Методическое пособие по фенологическим наблюдениям. Ленинград, 1991. 201 с.

Об авторах:
Галина Константиновна Булахтина[1], кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом рационального природопользования, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 86136; *+7 927 553-28-22*, *gbulaht@mail.ru*
Юрий Николаевич Подопригоров[1], младший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0073-8702, AuthorID 106178; *+7 927 553-45-66*, *podoprigorov.85@mail.ru*
Андрей Алексеевич Хюпинин[1], младший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4453-308, AuthorID 110323; *+7 927 556-50-92*, *pniiaz@mail.ru*
[1] Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Соленое Займище, Россия

Results of researching different methods of creating fodder areas in arid region of Northern Caspian

G. K. Bulakhtina[1]✉, Yu. N. Podoprigorov[1], A. A. Khyupinin[1]
[1] Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia
✉*E-mail: gbulaht@mail.ru*

Abstract. **Purpose.** The research is aimed at developing methods for creating highly productive and highly nutritious pasture agrophytocenoses, adapted to the extreme conditions of the arid zone of the Northern Caspian region. **Methods.** The paper provides an assessment of the productivity of perennial one-species (*Agropyron*) and poly-species (*Agropyron*, *Eutoria*, *Kochia*) agrophytocenoses for a five-year period of their vegetation, depending on the timing (autumn, spring) and sowing methods (ordinary, scattered). **Results.** These phytocenoses, created in the harsh climatic conditions of the semi-desert on light chestnut soils with a low level of fertility (humus – 0.68 %), starting from the first year, formed the yield 2–7 times higher than the natural pasture. According to the results of the study, it was revealed that a significant role in the creation of arid forage phytocenosis was played by the sowing method and species composition, including the scattered sowing method turned out to be more productive (in monospecific – by 57–70 %, in poly-species – by 63–82 %), the yield of the poly-species composition of the phytocenosis, starting from the second year, increased by 1–2 t/ha for all years of the study in comparison with the monospecific composition both on the row and on the spread method of sowing. **Scientific novelty.** All created agrophytocenoses for all variants had a fodder value 3–10 times higher than the natural pasture, including the presence of different plant species on the pasture increased the collection of fodder units in comparison with a single-species pasture by 1.5–2 times, and the spread method of sowing also increased the provision of pasture fodder with protein by 0.18–0.2 t/ha. Already by the second year of plant development, it was noted that the presence of shrubs and semi-shrubs on the forage lands creates better conditions than the aftermath of the corn crop for snow retention, and, accordingly, contributes to a greater accumulation of moisture in the soil.
Keywords: arid pastures, agrophytocenosis, sowing time, degradation, sowing methods, forage value, productivity.

For citation: Bulakhtina G. K., Podoprigorov Yu. N., Khyupinin A. A. Rezul'taty issledovaniy razlichnykh priemov sozdaniya kormovykh ugodiy v aridnom regione Severnogo Prikaspiya [Results of researching different methods of creating fodder areas in arid region of Northern Caspian] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-2-11. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.03.2021, ***date of review:*** 17.05.2021, ***date of acceptance:*** 24.05.2021.

References

1. Kulik K. N. Opustynivanie v Rossii i agrolesomelioratsiya v bor'be s nim [Desertification in Russia and agroforestry in the fight against it] // Materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 80th anniversary of VNIALMI. Volgograd, 2011. Pp. 25–29. (In Russian.)
2. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. No. 43 (9). Pp. 607–612.
3. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigorov Yu. N. Vliyanie kustarnikovykh zashhitnykh polos s ispol'zovaniem Tamariksa mnogovetvistogo (Tamarix Ramosissima Led.) polupustynnuyu pastbishhnuyu ehkosistemu [Influence of shrub protection belts with the use of Tamarix Ramosissima Led. On a semi-desert pasture ecosystem] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. No. 1 (57). Pp. 105–113. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-11. (In Russian.)
4. Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sovremennoe sostoyanie stepnoj rastitel'nosti Pridonskikh peschanykh massivov [The current state of the steppe vegetation of the Pridonsk sandy massifs] // Agrarian Russia. 2017. No. 9. Pp. 22–29. (In Russian.)
5. Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Khmeleva D. V., Domanina O. I., et al. Live ground cover of Robinia field-protective forest belts of the Rostov region // Scientific life. 2018. No. 12. Pp. 131–137. (In Russian.)
6. Kulik K. N., Salugin A. N. Modelirovanie deflyatsii aridnykh pastbishh s pomoshh'yu markovskikh tsepej [Modeling deflation of arid pastures using Markov chains] // Ecosystems: ecology and dynamics. 2017. No. 1 (4). Pp. 5–22. (In Russian.)
7. Kulik K. N., Petrov V. I., Rulev A. S., Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. K 30-letiyu Generalənoy skhemy po borəbe s opustynivaniem Chernykh zemelə i Kizlyarskikh pastbishch [To the 30th anniversary of the General Scheme to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures] // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 24. No. 1 (74). Pp. 5–12. DOI: 10.24411/1993-3916-2018-00001. (In Russian.)
8. Tanyukevich V. V., Rulev A. S., Borodychev V. V., Tyurin S. V., et al. Produktivnost' i prirodookhrannaya rol' polezashchitnykh lesonasazhdeniy Robinia pseudoacacia L. Prikubanskoy ravniny [Productivity and conservation role of protective forest plantations Robinia pseudoacacia L. Prikubanskaya plain] // Bulletin of Higher Educational Institutions. Russian Forestry Journal. 2020. No. 6. Pp. 88–97. (In Russian.)
9. Borodychev V. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sezonnye izmeneniya kormovoy produktivnosti aridnykh pastbishch [Seasonal changes in forage productivity of arid pastures] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2021. No. 1 (61). Pp. 14–24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01. (In Russian.)
10. Kulik K. N., Manaenkov A. S., Salugin A. N., Kuzenko A. N. K voprosu o sostoyanii zashchitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoy oblasti [On the issue of the state of protective afforestation in the Volgograd region] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2020. No. 1 (57). Pp. 23–33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02. (In Russian.)
11. Kulik K. N., Belyakov A. M., Nazarova M. V. O metodologii formirovaniya agrotekhnologicheskoy politiki na sovremennom etape [On the methodology of the formation of agro-technological policy at the present stage] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex. 2019. No. 4 (56). Pp. 72–78. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-8. (In Russian.)
12. Van den Pol-Dessaar A., Vellinga T.V., Jonansen A. and Kennedy E. To graze or not to graze, that the question // Grassland Science in Europe. 2008. No. 13. Pp. 706–716.
13. Wilkins R. J. Advantages and disadvantages in using pastures and early-harvested silage in animal production systems // Agricultural University of Norway. 2003. Pp. 1–16.
14. Blagoveshchenskiy G. V., Kononchuk V. V., Sobolev S. V. Sovremennoe kormoproizvodstvo v Evropeyskom sel'skom khozyaystve [Modern fodder production in European agriculture] // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019. No. 3. Pp. 33–47. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-33-47. (In Russian.)
15. Santiago C., Martinez-Fernandez A., Jimenez-Carderon J. D., Vicente F. Identification of feeding systems used on dairy herds in Northern Spain: influence on milk performance // 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, 2016. Vol. 21. Pp. 43–48.
16. Tyutyuma N. V., Egorova G. S., Bulakhtina G. K. Priem biologicheskoy rekul'tivatsii degradirovannykh estestvennykh pastbishh v aridnoy zone Severnogo Prikaspiya: monografiya [Reception of biological reclamation of degraded natural pastures in the arid zone of the Northern Caspian region: monograph]. Volgograd: Volgograd GAU, 2017. 96 p. (In Russian,)

17. Kulzhanova S. N. Baydusen A. A., Botabekova B. T., Zhumadilova N. B., Kenzhegulova S. O. Osobennosti vliyaniya antropogennykh faktorov na stepnye rasteniya i ikh transformatsiya [Features of the influence of anthropogenic factors on steppe plants and their transformation] // Fodder production. 2017. No. 7. Pp. 7–12. (In Russian.)
18. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya i poter' produktivnosti aridnykh pastbishhnykh ehkosistem Sarpinskoy nizmennosti [Assessment of the ecological state and productivity losses of arid pasture ecosystems of the Sarpinskaya lowland] // Arid ecosystems. 2019. Vol. 25. No. 4 (81). Pp. 71–81. DOI: 10.24411/1993-3916-2019-10075. (In Russian.)
19. Dokina N. N., Mordvintsev M. P. Osnovnye tekhnologicheskie priemy sozdaniya i vosstanovleniya kormovykh ugodiy na nizkoproduktivnykh pakhotnykh zemlyakh zasushlivoy i sukhoy stepi Yuzhnogo Urala [The main technological methods of creating and restoring forage lands on low-productive arable lands of the arid and dry steppe of the Southern Urals] // Animal husbandry and forage production. 2020. T. 103. No. 3. Pp. 215–228. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-215. (In Russian.)
20. Shagaipov M. M., Bulakhtina G. K., Puchkov M. Yu. Korennoe uluchshenie pastbishhnykh ugodiy Astrakhanskoy oblasti: metodicheskie rekomendatsii [Radical improvement of pastures in the Astrakhan region: methodical recommendations]. Moscow, 2009. 40 p. (In Russian.)
21. Kutuzova A. A., Privalova K. N., Georgiadi N. I. Metodika effektivnogo osvoeniya mnogovariantnykh tekhnologiy uluchsheniya senokosov i pastbishch v Severnom prirodno-ekonomicheskom rayone [Methodology for the effective development of multivariate technologies for improving hayfields and pastures in the Northern natural and economic region]. Moscow, 2015. 68 p. (In Russian.)
22. Gringof I. G., Lynov Yu. S. Metodicheskoe posobie po fenologicheskim nablyudeniyam [Methodological guide to phenological observations]. Leningrad, 1991. 201 p. (In Russian.)

Authors' information:
Galina K. Bulakhtina[1], candidate of agricultural sciences, head of the department of environmental management, ORCID 0000-0001-8949-8666, AuthorID 86136; *+7 927 553-28-22*, *gbulaht@mail.ru*
Yuriy N. Podoprigorov[1], junior researcher, ORCID 0000-0003-0073-8702, AuthorID 106178; *+7 927 553-45-66*, *podoprigorov.85@mail.ru*
Andrey A. Khyupinin[1], junior researcher, ORCID 0000-0003-4453-308, AuthorID 110323; *+7 927 556-50-92*, *pniiaz@mail.ru*
[1] Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zaymishche, Russia

УДК 631.5
Код ВАК 06.01.01
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-12-21

Влияние компоста многоцелевого назначения на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в мелиорированных агроландшафтах

М. В. Рублюк[1]✉, Д. А. Иванов[1], О. В. Карасева[1]
[1] ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Москва, Россия
✉*E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru*

Аннотация. **Целью** исследований является изучение влияния компоста многоцелевого назначения на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур полевого севооборота в мелиорированных агроландшафтах гумидной зоны. **Методы.** Исследования проводили на экспериментальном стационаре Тверской области в 2013–2019 гг. на осушенной дерново-подзолистой глееватой почве. Компост многоцелевого назначения вносили под посев яровой пшеницы в дозе 12 т/га, что составляет $N_{300}P_{180}K_{120}$. В дальнейшем изучалось последействие компоста на свойства почвы и продуктивность культур в севообороте: яровая пшеница – яровой рапс (на сидерат) – озимая рожь – овес с подсевом трав – травосмесь 1–3 года пользования. Зернотравяной севооборот был развернут во времени. **Результаты.** Установлено, что уровень подвижного фосфора увеличился на 7,4–23 %, обменного калия – на 6,8–26,5 %. На участках с низким содержанием элементов питания увеличивалось накопление подвижного фосфора (в элювиально-транзитном варианте северного склона) и обменного калия (в транзитном северного склона) на 23,6 и 26,5 % соответственно. На вариантах опыта с высоким содержанием питательных элементов их содержание за семь лет несколько снижалось. Количество легкогидролизуемого азота за ротацию севооборота снижалось на 13,4–57,2 %. Содержание органического вещества увеличилось на 6,7–11,9 % (отн.). Кислотность почвы (pH_{KCl}) за ротацию севооборота повышалась на 0,03–0,23 ед. Наибольшее подкисление почвенного раствора отмечено в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона (на 0,23 ед.). Установлено, что применение компоста многоцелевого назначения способствовало увеличению урожайности культур в среднем за ротацию на 1,6–13,2 ц/га кормовых единиц. Максимальная прибавка урожая (44 %) получена в элювиально-транзитном и транзитном вариантах южного склона. **Научная новизна.** Установлена зависимость агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур от применения компоста многоцелевого назначения в отдельных агромикроландшафтах.

Ключевые слова: агромикроландшафт, склон, компост многоцелевого назначения, почва, агрохимические показатели, ротация севооборота, коэффициент вариации, продуктивность культур.

Для цитирования: Рублюк М. В., Иванов Д. А., Карасева О. В. Влияние компоста многоцелевого назначения на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в мелиорированных агроландшафтах // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-12-21.

Дата поступления статьи: 12.04.2021, ***дата рецензирования:*** 13.05.2021, ***дата принятия:*** 21.05.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В современных условиях ведение сельского хозяйства должно выполняться на основе технологий точного земледелия, где основополагающим принципом является адаптивность к внутрипочвенной вариабельности почвенного плодородия, учет которой с агрохимической точки зрения является наиболее затратным вопросом [1, с. 145]. Исследования по накоплению знаний о поле и выделении на этой основе контуров (элементарных участков) составляет основу почвоадаптивного применения агрохимических средств [2, с. 61], [3, с. 340]. В современной литературе имеется много информации о неоднородности распределения элементов питания по полю [4, с. 450], [5, с. 4], [6, с. 30], что является основополагающим для дифференцированного применения удобрений. Применяемые удобрения оказывают комплексное действие на плодородие и свойства почвы: подкисляют или подщелачивают почву [7, с. 425]; изменяют ее агрохимические свойства [8, с. 20], [9, с. 36], [10, с. 20], [11, с. 17]; влияют на биологическую и ферментативную активность почвы; усиливают минерализацию или синтез гумуса и др. [5, с. 4], [12, с. 37], [13, с. 23], [14, с. 27]. Исследования эффективности применения

© Рублюк М. В., Иванов Д. А., Карасева О. В., 2021

удобрений в конкретных почвенно-климатических и ландшафтных условиях при разной степени окультуренности почвы имеют первостепенное значение для оптимизации доз удобрений. В современный период важны нетрадиционные удобрения, значимое место среди которых занимают продукты биоконверсии органического сырья. Одним из таких удобрений является компост многоцелевого назначения (КМН), который производится методом аэробной твердофазной ферментации из навоза, птичьего помета и других субстратов в биоферментерах на базе ВНИИМЗ.

Целью исследований является изучение влияния компоста многоцелевого назначения на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур полевого севооборота в мелиорированных агроландшафтов гумидной зоны.

Методология и методы исследований (Methods)

Для оценки влияния компоста многоцелевого назначения (КМН) на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность возделываемых культур в 2013 г. был заложен эксперимент. Удобрение вносили весной под предпосевную культивацию яровой пшеницы в дозе 12 т/га, что составляет $N_{300}P_{180}K_{120}$. В дальнейшем изучалось последействие КМН в зернотравяном севообороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница – яровой рапс (на сидерат) – озимая рожь – овес с подсевом трав – травосмеси 1–3 года пользования.

Вариантами опыта являются агромикроландшафты (АМЛ), которые занимают вершину холма, склоны (южный и северный) и межхолмные депрессии (понижение склонов):

1) Т-Аю. – транзитно-аккумулятивный АМЛ южного склона;

2) Тю – транзитный АМЛ южного склона;

3) Э-Тю – элювиально-транзитный АМЛ южного склона;

4) Э-А – элювиально-аккумулятивный АМЛ (вершина холма);

5) Э-Тс – элювиально-транзитный АМЛ северного склона;

6) Тс – транзитный АМЛ северного склона;

7) Т-Ас – транзитно-аккумулятивный АМЛ северного склона.

Транзитно-аккумулятивные АМЛ, расположенные в нижних частях склонов и в межхолмных депрессиях, характеризуются преобладанием в почвенном профиле процессов латерального (бокового) переноса вещества током влаги и ее частичной аккумуляцией из намывных и грунтовых вод. Транзитные микроландшафты занимают центральные части склонов, в них господствует боковой ток влаги, что нередко приводит к активизации здесь эрозионных процессов. Элювиально-транзитные геокомплексы развиваются в верхних частях склонов под воздействием латерального тока влаги и вертикального промывания ею почвенной толщи. На вершине холма преобладает элювиально-аккумулятивный АМЛ – местоположение, где господствует вертикальное промывание почв дождевыми осадками и наблюдается также их частичная аккумуляция в микропонижениях.

Почва объекта исследований дерново-сильноподзолистая остаточно-карбонатная глееватая на морене. Гранулометрический состав вариантов южного склона и вершины – супесчаный, северного склона – легкосуглинистый. Опытный участок осушен закрытым гончарным дренажем, глубина залегания дрен – 1 м. Расстояние между дренами в элювиальных вариантах составляет 40 м, в транзитных и транзитно-аккумулятивных – соответственно 30 и 20 м. В пределах опытного участка выделено 30 одинаковых делянок (точки опробования), в которых ведутся наблюдения за показателями почвенного покрова и растениями. Учетная площадь делянки – 288 м^2, повторность четырехкратная.

Агрохимические показатели почвы определяли по общепринятой методике в сертифицированной лаборатории ВНИИМЗ. Пробы почвы отбирали в центре учетной делянки из пахотного горизонта [15, с. 7]. Изучали каждую делянку с привязкой к конкретному месту взятия пробы. Математическая обработка полученных результатов исследований была выполнена методами описательной статистики, а также дисперсионным и корреляционным анализом, с использованием программ – STATGRAFICS+, EXCEL 2007.

Результаты (Results)

Продуктивность культур напрямую зависит от обеспеченности почвы элементами питания. Изучение свойств дерново-подзолистой почвы в агроландшафте Нечерноземной зоны проводились по основным элементам питания: обменной кислотности почвы, органическому веществу, легкогидролизуемому азоту, подвижному фосфору и обменному калию.

Как видно из таблицы 1, плодородие почвы перед закладкой опыта характеризовалось высокой и средней степенью обеспеченности подвижным фосфором, средней и низкой – обменным калием. Почва имела кислую и слабокислую реакцию. Содержание органического вещества находилось на уровне 1,13–2,96 %. Вместе с тем, как видно на рис. 1, колебания агрохимических показателей по вариантам опыта были существенны. Так, значения кислотности почвы находились в пределах 4,40 и 6,35 ед., легкогидролизуемого азота – 21 и 84 мг/кг, подвижного фосфора – 78 и 430 мг/кг, обменного калия – 57 и 200 мг/кг почвы.

В пределах объекта исследований выделяются зоны с повышенным содержанием элементов питания. На склоне южной экспозиции наблюдалось высокое содержание подвижного фосфора и обменного калия. Это объясняется влиянием как ландшафта (уклон составляет 5°), где питательные вещества перемещались на склоне в результате эрозии, так и хозяйственной деятельностью человека, а именно внесением высоких доз удобрений в прошлые годы.

В таблице 2 представлены коэффициенты вариации основных агрохимических показателей в пределах опытных делянок. Наибольшая вариабельность показателей почвенного плодородия в пределах вариантов наблюдалась по содержанию в почве легкогидролизуемого азота. Максимальный ее показатель отмечен в транзитных вариантах северного склона (V = 31,6…42,6 %).

© Rublyuk M. V., Ivanov D. A., Karaseva O. V., 2021

Таблица 1

Характеристика исходного уровня плодородия почвы в изучаемых агромикроландшафтах (2013 г., перед посевом яровой пшеницы)

Варианты АМЛ	pH_{KCl}	Содержание в почве			
		Органическое вещество, %	$N_{легкогидрол.}$	P_2O_5	K_2O
			мг/кг		
1. Т-Аю	5,08	1,13	31,5	398	140
2. Тю	5,56	2,01	30,4	419	147
3. Э-Тю	5,51	2,53	30,5	150	162
4. Э-А	4,93	1,99	46,6	187	88
5. Э-Тс	4,74	2,51	61,2	78	57
6.Т с	5,70	2,68	67,1	163	75
7. Т-Ас	5,68	2,96	51,6	164	73
Среднее	5,16	2,26	45,7	222	106
$НСР_{05}$	0,56	0,43	19,6	97,1	27,2

Table 1

Characteristics of the initial level of soil fertility in the studied agromicrolandscapes (2013, before sowing spring wheat)

Variants of agromicrolandscapes	pH_{KCl}	*Content in soil*			
		Organic matter,%	$N_{easily\ hydrolyzable}$	P_2O_5	K_2O
			mg/kg		
1. Transit-accumulative southern slope	*5.08*	*1.13*	*31.5*	*398*	*140*
2. Transit-southern slope	*5.56*	*2.01*	*30.4*	*419*	*147*
3. Eluvial-transit southern slope	*5.51*	*2.53*	*30.5*	*150*	*162*
4. Eluvial-accumulative	*4.93*	*1.99*	*46.6*	*187*	*88*
5. Eluvial-transit northern slope	*4.74*	*2.51*	*61.2*	*78*	*57*
6. Transit northern slope	*5.70*	*2.68*	*67.1*	*163*	*75*
7. Transit-accumulative northern slope	*5.68*	*2.96*	*51.6*	*164*	*73*
Average	*5.16*	*2.26*	*45.7*	*222*	*106*
LSD_{05}	*0.56*	*0.43*	*19.6*	*97.1*	*27.2*

Таблица 2

Коэффициенты вариации основных агрохимических показателей по вариантам опыта, %

Варианты АМЛ	Коэффициенты вариации				
	pH_{KCl}	Органическое вещество, %	$N_{легкогидрол.}$	P_2O_5	K_2O
Коэффициенты вариации в начале ротации					
1. Т-Аю	3,45	7,5	12,1	8,80	8,60
2. Тю	9,49	12,3	23,2	9,02	8,26
3. Э-Тю	8,01	14,9	15,1	6,67	25,6
4. Э-А	5,64	12,4	5,34	25,9	3,74
5. Э-Тс	5,22	25,8	8,75	2,80	10,1
6. Тс	7,02	5,8	42,6	16,4	20,0
7. Т-Ас	7,72	17,1	31,6	12,8	11,9
Коэффициенты вариации в конце ротации					
1. Т-Аю	7,07	8,0	8,11	7,01	11,1
2. Тю	9,36	7,8	32,4	11,5	21,8
3. Э-Тю	12,1	5,5	10,9	19,4	24,7
4. Э-А	2,89	5,0	4,41	12,6	12,4
5. Э-Тс	4,15	10,0	6,67	7,79	14,9
6. Тс	6,61	7,3	11,4	16,1	5,49
7. Т-Ас	13,0	5,0	21,7	28,4	7,80

Table 2

Coefficients of variation of the main agrochemical indicators by variants of the experiment, %

Variants of agromicrolandscapes	*Coefficients of variation*				
	pH_{KCl}	*Organic matter, %*	*$N_{easily\ hydrolyzable}$*	*P_2O_5*	*K_2O*
Variation coefficients at the start of rotation					
1. Transit-accumulative southern slope	*3.45*	*7.5*	*12.1*	*8.80*	*8.60*
2. Transit-southern slope	*9.49*	*12.3*	*23.2*	*9.02*	*8.26*
3. Eluvial-transit southern slope	*8.01*	*14.9*	*15.1*	*6.67*	*25.6*
4. Eluvial-accumulative	*5.64*	*12.4*	*5.34*	*25.9*	*3.74*
5. Eluvial-transit northern slope	*5.22*	*25.8*	*8.75*	*2.80*	*10.1*
6. Transit northern slope	*7.02*	*5.8*	*42.6*	*16.4*	*20.0*
7. Transit-accumulative northern slope	*7.72*	*17.1*	*31.6*	*12.8*	*11.9*
Variation coefficients at the end of the rotation					
1. Transit-accumulative southern slope	*7.07*	*8.0*	*8.11*	*7.01*	*11.1*
2. Transit-southern slope	*9.36*	*7.8*	*32.4*	*11.5*	*21.8*
3. Eluvial-transit southern slope	*12.1*	*5.5*	*10.9*	*19.4*	*24.7*
4. Eluvial-accumulative	*2.89*	*5.0*	*4.41*	*12.6*	*12.4*
5. Eluvial-transit northern slope	*4.15*	*10.0*	*6.67*	*7.79*	*14.9*
6. Transit northern slope	*6.61*	*7.3*	*11.4*	*16.1*	*5.49*
7. Transit-accumulative northern slope	*13.0*	*5.0*	*21.7*	*28.4*	*7.80*

Рис. 1. Распределение основных элементов питания на опытном стационаре перед закладкой эксперимента (2013 г.)

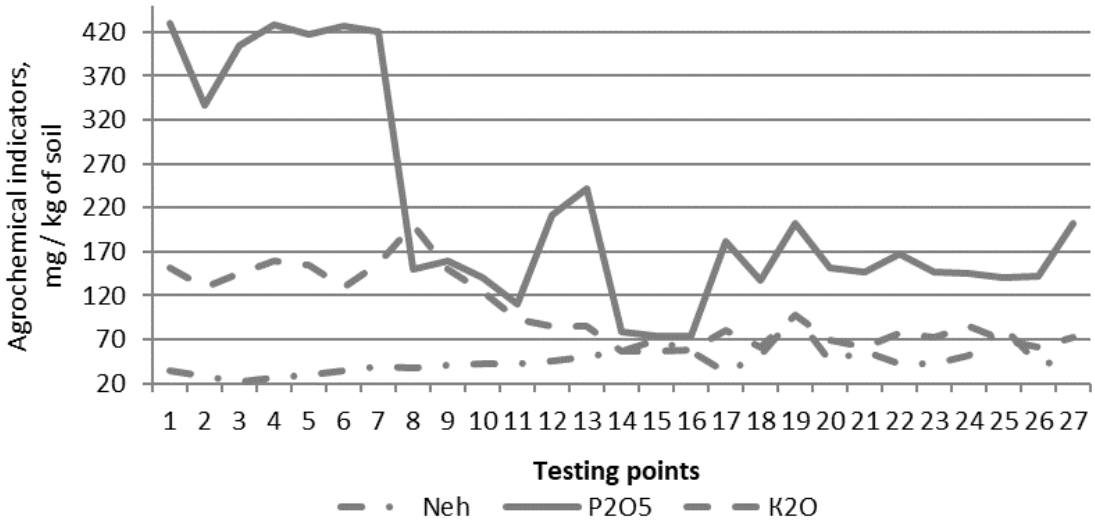


Fig. 1. Distribution of the main nutrients in the experimental area before the start of the experiment (2013)

Наименьшей изменчивостью отличались делянки по кислотности почвы (V = 3,45…9,49 %). Среднее значение коэффициента вариации наблюдалось по органическому веществу почвы (V = 12,3 – 17,2%). По фосфору и калию в транзитных вариантах северного склона (Т-Ас и Тс) вариабельность была средней и составила соответственно 12,8–16,4 и 11,9–20 %. Высокая вариабельность показателей наблюдалась в элювиальных вариантах (по подвижному фосфору – на вершине холма (Э-А), по обменному калию – Э-Тю) и составила соответственно 25,9 и 25,6 %.

Таким образом, наиболее высокой изменчивостью показателей почвенного плодородия перед закладкой опыта характеризовались элювиальные варианты: элювиально-аккумулятивный – по подвижному фосфору (25,9 %); элювиально-транзитный южного склона – по обменному калию (25,6 %); элювиально-транзитный северного склона – по гумусу (25,8 %), а также транзитные АМЛ – по легкогидролизуемому азоту (31,6–425,6 %).

На рис. 1 показано распределение основных элементов питания по точкам опробования опытного стационара. Максимальное накопление подвижного фосфора отмечено на южном склоне – 398–419 мг/кг. В элювиальных вариантах и на северном склоне его количество снижалось. Минимальный его показатель отмечен в элювиально-транзитном варианте северного склона – 78 мг/кг.

Отмечено увеличение содержания обменного калия в почве элювиально-транзитного варианта южного склона до 162 мг/кг. На вершине и на вариантах северного склона его количество существенно снижалось. Наиболее низкое количество калия (57 мг/кг) зафиксировано в элювиально-транзитном варианте северного склона. Перед закладкой опыта более высокое накопление легкогидролизуемого азота наблюдалось на вариантах северного склона – в транзитном варианте этот показатель был максимальный – 67,1 мг/кг. На всех вариантах южного склона накопление азота в почве снижалось до 30,4–31,5 мг/кг.

Таблица 3

Агрохимические показатели почвы в конце ротации полевого севооборота в зависимости от изучаемых агромикроландшафтов (2019 г.)

Варианты АМЛ	pH_{KCl}	Содержание в почве			
		Органическое вещество, %	$N_{легкогидрол.}$	P_2O_5	K_2O
			мг/кг		
1. Т-Аю	5,11	1,21	18,9	395	166
2. Тю	5,53	2,25	26,3	459	157
3. Э-Тю	5,45	25,70	25,2	164	161
4. Э-А	4,76	2,20	23,3	201	113
5. Э-Тс	4,59	2,70	30,1	97,0	65,0
6. Тс	5,51	2,85	28,7	178	93,0
7. Т-Ас	5,45	3,27	37,3	175	84,0
Среднее	5,20	2,45	27,1	238	120
$НСР_{05}$	Различия незначительны	0,32	7,29	72,3	38,8

Table 3

Agrochemical parameters of the soil at the end of the rotation of the field crop rotation depending on the studied agromicrolandscapes (2019)

Variants of agromicrolandscapes	pH_{KCl}	*Content in soil*			
		Organic matter,%	$N_{easily\ hydrolyzable}$	P_2O_5	K_2O
			mg/kg		
1. Transit-accumulative southern slope	*5.11*	*1.21*	*18.9*	*395*	*166*
2. Transit-southern slope	*5.53*	*2.25*	*26.3*	*459*	*157*
3. Eluvial-transit southern slope	*5.45*	*25.70*	*25.2*	*164*	*161*
4. Eluvial-accumulative	*4.76*	*2.20*	*23.3*	*201*	*113*
5. Eluvial-transit northern slope	*4.59*	*2.70*	*30.1*	*97.0*	*65.0*
6. Transit northern slope	*5.51*	*2.85*	*28.7*	*178*	*93.0*
7. Transit-accumulative northern slope	*5.45*	*3.27*	*37.3*	*175*	*84.0*
Average	*5.20*	*2.45*	*27.1*	*238*	*120*
LSD_{05}	*Insignificant differences*	*0.32*	*7.29*	*72.3*	*38.8*

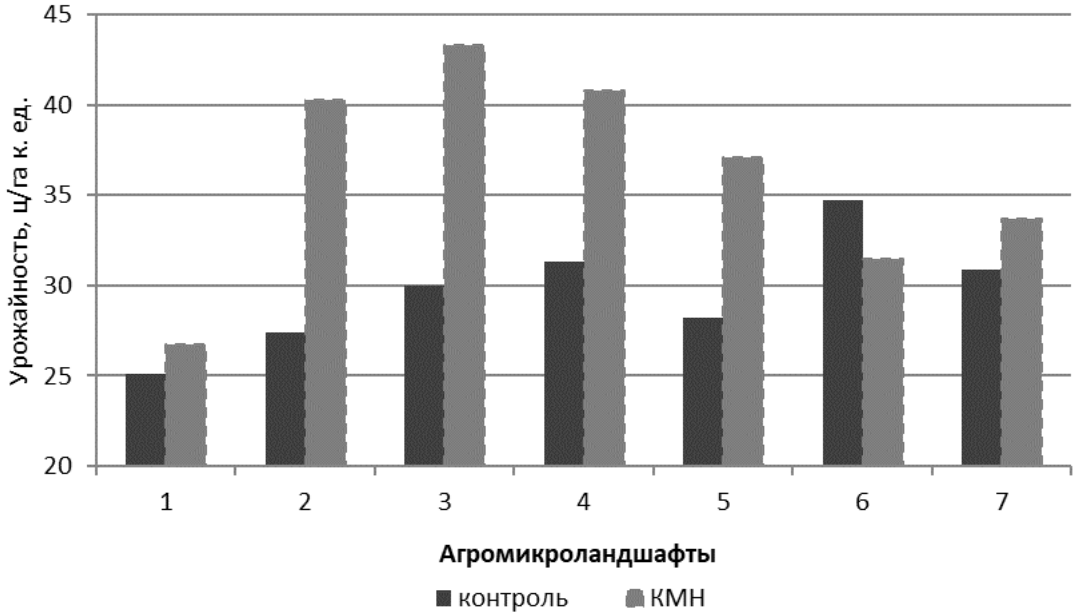


Рис. 2. Влияние компоста на продуктивность культур за ротацию севооборота в агромикроландшафтах (среднее за 2013–2019 гг.):
варианты АМЛ: 1 – транзитно-аккумулятивный южного склона, 2 – транзитный южного склона, 3 – элювиально-транзитный южного склона, 4 – элювиально-аккумулятивный, 5 – элювиально-транзитный северного склона, 6 – транзитный северного склона, 7 – транзитно-аккумулятивный северного склона

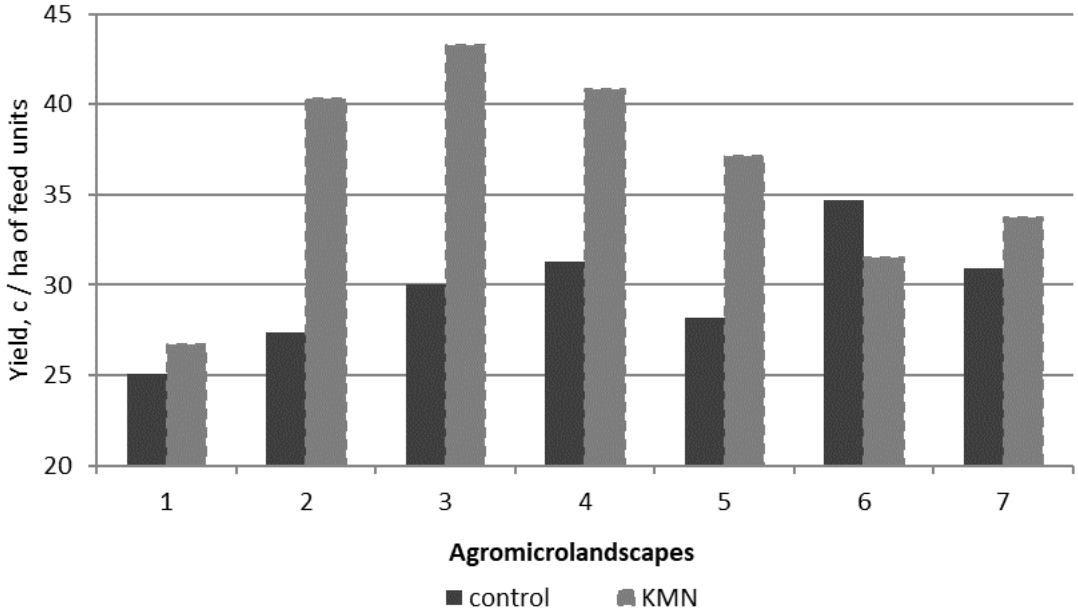


Fig. 2. Influence of compost on crop productivity during rotation of crop rotation in agromicrolandscapes (average for 2013–2019):
variants of agromicrolandscapes: 1 – transit-accumulative southern slope, 2 – transit-southern slope, 3 – eluvial-transit southern slope, 4 – eluvial-accumulative, 5 – eluvial-transit northern slope, 6 – transit northern slope, 7 – transit-accumulative northern slope

Применение компоста многоцелевого назначения в дозе 12 т/га под яровую пшеницу в полевом севообороте оказало неоднозначное влияние на плодородие дерново-подзолистой почвы. Результаты агрохимического обследования почвы опытного стационара в конце ротации севооборота представлены в таблице 3.

Установлено, что за ротацию севооборота содержание в пахотном слое почвы подвижного фосфора и обменного калия возросло на 7,4–23,0 и 6,8–26,5 % соответственно. Наибольшее увеличение этих показателей отмечено на вариантах северного склона. Увеличение подвижного фосфора здесь было максимальным в элювиально-транзитном варианте (Э-Тс), а обменного калия – в транзитном АМЛ (Тс) и составило соответственно 23,6 и 26,5 %. Содержание подвижного фосфора в Т-Аю и обменного калия в Э-Тю практически не изменилось и составило соответственно 395 и 161 мг/кг. По содержанию легкоги-

дролизуемого азота отмечено его снижение на всех вариантах опыта. За ротацию севооборота снижение легкогидролизуемого азота составило 13,4–57,2 %. Количество азота в почве максимально снижалось на вариантах северного склона (Тс и Э-Тс) и на вершине. Снижение азота в почве связано не только с выносом его с урожаем, но и с влажностью почвы, содержанием гумуса и интенсивностью прохождения микробиологических процессов.

По органическому веществу по всем вариантам опыта за семь лет произошло повышение на 6,7–11,9 % (отн.). Наибольшее увеличение органического вещества наблюдалось в транзитном варианте южного склона (11,9 %). В данном варианте сложились лучшие условия для гумификации растительных остатков. Следует отметить, что в экспериментальном севообороте три поля занимают травы и вследствие минерализации большого количества растительных остатков и произошло повышение органического вещества в почве.

Кислотность почвы (pH_{KCl}) за ротацию севооборота повышалась на 0,03–0,23 ед. Наибольшее подкисление реакции почвенного раствора отмечено в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона (на 4,22 %). В понижении южного склона (Т-Аю) отмечено снижение кислотности почвы на 0,03 ед.

Использование органических удобрений в севообороте с насыщением травами (42 %) способствовало снижению пестроты содержания органического вещества в почве по вариантам опыта. Вариабельность органического вещества за семь лет снизилась на вариантах северного склона (Т-Ас и Э-Тс) на 12,1–15,4 % соответственно (таблица 2). На вариантах южного склона снижение вариабельности составило 4,5–9,4 %, а в понижении южного склона вариабельность показателя практически не изменилась. По минеральному азоту наблюдалось снижение его вариабельности на 52,1–31,5 %. Наибольшее ее снижение отмечено в транзитном варианте северного склона – 31,5 %. На вершине вариабельность азота практически не изменялась, а на южном склоне (Тю) даже несколько возрастала (на 9 %).

Вариабельность подвижного фосфора за ротацию севооборота увеличилась в пределах плоской вершины (Э-Тю) и в нижней части северного склона (в Т-Ас) на 12,8–15,6 %. По обменному калию отмечено существенное увеличение вариабельности его содержания на склонах (Тю и Тс) на 13,6–15 % соответственно. По другим вариантам различия были несущественными. Пространственная вариабельность показателей кислотности почвы за ротацию севооборота увеличилась в пределах плоской вершины (Э-Тю) и в нижней трети северного склона (Т-Ас) на 4,09–5,35 соответственно. Характер пространственного распределения элементов питания, особенно подвижного фосфора и обменного калия, за семь лет исследований изменился незначительно: наблюдалась тенденция к увеличению пестроты, особенно на вариантах северного склона. Отмечено более равномерное распределение содержания легкогидролизуемого азота по делянкам опыта.

Применение компоста многоцелевого назначения под яровую пшеницу способствовало достоверному увеличению урожайности возделываемых культур ($НСР_{05}$ = 5,46 ц). В среднем за ротацию севооборота урожайность культур в опыте с КМН составила 26,7–43,2 ц/га кормовых единиц (рис. 2). Продуктивность возделываемых культур по сравнению с контрольным вариантом существенно возрастала (на 8,9–13,2 ц/га кормовых единиц) в элювиальных вариантах и в транзите южного склона.

Наибольшая прибавка урожая от внесения компоста получена на вариантах южного склона (Э-Тю и Тю) и составила 13,2 ц/га. В нижних частях склонов (Т-Аю и Т-Ас) рост урожайности был несущественным, а в транзите северного склона урожайность была ниже контрольного варианта.

Таким образом, применение компоста многоцелевого назначения под яровую пшеницу в норме 12 т/га в полевом севообороте способствовало увеличению урожайности культур в среднем за ротацию на 1,6–13,2 ц/га кормовых единиц. Максимальная прибавка урожая (13,2 ц/га кормовых единиц) получена на вариантах южного склона (Э-Тю и Тю).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение компоста многоцелевого назначения под посев яровой пшеницы в семипольном севообороте оказало неоднозначное влияние на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы. Уровень подвижного фосфора за ротацию севооборота увеличился на 7,4–23 %, обменного калия – на 6,8–26,5 %. На участках с низким содержанием элементов питания увеличивалось накопление подвижного фосфора (Э-Тс) и обменного калия (Тс) – на 23,6 и 26,5 % соответственно. На вариантах опыта с высоким содержанием питательных элементов их содержание за ротацию несколько снизилось. Содержание легкогидролизуемого азота за ротацию севооборота снижалось на 13,4–57,2 %. Количество азота в почве максимально уменьшилось на вариантах северного склона (Тс и Э-Тс) и на вершине. По всем вариантам опыта за семь лет произошло повышение содержания органического вещества на 6,7–11,9 процентных пунктов. Наибольшее увеличение содержания органического вещества наблюдалось в транзитном варианте южного склона (11,9 %). Кислотность почвы (pH_{KCl}) за ротацию севооборота повысилась на 0,03–0,23 ед. Наибольшее подкисление реакции почвенного раствора отмечено в транзитно-аккумулятивном варианте северного склона (на 0,23 ед.). В транзитно-аккумулятивном варианте южного склона кислотность почвы несколько снизилась (на 0,03 ед.). Применение компоста многоцелевого назначения под яровую пшеницу в норме 12 т/га в полевом севообороте способствовало увеличению урожайности культур в среднем за ротацию на 1,6–13,2 ц/га кормовых единиц. Максимальная прибавка урожая (44 %) получена в элювиально-транзитном и транзитном вариантах южного склона.

Библиографический список

1. Артемьев А. А., Гурьянов А. М. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием дифференцированного применения минеральных удобрений // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Том 20. № 2. С. 144–151. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152.
2. Шемняков Д. В., Налиухин А. Н. Изменение внутриполевой вариабельности показателей пахотных почв и определение потребности в удобрениях // Молочнохозяйственный вестник. 2015. № 2. С. 55–62.
3. Gopp N. V., Savenkov O. A. Relationships between the NDVI, yield of spring wheat, and properties of the plow horizon of eluviated clay-illuvial chernozems and dark gray soils // Eurasian soil science. 2019. Vol. 52. No. 3. Pp. 339–347. DOI: 10.1134/S1064229319030050.
4. Bulgakov D. S., Rukhovich D. I., Shishkonakova E. A., et al. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. No. 4. Pp. 448–459. DOI: 10.1134/S1064229318040038.
5. Семенова Е. А., Афанасьев Р. А. Эффективность применения удобрений под яровую пшеницу в условиях Уральского региона // Плодородие. 2018. № 6. С. 2–4. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.01.
6. Рублюк М. В., Иванов Д. А. Мониторинг агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы мелиорированных агроландшафтов // Плодородие. 2019. № 2. С. 28–30. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.09.
7. Merzlaya H. Ye. Agrocenosis stability during long-term application of fertilizers on soddy-podzolic soil // Eurasian Soil Science. 2021. No. 54. Pp. 424–430. DOI: 10.1134/S1064229321030121.
8. Чеботарев Н. Г., Шергина Н. Н. влияние многолетнего комплексного применения удобрений на плодородие и продуктивность дерново-подзолистой почвы евро-северо-востока // Плодородие. 2020. № 4. С. 17–21. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.05.
9. Кириллова Е. В., Копылов А. Л. Влияние различных систем удобрений на изменение агрохимических свойств почвы // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4 (158). С. 31–36.
10. Пронько В. В., Ярошенко Т. М., Климова Н. Ф., Журавлев Д. Ю. Влияние минеральных удобрений и погодных условий на вынос элементов питания зерновыми культурами в степи Поволжья // Плодородие. 2020. № 2. С. 17–20. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.05.
11. Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А. Эффективность последействия минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистой почве // Плодородие. 2019. № 1. С. 15–17. DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.04.
12. Шаповалова Н. Н., Шустикова Е. П. Питательный режим обыкновенного чернозема в последействии длительного применения фосфорных удобрений // Плодородие. 2017. № 2. С. 34–37.
13. Золкина Е. Н. Влияние длительного применения удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур // Плодородие. 2019. № 5. С. 20-–23. DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.06.
14. Мельцаев И. Г., Эседуллаев С. Т. Влияние органических удобрений и способов его заделки на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в верхневолжском регионе // Плодородие. 2019. № 3. С. 25–29. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.08.
15. Сычев В. Г., Афанасьев Р. А., Личман Г. И., Марченко Н. М. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений. Москва, 2007. 36 с.

Об авторах:

Мария Владимировна Рублюк[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-5319-2614, AuthorID 423052; *+7 903 807-50-40*, *maria.rubluk@mail.ru*

Дмитрий Анатольевич Иванов[1], доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, профессор, главный научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2588-272X, AuthorID 110044; *+7 920 693-27-57*, *volok123@gvail.com*

Ольга Васильевна Карасева[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8377-6386, AuthorID 695485; *+7 915 726-68-82*, *olga.karaseva.vniimz@mail.ru*

[1] ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Москва, Россия

Influence of multipurpose compost on agrochemical indicators of sod-podzolic soil and crop productivity in reclaimed agricultural landscapes

M. V. Rublyuk[1]✉, D. A. Ivanov[1], O. V. Karaseva[1]

[1] Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

✉*E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru*

Abstract. **The aim** of the research is to study the effect of multipurpose compost on the agrochemical indicators of sod-podzolic soil and the productivity of field crop rotation in reclaimed agricultural landscapes of the humid zone. **Methodology and methods of research**. The studies were carried out at an experimental area in the Tver region in

2013–2019 on a drained soddy-podzolic gley soil. Multipurpose compost was applied for sowing spring wheat at a dose of 12 t/ha, which is $N_{300}P_{180}K_{120}$. Subsequently, the aftereffect of compost on soil properties and crop productivity in the crop rotation was studied: spring wheat – spring rapeseed (for green manure) – winter rye - oats with oversowing of grasses – a mixture of 1–3 years of use. Grain crop rotation was deployed in time. **Results.** It was found that the level of mobile phosphorus increased by 7.4–23 %, exchangeable potassium – by 6.8–26.5 %. In areas with a low content of nutrients, the accumulation of mobile phosphorus (in the eluvial-transit variant of the northern slope) and exchangeable potassium (in the transit northern slope) increased by 23.6 and 26.5 %, respectively. On variants of the experiment with a high content of nutrients, their content decreased slightly over seven years. The amount of easily hydrolyzable nitrogen during the rotation of the crop rotation decreased by 13.4–57.2 %. The content of organic matter increased by 6.7–11.9 % (rel.). Soil acidity (pHKCl) during the rotation of the crop rotation increased by 0.03–0.23 units. The greatest acidification of the soil solution was noted in the transit-accumulative variant of the northern slope (by 0.23 units). It was found that the use of multipurpose compost contributed to an increase in crop yield on average per rotation by 1.6–13.2 c/ha of feed units. The maximum yield increase (44%) was obtained in the eluvial-transit and transit variants of the southern slope. **Scientific novelty.** The dependence of agrochemical indicators of sod-podzolic soil and crop productivity on the use of multipurpose compost in individual agromicrolandscapes has been established.

Keywords: agromicrolandscape, slope, multipurpose compost, soil, agrochemical indicators, crop rotation, coefficient of variation, crop productivity.

For citation: Rublyuk M. V., Ivanov D. A., Karaseva O. V. Vliyanie komposta mnogotselevogo naznacheniya na agrokhimicheskie pokazateli dernovo-podzolistoy pochvy i produktivnost' kul'tur v meliorirovannykh agrolandshaftakh [Influence of multipurpose compost on agrochemical indicators of sod-podzolic soil and crop productivity in reclaimed agricultural landscapes] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-12-21. (In Russian.)

Date of paper submission: 12.04.2021, ***date of review:*** 13.05.2021, ***date of acceptance:*** 21.05.2021.

References

1. Artem'ev A. A., Gur'yanov A. M. Izmenenie agrokhimicheskikh pokazateley chernozema vyshchelochennogo pod vliyaniem differentsirovannogo primeneniya mineral'nykh udobreniy [Changes in agrochemical parameters of leached chernozem under the influence of differentiated use of minerals] // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. Vol. 20. No. 2. Pp. 144–151. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152. (In Russian.)

2. Shemnyakov D. V., Naliukhin A. N. Izmenenie vnutripolevoy variabel'nosti pokazateley pakhotnykh pochv i opredelenie potrebnosti v udobreniyakh [Studying the variability of agrochemical parameters of arable soils within the field and defining the need for fertilizers and land improvers in precision agriculture techniques] // Molochnokhozyaystvenny vestnik. 2015. No. 2. Pp. 55–62. (In Russian.)

3. Gopp N. V., Savenkov O. A. Relationships between the NDVI, yield of spring wheat, and properties of the plow horizon of eluviated clay-illuvial chernozems and dark gray soils // Eurasian soil science. 2019. Vol. 52. No. 3. Pp. 339–347. DOI: 10.1134/S1064229319030050.

4. Bulgakov D. S., Rukhovich D. I., Shishkonakova E. A., et al. The application of the soil-agroclimatic index for assessing the agronomic potential of arable lands in the forest-steppe zone of Russia // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. No. 4. Pp. 448–459. DOI: 10.1134/S1064229318040038.

5. Semenova E. A., Afanas'ev R. A. Effektivnost' primeneniya udobreniy pod yarovuyu pshenitsu v usloviyakh Ural'skogo regiona [Efficiency of application of fertilizers under spring wheat under the conditions of the Ural region] // Plodorodie. 2018. No. 6. Pp. 2–4. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.01. (In Russian.)

6. Rublyuk M. V., Ivanov D. A. Monitoring agrokhimicheskikh svoistv dernovo-podzolistoy pochvy meliorirovannykh agrolandshaftov [Monitoring of agrochemical properties of sod-podzolic soil of the reclaimed agrolandscapes] // Plodorodie. 2019. No. 2. Pp. 28–30. DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.09. (In Russian.)

7. Merzlaya H. Ye. Agrocenosis stability during long-term application of fertilizers on soddy-podzolic soil // Eurasian Soil Science. 2021. No. 54. Pp. 424–430. DOI: 10.1134/S1064229321030121.

8. Chebotarev N. G., Shergina N. N. Vliyanie mnogoletnego kompleksnogo primeneniya udobreniy na plodorodie i produktivnost' dernovo-podzolistoy pochvy evro-severo-vostoka [Influence of long-term complex application of fertilizers on the fertility and productivity of sod-podzolic soil in the euro-north-east] // Plodorodie. 2020. No. 4. Pp. 17–21. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.05. (In Russian.)

9. Kirillova E. V., Kopylov A. L. Vliyanie razlichnykh sistem udobreniy na izmenenie agrokhimicheskikh svoystv pochvy [Influence of different fertilizer systems on changes in agrochemical properties of soil] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2017. No. 4 (158). Pp. 31–36. (In Russian.)

10. Pron'ko V. V., Yaroshenko T. M., Klimova N. F., Zhuravlev D. Yu. Vliyanie mineral'nykh udobreniy i pogodnykh usloviy na vynos elementov pitaniya zernovymi kul'turami v stepi Povolzh'ya [Influence of mineral fertilizers and

weather conditions on the nutrient's removal with grain crops in the steppe of the Volga region] // Plodorodie. 2020. No. 2. Pp. 17–20. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.05. (In Russian.)
11. Merzlaya G. E., Afanas'ev R. A. Effektivnost' posledeystviya mineral'nykh i organicheskikh udobreniy na dernovo-podzolistoy pochve [Aftereffects of mineral and organic fertilizers applied in sod-podzolic soil] // Plodorodie. 2019. No. 1. Pp. 15–17. DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.04. (In Russian.)
12. Shapovalova N. N., Shustikova E. P. Pitatel'nyy rezhim obyknovennogo chernozema v posledeystvii dlitel'nogo primeneniya fosfornykh udobreniy [Nutrient regime of ordinary chernozem in the aftereffect of the long-term application of phosphate fertilizers] // Plodorodie. 2017. No. 2. Pp. 34–37. (In Russian.)
13. Zolkina E. N. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy i produktivnost' kul'tur [Influence of long-term fertilizer applications on fertility and yield of crops] // Plodorodie. 2019. No. 5. Pp. 20–23. DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.06. (In Russian.)
14. Mel'tsaev I. G., Esedullaev S. T. Vliyanie organicheskikh udobreniy i sposobov ego zadelki na plodorodie pochvy i urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Verkhnevolzhskom regione [Influence of organic fertilizers and techniques of their application on soil fertility and crops productivity in the Volga region] // Plodorodie. 2019. No. 3. Pp. 25–29. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.08. (In Russian.)
15. Sychev V. G., Afanas'ev R. A., Lichman G. I., Marchenko N. M. Metodika otbora pochvennykh prob po elementarnym uchastkam polya v tselyakh differentsirovannogo primeneniya udobreniy [Method of soil sampling for elementary areas of the field for the purpose of differentiated application of fertilizers]. Moscow, 2007. 36 p. (In Russian.)

Authors' information:
Mariya V. Rublyuk[1], candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-5319-2614, AuthorID 423052; *+7 903 807-50-40*, *2016vniimz-noo@list.ru*
Dmitriy A. Ivanov[1], doctor of agricultural sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor, chief researcher, ORCID 0000-0002-2588-272X, AuthorID 110044; *+7 920 693-27-57*, *volok123@gvail.com*
Olga V. Karaseva[1], candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-8377-6386, AuthorID 695485; *+7 915 726-68-82*, *olga.karaseva.vniimz@mail.ru*
[1] Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

УДК 631:635:574:581:579
Код ВАК 06.01.01
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-22-33

О влиянии растворов фульвокислот из сапропеля на растения салата при различных видах его обработки

О. Р. Удалова[1]✉, Г. В. Мирская[1], П. Ю. Кончук[1], Г. Г. Панова[1]
[1] Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия
✉*E-mail: udal59@inbox.ru*

Аннотация. **Целью** исследования являлась оценка в регулируемых условиях интенсивной светокультуры влияния растворов фульвокислот, полученных из сапропеля, на физиологическое состояние, продукционный процесс и качество салатных культур при различных видах их обработки. **Методология и методы исследования.** Обработку растений растворами фульвокислот различной концентрации осуществляли в регулируемых условиях тремя способами: замачивание семян кресс-салата (0,03–300,0 мг/л); некорневая обработка вегетирующих растений (90,0–150,0 мг/л) при выращивании листового салата малообъемным методом с капельной подачей питательного раствора Кнопа; добавление в корнеобитаемую среду – питательный раствор (0,03–150,0 мг/л) при выращивании листового салата методом проточной гидропоники. **Результаты.** Установлено, что растворы фульвокислот оказывают наиболее выраженное стимулирующее влияние на показатели роста растений после обработки семян кресс-салата в концентрациях 0,3–150,0 мг/л, при некорневой обработке листового салата в концентрациях 0,3 и 150,0 мг/л и при введении в корнеобитаемую среду (питательный раствор) при концентрации 90,0 мг/л. Стимуляция роста растений салата под действием растворов фульвокислот преимущественно обусловлена: при некорневой обработке – усилением процессов обмена и поступления элементов питания в надземную часть растений; при введении в питательный раствор – усилением корневого питания и активизацией синтеза фотосинтетических пигментов хлорофиллов и каротиноидов. **Научная новизна.** В регулируемых условиях интенсивной светокультуры проведена комплексная оценка влияния растворов фульвокислот, полученных из сапропеля, на физиологическое состояние, продукционный процесс и качество салатных культур. Установлены концентрации растворов фульвокислот, оказавшие наиболее выраженное стимулирующее влияние на рост и развитие растений салата при различных видах их обработки. Выявлена специфика ответных реакций растений салата на различные виды их обработки растворами фульвокислот.

Ключевые слова: растворы фульвокислот, кресс-салат, салат, семена, замачивание, некорневая обработка, введение в корнеобитаемую среду, рост, продуктивность, эффективность фотосинтеза, биохимический состав, пигменты, сахара, витамин С, нитраты, макро- и микроэлементы.

Для цитирования: Удалова О. Р., Мирская Г. В., Кончук П. Ю., Панова Г. Г. О влиянии растворов фульвокислот из сапропеля на растения салата при различных видах его обработки // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 22–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-22-33.

Дата поступления статьи: 09.03.2021, ***дата рецензирования:*** 28.04.2021, ***дата принятия:*** 14.05.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Потребность АПК в разработке новых экологически безопасных, биоразлагаемых, стабильно эффективных, мультифункциональных и недорогих средств для оперативного управления продукционным процессом растений остается весьма актуальной. Одними из перспективных и широко используемых природных источников для создания указанных выше препаратов являются гуминовые вещества с высоким уровнем обогащения кислородными функциональными группами (карбоксильные, фенольные, гидроксильные, карбонильные и метоксильные) и высокой структурной гетерогенностью, являющиеся основной органической составляющей каустобиолитов угольного ряда, к которым относятся ископаемые угли, торфы, горючие сланцы и сапропели [1–3]. Как известно, среди гуминовых веществ фульвокислоты являются наиболее активными, растворимыми в щелочных и кислых средах, имеющими более высокую общую кислотность, число карбоксильных групп, адсорбционные и катионообменные способности при меньших молекулярных размерах и атомной массе (всего несколько сотен Дальтон по сравнению с несколькими тысячами Дальтон у гуминовых кислот) [4–7]. Как показано в литературе, фульвокислоты могут выступать в роли природных хелаторов в мобилизации и транспорте железа и других микроэлементов [6], [7]. Благодаря малому молекулярному размеру фульвокислоты могут проходить через микропоры биологических или искусственных мембранных систем, в то время как гуминовые кислоты – нет. На примере растений кукурузы, сои и райграса показано, что обработка этих растений фульвокислотами повышала чистую продуктивность фотосинтеза, скорость

© Удалова О. Р., Мирская Г. В., Кончук П. Ю., Панова Г. Г., 2021

транспирации, а также межклеточные концентрации углекислого газа и хлорофилла [8–10]. Указанные механизмы влияния фульвокислот на физиологическое состояние растений частично объясняют выявленные как при некорневой обработке ими, так и при введении в почву эффекты увеличения биомассы корней и побегов, более раннее цветение укорененных черенков у ряда культур [7]. Установлено, что фульвокислоты значительно стимулируют прорастание семян на примере растений пшеницы [11], увеличивают площадь листьев и надземную сухую массу проростков при обработке семян в исследованиях, проведенных в теплице и климатической камере [7], [12], [13]. В литературе также отмечается положительная роль фульвокислоты в повышении устойчивости растений к засухе, тяжелым металлам, в улучшении усвоения питательных веществ, к окислительному стрессу, стабилизации pH почвы и снижении выщелачивания удобрений [10], [14–17]. Однако механизмы влияния фульвокислоты на устойчивость растений к абиотическим стрессам остаются малоизученными [12].

И в целом, несмотря на большой интерес у исследователей к изучению влияния гумусовых и фульвокислот на растения, в литературе отмечается недостаточность данных для представления всех путей трансформации их в растении и влияния на физиологические процессы [7], [12]. Особенно мало работ, посвященных влиянию фульвокислот, полученных из сапропелей, являющихся, как известно, донными отложениями пресноводных водоемов, представляющих собой многокомпонентные полидисперсные системы, которые из остатков планктонных и бентосных организмов, при большой роли бактериальных процессов, происходящих в поверхностных слоях отложений при малом доступе кислорода [18]. Для понимания особенностей влияния именно фульвокислот на растения, выявления диапазона их оптимальных концентраций необходимо проведение исследований в регулируемых условиях на примере фитотест-культуры.

Целью настоящего исследования являлась оценка в регулируемых условиях интенсивной светокультуры влияния растворов фульвокислот, полученных из сапропеля, на физиологическое состояние, продукционный процесс и качество салатных культур при различных видах их обработки.

Таблица 1

Химический состав исходных фульвокислот

Анализируемый показатель	Единица измерения	Результаты испытаний
Влажность	%	88,4
Органическое вещество	% с. в.	26,2
Содержание золы	% с. в.	73,8
Углерод фульвокислот	% н. в.	3,05
Содержание азота	% н. в.	0,016
Содержание фосфора в пересчете на P_2O_5	% н. в.	1,97
Содержание калия в пересчете на K_2O	% н. в.	4,47
Содержание меди	мг/кг н. в.	0,075
Содержание цинка	мг/кг н. в.	1,061
Содержание марганца	мг/кг н. в.	1,650
Содержание железа	мг/кг н. в.	7,800
Содержание кобальта	мг/кг н. в.	0,074
Содержание магния	мг/кг н. в.	55,18

Примечание. С. в. – сухое вещество, н. в. – натуральная влага.

Table 1

Chemical composition of the initial fulvic acids

Indicators	*Unit of measurement*	*Test results*
Moisture content	*%*	*88.4*
Organic matter	*% d. m.*	*26.2*
Ash content	*% d. m.*	*73.8*
Carbon of fulvic acids	*% n. m.*	*3.05*
Nitrogen	*% n. m.*	*0.016*
Phosphorus in terms of P_2O_5	*% n. m.*	*1.97*
Potassium in terms of K_2O	*% n. m.*	*4.47*
Copper	*mg/kg n. m.*	*0.075*
Zinc	*mg/kg n. m.*	*1.061*
Manganese	*mg/kg n. m.*	*1.650*
Iron	*mg/kg n. m.*	*7.800*
Cobalt	*mg/kg n. m.*	*0.074*
Magnesium	*mg/kg n. m.*	*55.2*

Note. D. m. – dry matter, n. m. – natural moisture.

© Udalova O. R., Mirskaya G. V., Kononchuk P. Yu., Panova G. G., 2021

Таблица 2

Влияние растворов фульвокислот различной концентрации на энергию прорастания, всхожесть семян и ростовые характеристики семидневных проростков кресс-салата сорта Ажур

Концентрация растворов фульвокислот мг/л	Энергия прорастания		Всхожесть		Длина ростка		Длина корня	
	%	% от контроля	%	% от контроля	см	% от контроля	см	% от контроля
0 (контроль)	96	100	98	100	4,6 ± 0,2	100	8,6 ± 0,9	100
300	89	93	Погибли	Погибли	Погибли	Погибли	Погибли	Погибли
150	100	104	98	100	5,3 ± 0,2*	115*	5,4 ± 0,4*	63*
30	96	100	100	102	5,3 ± 0,2*	115*	10,6 ± 0,8*	123*
3	90	94	100	102	5,2 ± 0,2*	113*	8,9 ± 0,8	103
0,3	94	98	100	102	5,1 ± 0,2*	111*	9,6 ± 0,7	112
0,03	96	100	98	100	4,8 ± 0,3	104	8,7 ± 0,7	101

*Примечание. * Значение достоверно отличается от контроля на 5-процентном уровне значимости.*

Table 2

The effect of FA solutions of various concentrations on germination energy, germination of seeds and growth characteristics of seven-day watercress seedlings of variety Azur

The concentration of the FA solutions, mg/l	*Germination energy*		*Germination*		*Shoot length*		*Root length*	
	%	*% of control*	*%*	*% of control*	*cm*	*% of control*	*cm*	*% of control*
0 (control)	*96*	*100*	*98*	*100*	*4.6 ± 0.2*	*100*	*8.6 ± 0.9*	*100*
300	*89*	*93*	*Died*	*Died*	*Died*	*Died*	*Died*	*Died*
150	*100*	*104*	*98*	*100*	*5.3 ± 0.2**	*115**	*5.4 ± 0.4**	*63**
30	*96*	*100*	*100*	*102*	*5.3 ± 0.2**	*115**	*10.6 ± 0.8**	*123**
3	*90*	*94*	*100*	*102*	*5.2 ± 0.2**	*113**	*8.9 ± 0.8*	*103*
0.3	*94*	*98*	*100*	*102*	*5.1 ± 0.2**	*111**	*9.6 ± 0.7*	*112*
0.03	*96*	*100*	*98*	*100*	*4.8 ± 0.3*	*104*	*8.7 ± 0.7*	*101*

*Note. * The value is significantly different from the control at a 5 % significance level.*

Методология и методы исследования (Methods)

Предметом исследования служили водорастворимые фульвокислоты, полученные из сапропелей озер Псковской области стандартным методом химического осаждения фракции гуминовых кислот с последующей фильтрацией [19].

Оценку влияния растворов фульвокислот на растения проводили на базе ФГБНУ АФИ в лабораторных условиях и на биополигоне в регулируемых условиях интенсивной светокультуры [20].

Объектами исследования являлись кресс-салат (*Lepidium sativum* L.) сорта Ажур, листовой салат (*Lactuca sativa* L.) сорта Тайфун селекции АО ССПП «Сортсемовощ».

Обработку растений растворами фульвокислот различной концентрации осуществляли тремя способами: замачивание семян (0,03–300,0 мг/л), некорневая обработка вегетирующих растений (0,3–150,0 мг/л), подача в составе корнеобитаемой среды – питательного раствора (0,03–150,0 мг/л).

Изучение биологической активности растворов фульвокислот включало определение их влияния в широком диапазоне концентраций на энергию прорастания и всхожесть семян кресс-салата, а также на биометрические показатели роста его 7-дневных проростков (длина ростков и корней). Исследования выполнены в трехкратной повторности в соответствии с общепринятыми методами и правилами международной ассоциации тестирования семян [21].

Для оценки влияния растворов фульвокислот на вегетирующие растения салата сорта Тайфун выращивание проводили в вегетационных светоустановках (ВСУ)[1], оснащенных световыми блоками с натриевыми лампами ДНаЗ-400 (ООО Рефлакс Россия). Облученность растений составляла 80–90 Вт/м^2 ФАР, продолжительность светового периода – 14 часов. Температура воздуха поддерживалась в пределах +22…24 °С днем и +18…20 °С ночью, относительная влажность воздуха – 65–70 %.

В качестве корнеобитаемой среды использовали органоминеральный аналог почвы Агрофит[2]. Для полива в течении вегетации в обоих экспериментах применяли питательный раствор Кнопа [22]. На 1 м^2 ВСУ формировали ценоз из расчета 50 растений салата. Для оценки влияния некорневой обработки на рост и развитие растений тестируемых растворов рассаду салата высаживали в емкости объемом 0,7 л (1 растение на емкость). Повторность – 20 растений в варианте опыта. Подачу питательного раствора к корням растений осуществляли методом капельного полива. Некорневую обработку в концентрациях 0,3–150,0 мг/л проводили 3 раза с периодичностью 5 суток на протяжении фаз развития 4–8 листьев. В контрольном варианте применяли обработку водой.

[1] Желтов Ю. И., Панова Г. Г. Устройство для выращивания растений. Патент на полезную модель № 108705. 2011. Бюл. № 27.

[2] Ермаков Е. И., Желтов Ю. И., Мильто Н. Е., Кучеров В. И. Почвогрунт для выращивания растений «Агрофит». Патент № 2081555 РФ. 1997. БИ № 17.

Исследование влияния тестируемых растворов фульвокислот посредством их введения в корнеобитаемую среду (питательный раствор) на рост и развитие растений салата проводили при выращивании его методом проточной тонкослойной гидропоники (NFT)[3]. Рассаду салата высаживали в пластиковые горшочки (PR-306) диаметром и высотой 5 см с отверстиями на дне и боковых стенках и размещали в ВСУ, оснащенную системой проточного культивирования (5 растений на культивационный желоб), повторность – 20 растений в варианте. В питательный раствор Кнопа вводили растворы фульвокислот в концентрациях 0,03–150,0 мг/л. В контрольном варианте использовали раствор Кнопа без фульвокислот. Вегетационный эксперимент проводили дважды. Уборку осуществляли на 28-е сутки от посева семян. При уборке учитывали высоту растений, число листьев, сырую и сухую массу надземной части, процентное содержание сухого вещества, удельную поверхностную плотность листа (УППЛ), обводненность листьев [23], а также площадь листовой поверхности, индекс листовой поверхности (ИПЛ), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), фотосинтетический потенциал (ФП) [9].

Химический состав исходных фульвокислот и биохимический состав растений определяли в испытательной лаборатории ФГБНУ АФИ в соответствии с требованиями нормативных документов (таблица 1) [24].

На основании полученных данных был выбран диапазон концентраций водных растворов фульвокислот (0,3–150,0 мг/л) – для некорневой обработки растений листового салата и (0,03–150,0 мг/л) для введения в корнеобитаемую среду (питательный раствор) при выращивании салата методом проточной тонкослойной гидропоники.

Некорневая обработка растений салата сорта Тайфун растворами фульвокислот в указанных концентрациях способствовала достоверному повышению массы надземной части растений, что было связано, очевидно, с выявленным увеличением числа листьев, их площади и удельной поверхностной плотности (таблица 3, 4).

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программ Excel 2010 и Statistica 8 (Stat-Soft, Inc., США). Определяли средние значения изучаемых показателей, доверительные интервалы и коэффициенты вариации. Достоверность различий между вариантами оценивали при помощи методов параметрической статистики (*t*-критерий Стьюдента). Различия между вариантами считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

Оценка результатов обработки семян кресс-салата сорта Ажур водными растворами фульвокислот в диапазоне 0,03–300,0 мг/л (таблица 2) выявила:

– отсутствие достоверного влияния на энергию прорастания при концентрациях 0,03–300,0 мг/л и всхожесть – при концентрациях 0,03–150,0 мг/л;

– гибель проростков кресс-салата на стадии всхожести при концентрации 300,0 мг/л и выше;

– достоверное положительное влияние на рост ростков и корней при концентрации 30,0 мг/л, только ростков при концентрации 0,3–150,0 мг/л, в виде тенденции ростков при концентрации 0,03 мг/л, а корней – при концентрации 0,03–3,0 мг/л;

– достоверное торможение роста корней в варианте с обработкой семян кресс-салата раствором фульвокислот с концентрацией 150,0 мг/л.

Наиболее отчетливо указанные изменения проявлялись в вариантах с обработкой растений растворами фульвокислот в концентрациях 3,0 и 150,0 мг/л. Возможными причинами отмеченного положительного влияния на показатели роста растений, по всей видимости, являются:

– увеличение поступления в надземную часть обработанных растений минеральных элементов питания, в том числе кальция, магния и железа, на что указывает достоверное или в виде тенденции повышение их содержания в листьях (таблица 5);

– накопление органических соединений в виде достоверного увеличения суммы сахаров во всех исследуемых вариантах (рис. 1).

Указанные процессы при малых концентрациях фульвокислот (3,0 мг/л) преимущественно обусловлены их способностью действовать в качестве специфических сенсибилизирующих агентов, увеличивающих проницаемость плазматических мембран, что приводит к мобилизации и усилению транспорта питательных веществ к хозяйственно ценным органам растений. В более высоких концентрациях (150,0 мг/л) фульвокислоты выступают дополнительным источником макро- и микроэлементов, а также органических соединений, обладающих высокой биологической активностью [5], [11], [25].

На фоне общего положительного влияния некорневой обработки растений салата растворами фульвокислот снижение обводненности листьев не оказало отрицательного воздействия на ростовые и обменные процессы растений. При этом, несмотря на достоверное или в виде небольшой тенденции снижение фотосинтетических пигментов (хлорофилла А и В, каротиноидов) в вариантах обработки растворами фульвокислот в диапазоне концентраций 3,0–30,0 и 90,0–150,0 мг/л отмечалась стимуляция фотосинтетических процессов: увеличение ИЛП и ФП на 4–19 % и ЧПФ на 20–32 % (таблица 4).

Вероятно, усиление эффективности фотосинтеза сопряжено с накоплением микроэлемента железа, которое катализирует образование предшественников пигмента хлорофилла А – аминолевулиновой кислоты и протопорфиринов. Кроме того, соединения железа задействованы в образовании компонентов хлоропластов: цитохромы, ферредоксин и др. По всей видимости, с увеличением содержания железа в листьях при некорневой обработке растений салата снижается необходимость синтеза вторичных метаболитов, в том числе фотосинтетических пигментов.

[3] Шишкин П. В. Антипова О. В. Способ гидропонного бессубстратного выращивания растений и устройство для его осуществления (варианты). Патент РФ 2635396. Бюл. № 32.13.11.2017. НФТ.

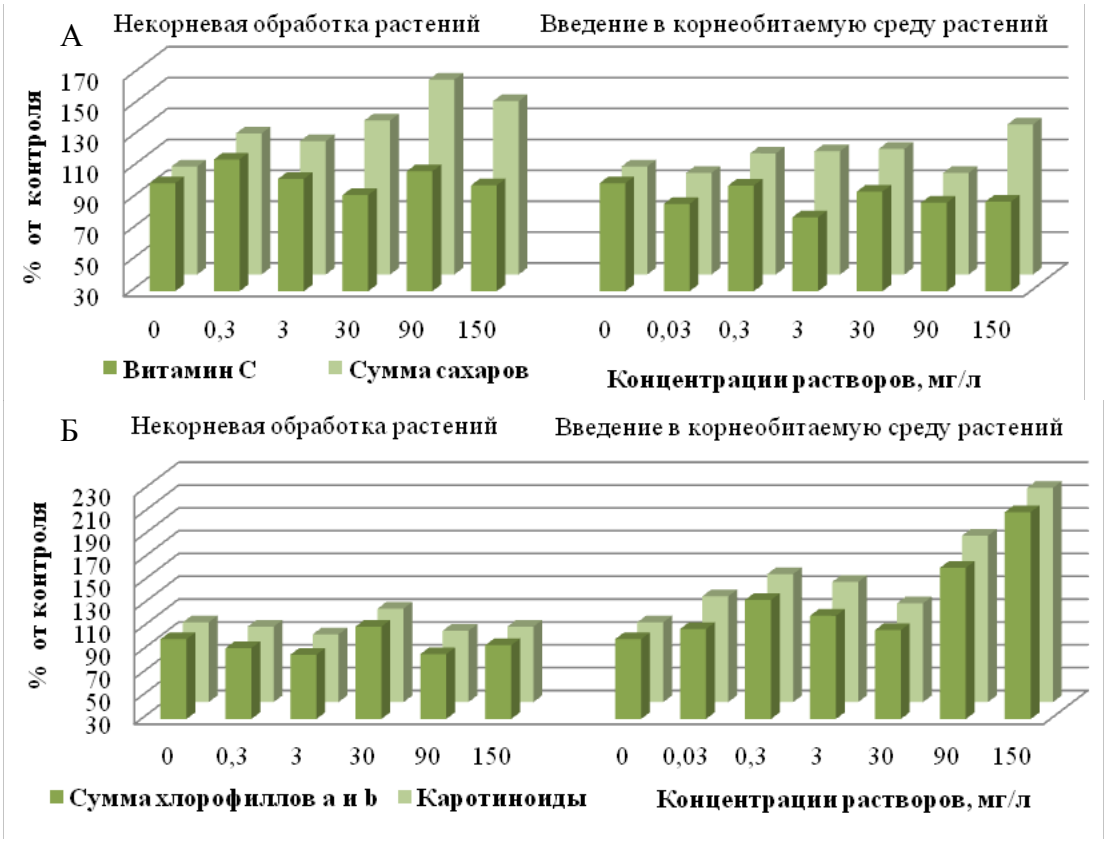


Рис. 1. Влияние некорневой обработки и введения в корнеобитаемую среду растворов фульвокислот на биохимические показатели растений салата: сумма сахаров, витамин С (А), пигменты (Б) в регулируемых условиях интенсивной светокультуры

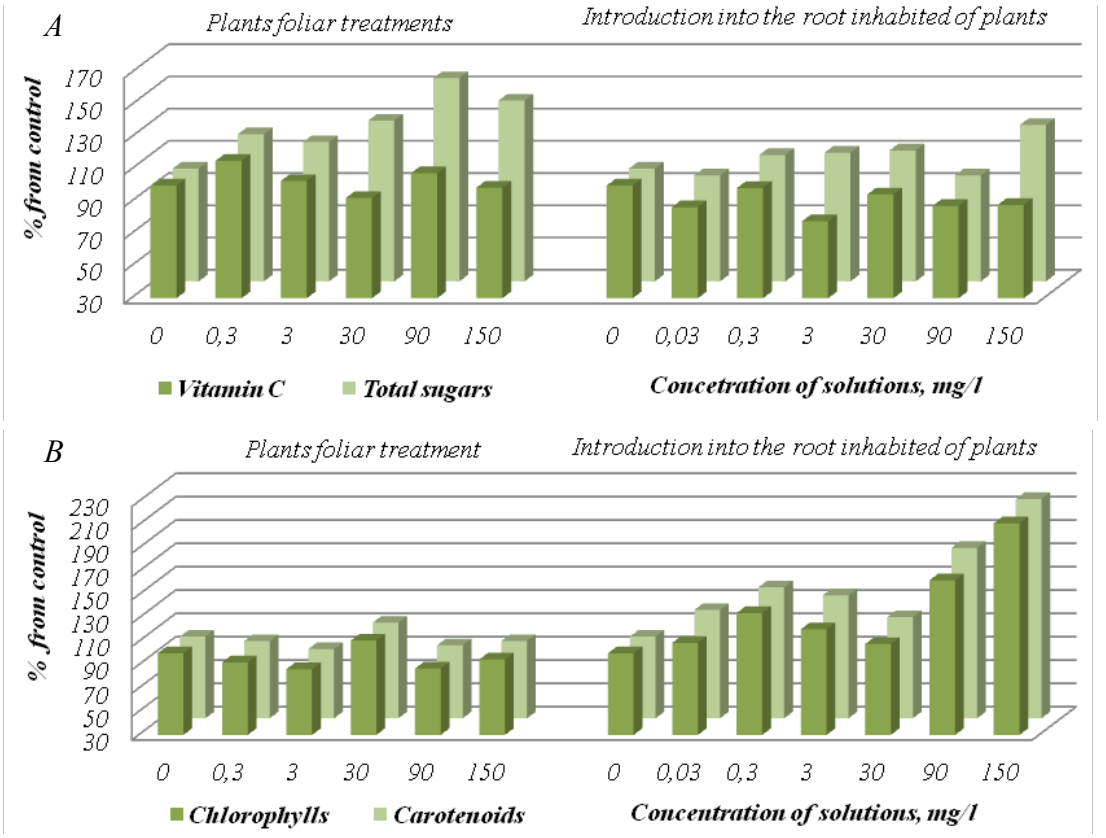


Fig. 1. The effect the foliar treatment with FA solutions and introduction into the root inhabited medium on the biochemical parameters of lettuce plants: sugars, Vitamin C (A). pigments (B) under intensive controlled conditions

Таблица 3

Влияние некорневой обработки и введения в корнеобитаемую среду растворов фульвокислот различной концентрации на показатели роста и продуктивности растений салата сорта Тайфун при выращивании их в регулируемых условиях интенсивной светокультуры

Концентрация растворов, мг/л	Высота		Число листьев		Сырая масса надземной части		Сухая масса надземной части		Сухое вещество в надземной части		Урожайность
	см	%**	шт.	%**	г	% **	г	%**	%	%**	г/м²
Некорневая обработка											
0 (контроль – вода)	18,8 ± 0,8	100	19,3 ± 0,3	100	59,3 ± 2,1	100	2,97 ± 0,10	100	5,0 ± 0,1	100	2965 ± 105
0,3	20,0 ± 0,7	106	22,5 ± 1,3*	117*	68,7 ± 3,6*	116*	4,26 ± 0,20*	143*	6,2 ± 0,2*	124*	3435 ± 180*
3	19,3 ± 0,8	103	21,7 ± 1,2*	112*	65,6 ± 3,3*	111*	3,87 ± 0,17*	130*	5,9 ± 0,1*	118*	3280 ± 165*
30	19,7 ± 0,5	105	21,2 ± 0,9*	110*	65,7 ± 3,9*	111*	3,81 ± 0,21*	128*	5,8 ± 0,1*	116*	3285 ± 195*
90	19,3 ± 0,9	103	22,0 ± 1,0*	114*	65,7 ± 3,3*	111*	3,74 ± 0,18*	126*	5,7 ± 0,1*	114*	3285 ± 165*
150	20,8 ± 0,9*	111*	22,0 ± 1,1*	114*	71,5 ± 3,9*	127*	4,43 ± 0,23*	149*	5,9 ± 0,2*	118*	3755 ± 195*
Введение в корнеобитаемую среду											
0 (контроль – раствор Кнопа)	13,4 ± 0,4	100	20,0 ± 0,8	100	52,9 ± 5,0	100	2,64 ± 0,25	100	5,0 ± 0,2	100	2645 ± 250
0,03	14,4 ± 0,3*	107*	21,1 ± 0,8	106	61,7 ± 4,7	117	3,45 ± 0,26*	131*	5,6 ± 0,1*	112*	3085 ± 235
0,3	14,3 ± 0,4*	107*	22,3 ± 0,5*	112*	66,1 ± 5,5*	125*	2,91 ± 0,24	110	4,4 ± 0,1*	88*	3305 ± 275*
3	14,2 ± 0,2*	106*	21,6 ± 0,6*	108*	64,7 ± 4,3*	122*	3,01 ± 0,20	114	4,7 ± 0,2	94	3235 ± 215*
30	13,9 ± 0,7	104	21,9 ± 0,9*	110*	62,9 ± 4,3*	117*	4,00 ± 0,28*	152*	6,4 ± 0,2*	130*	3145 ± 215*
90	13,8 ± 0,2	103	22,4 ± 0,6*	112*	73,0 ± 3,5*	138*	3,80 ± 0,18*	144*	5,2 ± 0,1	104	3650 ± 175*
150	13,0 ± 0,7	97	22,0 ± 1,0*	110*	56,9 ± 5,2	108	3,41 ± 0,31*	129*	6,0 ± 0,1*	120*	2845 ± 325

*Примечание: * значение достоверно отличается от контроля на 5-процентном уровне значимости, ** от контроля.*

Table 3

The effect of FA solutions by foliar treatment and introduction into the root inhabited medium on growth and productivity indicators of variety Typhoon lettuce plants grown under intensive controlled conditions

The concentration of the FA solutions, mg/l	*Height*		*Number of leaves*		*Wet mass of the aerial part*		*Dry mass of the aerial part*		*Dry matter in aerial parts*		*Yield*
	cm	*%***	*pcs.*	*%***	*g*	*%***	*g*	*%***	*%*	*%***	*g/m²*
Foliar treatment											
0 (control – water)	*18.8 ± 0.8*	*100*	*19.3 ± 0.3*	*100*	*59.3 ± 2.1*	*100*	*2.97 ± 0.10*	*100*	*5.0 ± 0.1*	*100*	*2965 ± 105*
0.3	*20.0 ± 0.7*	*106*	*22.5 ± 1.3**	*117**	*68.7 ± 3.6**	*116**	*4.26 ± 0.20**	*143**	*6.2 ± 0.2**	*124**	*3435 ± 180**
3	*19.3 ± 0.8*	*103*	*21.7 ± 1.2**	*112**	*65.6 ± 3.3**	*111**	*3.87 ± 0.17**	*130**	*5.9 ± 0.1**	*118**	*3280 ± 165**
30	*19.7 ± 0.5*	*105*	*21.2 ± 0.9**	*110**	*65.7 ± 3.9**	*111**	*3.81 ± 0.21**	*128**	*5.8 ± 0.1**	*116**	*3285 ± 195**
90	*19.3 ± 0.9*	*103*	*22.0 ± 1.0**	*114**	*65.7 ± 3.3**	*111**	*3.74 ± 0.18**	*126**	*5.7 ± 0.1**	*114**	*3285 ± 165**
150	*20.8 ± 0.9**	*111**	*22.0 ± 1.1**	*114**	*71.5 ± 3.9**	*127**	*4.43 ± 0.23**	*149**	*5.9 ± 0.2**	*118**	*3755 ± 195**
Introduction into the root inhabited medium											
0 (control – Knop solution)	*13.4 ± 0.4*	*100*	*20.0 ± 0.8*	*100*	*52.9 ± 5.0*	*100*	*2.64 ± 0.25*	*100*	*5.0 ± 0.2*	*100*	*2645 ± 250*
0.03	*14.4 ± 0.3**	*107**	*21.1 ± 0.8*	*106*	*61.7 ± 4.7*	*117*	*3.45 ± 0.26**	*131**	*5.6 ± 0.1**	*112**	*3085 ± 235*
0.3	*14.3 ± 0.4**	*107**	*22.3 ± 0.5**	*112**	*66.1 ± 5.5**	*125**	*2.91 ± 0.24*	*110*	*4.4 ± 0.1**	*88**	*3305 ± 275**
3	*14.2 ± 0.2**	*106**	*21.6 ± 0.6**	*108**	*64.7 ± 4.3**	*122**	*3.01 ± 0.20*	*114*	*4.7 ± 0.2*	*94*	*3235 ± 215**
30	*13.9 ± 0.7*	*104*	*21.9 ± 0.9**	*110**	*62.9 ± 4.3**	*117**	*4.00 ± 0.28**	*152**	*6.4 ± 0.2**	*130**	*3145 ± 215**
90	*13.8 ± 0.2*	*103*	*22.4 ± 0.6**	*112**	*73.0 ± 3.5**	*138**	*3.80 ± 0.18**	*144**	*5.2 ± 0.1*	*104*	*3650 ± 175**
150	*13.0 ± 0.7*	*97*	*22.0 ± 1.0**	*110**	*56.9 ± 5.2*	*108*	*3.41 ± 0.31**	*129**	*6.0 ± 0.1**	*120**	*2845 ± 325*

*Note: *the value is significantly different from the control at a 5 % significance level; ** % from the control.*

Таблица 4

Показатели фотосинтетической активности листьев салата сорта Тайфун при некорневой обработке и введении в корнеобитаемую среду растворов фульвокислот различной концентрации при выращивании растений в регулируемых условиях интенсивной светокультуры

Концентрация растворов, мг/л	Площадь листьев, дм²/растение	Удельная поверхностная плотность листа, г/дм²	Индекс листовой поверхности, дм²/дм²	Фотосинтетический потенциал, дм²/м² дней	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м² сутки	Обводненность листьев, г/г
Некорневая обработка						
0 (контроль – вода)	29,09 ± 1,03	0,102 ± 0,0002	14,5 ± 0,52	4,07 ± 0,14	0,73 ± 0,01	20,0 ± 0,04
0,3	31,72 ± 1,66	0,134 ± 0,0007*	15,9 ± 0,83*	4,44 ± 0,23	0,96 ± 0,01*	15,1 ± 0,08*
3	30,29 ± 1,52	0,128 ± 0,0008*	15,1 ± 0,76	4,24 ± 0,21	0,91 ± 0,01*	16,0 ± 0,05*
30	30,34 ± 1,80	0,126 ± 0,0006*	15,2 ± 0,90	4,25 ± 0,25	0,89 ± 0,01*	16,2 ± 0,07*
90	30,34 ± 1,52	0,123 ± 0,0003*	15,2 ± 0,76	4,25 ± 0,21	0,88 ± 0,01*	16,6 ± 0,03*
150	34,68 ± 1,80*	0,128 ± 0,0001*	17,3 ± 0,90*	4,86 ± 0,25*	0,91 ± 0,01*	15,1 ± 0,05*
Введение в корнеобитаемую среду						
0 (контроль – раствор Кнопа)	20,76 ± 1,96	0,127 ± 0,0001	10,4 ± 0,98	2,91 ± 0,27	0,91 ± 0,01	19,0 ± 0,01
0,03	25,49 ± 1,94*	0,135 ± 0,0002*	12,7 ± 0,97*	3,57 ± 0,27*	0,97 ± 0,01*	16,9 ± 0,02*
0,3	25,94 ± 2,16*	0,112 ± 0,0002*	13,0 ± 1,08*	3,63 ± 0,30*	0,85 ± 0,01*	21,7 ± 0,03*
3	25,39 ± 1,69*	0,118 ± 0,0001*	12,7 ± 0,85*	3,55 ± 0,24*	0,85 ± 0,01*	20,6 ± 0,04*
30	25,99 ± 1,78*	0,154 ± 0,0002*	13,0 ± 0,89*	3,64 ± 0,25*	1,10 ± 0,01*	14,7 ± 0,02*
90	30,16 ± 1,45*	0,12 ± 0,0001*	15,1 ± 0,73*	4,22 ± 0,20*	0,90 ± 0,01	18,2 ± 0,01*
150	23,51 ± 2,15	0,145 ± 0,0001*	11,8 ± 1,08	3,29 ± 0,30	1,04 ± 0,01*	15,7 ± 0,01*

*Примечание. * Значение достоверно отличается от контроля на 5-процентном уровне значимости.*

Table 4

Indicators of photosynthetic activity of variety Typhoon lettuce leaves by foliar treatment with FA solutions and introduction into the root inhabited medium when plants growing under intensive controlled conditions

The concentration of the mg/l	*Leaf surface area, dm²/plant*	*The specific surface density of the leaf, g/dm²*	*Index of a leaf surface, dm²/dm²*	*Photosynthetic potential, dm²/m² days*	*Net photosynthesis productivity, g/m² day*	*Watering of leaves, g/g*
Foliar treatment						
0 (control – water)	*29.09 ± 1.03*	*0.102 ± 0.0002*	*14.5 ± 0.52*	*4.07 ± 0.14*	*0.73 ± 0.01*	*20.0 ± 0.04*
0,3	*31.72 ± 1.66*	*0.134 ± 0.0007**	*15.9 ± 0.83**	*4.44 ± 0.23*	*0.96 ± 0.01**	*15.1 ± 0.08**
3	*30.29 ± 1.52*	*0.128 ± 0.0008**	*15. ± 0.76*	*4.24 ± 0.21*	*0.91 ± 0.01**	*16.0 ± 0.05**
30	*30.34 ± 1.80*	*0.126 ± 0.0006**	*15.2 ± 0.90*	*4.25 ± 0.25*	*0.89 ± 0.01**	*16.2 ± 0.07**
90	*30.34 ± 1.52*	*0.123 ± 0.0003**	*15.2 ± 0.76*	*4.25 ± 0.21*	*0.88 ± 0.01**	*16.6 ± 0.03**
150	*34.68 ± 1.80**	*0.128 ± 0.0001**	*17.3 ± 0.90**	*4.86 ± 0.25**	*0.91 ± 0.01**	*15.1 ± 0.05**
Introduction into the root inhabited medium						
0 (control – Knop solution)	*20.76 ± 1.96*	*0.127 ± 0.0001*	*10.4 ± 0.98*	*2.91 ± 0.27*	*0.91 ± 0.01*	*19.0 ± 0.01*
0,03	*25.49 ± 1.94**	*0.135 ± 0.0002 **	*12.7 ± 0.97**	*3.57 ± 0.27**	*0.97 ± 0.01**	*16.9 ± 0.02**
0,3	*25.94 ± 2.16**	*0.112 ± 0.0002**	*13.0 ± 1.08**	*3.63 ± 0.30**	*0.85 ± 0.01**	*21.7 ± 0.03**
3	*25.39 ± 1.69**	*0.118 ± 0.0001**	*12.7 ± 0.85**	*3.55 ± 0.24**	*0.85 ± 0.01**	*20.6 ± 0.04**
30	*25.99 ± 1.78**	*0.154 ± 0.0002**	*13.0 ± 0.89**	*3.64 ± 0.25**	*1.10 ± 0.01**	*14.7 ± 0.02**
90	*30.16 ± 1.45 **	*0.126 ± 0.0001**	*15.1 ± 0.73**	*4.22 ± 0.20**	*0.90 ± 0.01*	*18.2 ± 0.01**
150	*23.51 ± 2.15*	*0.145 ± 0.0001**	*11.8 ± 1.08*	*3.29 ± 0.30*	*1.04 ± 0.01**	*15.7 ± 0.01**

*Note. * The value is significantly different from the control at a 5 % significance level.*

Таблица 5

Элементный состав листьев салата сорта Тайфун при некорневой обработке и введении в корнеобитаемую среду растворов фульвокислот различной концентрации при выращивании растений в регулируемых условиях интенсивной светокультуры

Показатели	Некорневая обработка растворами фульвокислот в концентрации						Введение в корнеобитаемую среду растворов фульвокислот в концентрации						
	Контроль	0,3 мг/л	3 мг/л	30 мг/л	90 мг/л	150 мг/л	Контроль	0,03 мг/л	0,3 мг/л	3 мг/л	30 мг/л	90 мг/л	150 мг/л
Сырая зола, % а. с. в.	22,61	21,83	22,04	21,00	20,96	21,02	17,2	17,5	17,1	16,6	16,2	16,0	14,3*
Азот, % а. с. в.	3,94	3,39*	3,67	3,72	3,17*	3,57	3,75	3,75	3,55	3,54	3,54	3,69	3,57
Фосфор, % а. с. в.	0,77	0,73	0,56*	0,44*	0,66*	0,69	0,63	0,61	0,59	0.58	0,56	0,60	0,53*
Калий, % а. с. в.	9,63	9,43	9,32	8,70	8,58	8,92	9,61	9,56	9,24	9,38	9,25	9,45	8,40*
Кальций, % а. с. в.	2,08	2,06	2,50*	2,50*	2,33*	2,26	1,48	1,47	1,35	1,36	1,39	1,34	1,31*
Магний, % а. с. в.	0,502	0,490	0,478	0,561*	0,525	0,532	0,308	0,292	0,331	0,334	0,235*	0,243*	0,216*
Железо, мг/кг а. с. в.	151,7	160,4	259,9*	235,8*	308,2*	168,0	135,3	130,4	96,5*	110,9	95,6*	101,6*	132,1
Нитраты, мг/кг н. в.	1575	1743	1650	1493	1493	1043*	593	819*	1184*	697*	858*	919*	1268*

*Примечание. * Значение достоверно отличается от контроля на 5-процентном уровне значимости; а. с. в. – абсолютно сухое вещество, н. в. – натуральная влага.*

Table 5

The elemental composition of variety Typhoon lettuce leaves by foliar treatment with FA solutions and introduction into the root inhabited medium when plants growing under intensive controlled conditions

Indicators	*Foliar treatment with FA solutions in concentration*						*The introduction of FA solutions into the root inhabited in concentration*						
	Control	*0.3 mg/l*	*3 mg/l*	*30 mg/l*	*90 mg/l*	*150 mg/l*	*Control*	*0.03 mg/l*	*0.3 mg/l*	*3 mg/l*	*30 mg/l*	*90 mg/l*	*150 mg/l*
Crudeash, % a. d. m.	*22.61*	*21.83*	*22.04*	*21.00*	*20.96*	*21.02*	*17.2*	*17.5*	*17.1*	*16.6*	*16.2*	*16.0*	*14.3**
Nitrogen, % a. d. m.	*3.94*	*3.39 **	*3.67*	*3.72*	*3.17**	*3.57*	*3.75*	*3.75*	*3.55*	*3.54*	*3.54*	*3.69*	*3.57*
Phosphorus,% a. d. m.	*0.77*	*0.73*	*0.56**	*0.44**	*0.66**	*0.69*	*0.63*	*0.61*	*0.59*	*0.58*	*0.56*	*0.60*	*0.53**
Potassium, % a. d. m.	*9.63*	*9.43*	*9.32*	*8.70*	*8.58*	*8.92*	*9.61*	*9.56*	*9.24*	*9.38*	*9.25*	*9.45*	*8.40**
Calcium,% a. d. m.	*2.08*	*2.06*	*2.50**	*2.50**	*2.33**	*2.26*	*1.48*	*1.47*	*1.35*	*1.36*	*1.39*	*1.34*	*1.31**
Magnesium,% a. d. m.	*0.502*	*0.490*	*0.478*	*0.561**	*0.525*	*0.532*	*0.308*	*0.292*	*0.331*	*0.334*	*0.235**	*0.243**	*0.216**
Iron, mg/kg a. d. m.	*151.7*	*160,4*	*259.9**	*235.8**	*308.2**	*168.0*	*135.3*	*130.4*	*96.5**	*110.9*	*95.6**	*101.6**	*132.1*
Nitrates, mg/kg, n. m.	*1575*	*1743*	*1650*	*1493*	*1493*	*1043**	*593*	*819**	*1184**	*697**	*858**	*919**	*1268**

*Note. * The value is significantly different from the control at a 5 % significance level; a. d. m – absolutely dry matter, n. m. – natural moisture.*

Вместе с тем достоверное увеличение углеводов, задействованных в процессах фотосинтеза и окислительно-восстановительных процессах, свидетельствовало о достаточно высоком уровне ассимиляционной работы листьев: увеличение площади листьев на 4–19 %; УППЛ – на 20–31 %; сухого вещества – на 14–24 % (рис. 1).

Введение растворов фульвокислот в корнеобитаемую среду (питательный раствор) также привело к увеличению биомассы растений во всех исследуемых вариантах, с наиболее выраженным эффектом при концентрации 90,0 мг/л. Достоверное или в виде тенденции увеличение числа листьев и их площади в опытных вариантах обусловлено, вероятно, усилением процессов вторичного метаболизма, сопровождающихся ростом концентрации хлорофиллов и каротиноидов (на 8–118 %), стимулирующих ассимиляционную работу листьев. При этом наблюдалось усиление эффективности фотосинтеза: рост ИЛП и ФП на 13–45 % с максимальными показателями при выращивании растений на питательных растворах с введением фульвокислот в концентрациях 0,3 и 90,0 мг/л и ЧПФ на 6–20 % с максимумом в концентрациях 30,0 и 150,0 мг/л (таблица 4).

Накопление витамина С и минеральных элементов в опытных вариантах не отличалось от аналогичных показателей в контрольном варианте или было достоверно ниже. Содержание углеводов достоверно выше контрольного отмечалось только в варианте с концентрацией фульвокислот 150,0 мг/л. В остальных вариантах данный показатель был на уровне контрольного или имел тенденцию к увеличению (таблица 5, рис. 1). По всей видимости, при введении растворов фульвокислот в корнеобитаемую среду накопление органических и минеральных веществ в листьях не служило решающим фактором в стимуляции процессов фотосинтеза.

Следует отметить увеличение (достоверное или в виде тенденции) содержания нитратов в листьях салата, наиболее выраженное при некорневой обработке растений растворами фульвокислот в концентрациях 0,3 и 3,0 мг/л; при поступлении фульвокислот в составе растворов из корнеобитаемой среды в концентрациях 0,3 и 150,0 мг/л. Отмеченное явление согласуется с литературными данными, согласно которым причиной этому может служить выявленная под влиянием фульвокислот стимуляция H^+-АТФаз плазматической мембраны клеток корней, преобразующих свободную энергию, выделяемую при гидролизе АТФ, в трансмембранный электрохимический потенциал, используемый для импорта нитрата и других питательных веществ в корни и надземную часть. Помимо усвоения питательных веществ, АТФазы плазматической мембраны с помощью протонной накачки также способствуют разрыхлению клеточной стенки, укрупнению клеток и росту органов [26], [27].

Таким образом, стимуляция роста растений салата в результате некорневой обработки растворами фульвокислот преимущественно обусловлена усилением процессов обмена и поступлением необходимых растениям органических и минеральных элементов питания в надземную часть. Усиление углеводного питания и увеличение содержания магния и железа способствовало повышению эффективности фотосинтеза за счет активизации процессов первичного метаболизма, связанного с образованием и расщеплением сахаров, а также каталитическими свойствами ионов железа. Очевидно, что железо как кофактор множества ферментов задействовано в большом количестве метаболических процессов, происходящих в растениях.

При введении растворов фульвокислот в корнеобитаемую среду (питательный раствор) накопление биомассы и усиление эффективности фотосинтетических процессов происходит за счет интенсификации корневого питания и синтеза вторичных метаболитов – фотосинтетических пигментов –каротиноидов и особенно хлорофиллов, активно участвующих в окислительно-восстановительных и фотосинтетических процессах.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Методом химического осаждения с последующей фильтрацией получены растворы фульвокислот из сапропелей и изучено в серии лабораторных и вегетационных экспериментов в регулируемых условиях интенсивной светокультуры их влияние на растения кресс-салата и листового салата при следующих способах обработки: замачивание семян, некорневое опрыскивание вегетирующих растений, введение в корнеобитаемую среду – питательный раствор при гидропонном выращивании растений методом NFT.

2. Установлено, что растворы фульвокислоты в концентрациях 0,3–150,0 мг/л после обработки ими семян кресс-салата оказывали наиболее выраженное стимулирующие влияние на биометрические показатели ростка и корня в концентрации 30,0 мг/л и не влияли на энергию прорастания и всхожесть семян.

3. В период вегетативного роста при некорневой обработке растворами фульвокислот наибольший положительный эффект проявился при концентрациях 3,0 и 150,0 мг/л. Стимуляция роста растений салата под действием тестируемых веществ преимущественно обусловлена усилением процессов обмена и поступлением необходимых растениям элементов питания в надземную часть и интенсификацией ассимиляционной активности листьев.

4. Введение растворов фульвокислот в корнеобитаемую среду (питательный раствор) способствовало усилению корневого питания и активизации синтеза фотосинтетических пигментов – хлорофиллов и каротиноидов, стимулирующих процессы фотосинтеза. Максимальный положительный эффект установлен при концентрации фульвокислот 90,0 мг/л.

5. Полученные данные свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения механизмов влияния фульвокислот на растения с целью создания эффективных биопрепаратов и технологии их применения в растениеводстве открытого и защищенного грунта, направленной на экологически дружественное повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и эффективности продукционного процесса.

Библиографический список

1. Taha A. A., Omar M. M., Ghazy M. A. Effect of humic and fulvic acids on growth and yield of Lettuce Plant // Journal of Soil Science and Plant Physiologyю. 2016. Vol. 7. No. 8. Pp. 517–522.
2. Кононихин А. С., Жеребкер А. Я., Казачков М. А., Григорьев А. С., Костюкевич Ю. И., Пеков С. И., Бочаров К. В., Попов И. А., Перминова И. В., Николаев Е. Н. Исследование молекулярного состава гуминовых веществ угля и торфа при помощи масс спектрометрии высокого разрешения в условиях оптимального электрораспыления // Известия РАН. Энергетика. 2017. № 1. С. 107–114.
3. Панкратов Д. А., Анучина М. М., Константинов А. И., Перминова И. В. Анализ динамики взаимодействия гуминовых веществ угля с металлическим железом // Журнал физической химии. 2019. Т. 93. № 7. С. 992–1001.
4. Кошелев А. В., Деревягина И. Д., Головков В. Ф., Каабак Л. В., Епифанова О. А., Мамонтов С. П., Елеев Ю. А., Глухан Е. Н. Химический состав гуминовых препаратов, полученных из торфа // Химия и технология органических веществ. 2019. № 1 (9). С. 25–37.
5. Yang R., Li Z., Huang M., Luo N., Wen J., Zeng G. Characteristics of fulvic acid during coprecipitation and adsorption to iron oxides-copper aqueous system // Journal of Molecular Liquids. 2019. Vol. 274. Pp. 664–672.
6. Zanin L., Tomasi N., Cesco S., Varanini Z., Pinton R. Humic Substances Contribute to Plant Iron Nutrition Acting as Chelators and Biostimulants // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. Article number 675.
7. Pamela C., Louise N., Joseph W. K. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant Soil. 2014. Vol. 383. Pp. 3–41.
8. Lotfi R., Kalaji H. M., Valizadeh G. R., Behrozyar E. K., Hemati A., Gharavi-Kochebagh P., Ghassemi A. Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions [Электронный ресурс] // Photosynthetica. 2018. Vol. 56. Pp. 962–970. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11099-017-0745-9.pdf (дата обращения: 19.02.2021).
9. Никитин С. Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов // Успехи современного естествознания. 2017. № 1. С. 33–38.
10. Anjum S. A., Wang L., Farooq M., Xue L., Ali S. Fulvic acid application improves the maize performance under wellwatered and drought conditions // Journal of Agronomy and Crop Science. 2011. Vol. 197. Pp. 409–417.
11. Braziene Z., Paltanavicius V., Avizienytė D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity // Environmental Research. 2021. Vol. 195. Article number 110824.
12. Wang Y., Yang R., Zheng J., Shen Z., Xu X. Exogenous foliar application of fulvic acid alleviate cadmium toxicity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. Vol. 167. Pp. 10–19.
13. Silva R. R., Santos A. C. M., Carneiro J. S. S., Marques L. C., Rodrigues L. U., Faria A. J. G., Freitas G. A., Nascimento V. L. Biostimulants based on humic acids, amino acids and vitamins increase growth and quality of Lettuce seedlings // Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 11. No. 6. Pp. 235–246.
14. Suh H. Y., Yoo K. S., Sang G. S. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (Lycopersicon esculentum L.) // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2014. Vol. 55. No. 6. Pp. 455–461.
15. Shahid M., Dumat C., Silvestre J., Pinelli E. Effect of fulvic acids on lead-induced oxidative stress to metal sensitive Vicia faba L. plant // Biology and Fertility of Soils. 2012. Vol. 48. Pp. 689–697.
16. Ali B., Wang B., Ali S., et al. 5-Aminolevulinic acid ameliorates the growth, photosynthetic gas exchange capacity, and ultrastructural changes under Cadmium stress in Brassica napus L. // Journal of Plant Growth Regulation. 2013. Vol. 32. No. 3. Pp. 604–614.
17. Tang W. W., Zeng G. M., Gong J. L., et al. Impact of humic/fulvic acid on the removal of heavy metals from aqueous solutions using nanomaterials: a review // Science of the Total Environment. 2014. Vol. 468. Pp. 1014–1027.
18. Митюков А. С., Румянцев В. А., Крюков Л. Н., Ярошевич Г. С. Сапропель и перспективы его использования в аграрном секторе экономики // Общество. Среда. Развитие. 2016. № 2. С. 110–114.
19. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. Москва, 1981. 272 с.
20. Panova G. G., Udalova O. R., Kanash E. V., Galushko A. S., Kochetov A. A., Priyatkin N. S., Arkhipov M. V., Chernousov I. N. Fundamentals of physical modeling of “ideal” agroecosystems // Technical Physics. 2020. Vol. 65. No. 10. Pp. 1563–1569.
21. ISTA, International Rules for Seed Testing. 2016. DOI: 10.15258/istarules.
22. Удалова О. Р., Пищик В. Н., Мирская Г. В., Вертебный В. Е., Воробьев Н. И., Хомяков Ю. В. Влияние биологически активных препаратов на продуктивность и качество плодов перца сладкого в условиях интенсивной светокультуры // Овощи России. 2018. № 3 (41). С. 81–85.
23. Удалова О. Р., Аникина Л. М., Хомяков Ю. В., Вертебный В. Г., Дубовицкая В. И., Панова Г. Г. Влияние тонкослойных аналогов почвы на продукционный процесс растений салата в интенсивной светокультуре // Овощи России. 2021. № 1. С. 33–38.
24. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. Москва, 1998. 342 с.
25. Пищик В. Н., Бойцова Л. В., Воробьев Н. И. Влияние гуминовых веществ на растения и ризосферные микроорганизмы в растительно-микробных системах // Агрохимия. 2019. № 3. С. 85–95.
26. Jindo K., Martim S. A., Navarro E. C., Aguiar N. O., Canellas L. P. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes // Plant and Soil. 2012. Vol. 353. Pp. 209–220.
27. Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and Regulation // Scientia Horticulturae. 2015. Vol. 196. Pp. 3–14.

Об авторах:
Ольга Рудольфовна Удалова[1], кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3521-0254, AuthorID 124709; *+7 911 940-79-80*, *udal59@inbox.ru*
Галина Владимировна Мирская[1], кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0001-6207-736x, AuthorID 601902; *galinanm@gmail.com*
Павел Юрьевич Конончук[1], ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0003-0449-5189, AuthorID 660151; *79117717774@yandex.ru*
Гаяне Геннадьевна Панова[1], кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1132-9915, AuthorID 195449; *gaiane@inbox.ru*
[1] Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

About the influence of solutions of fulvic acids from sapropel on lettuce plants in various types of its processing

O. R. Udalova[1]✉, G. V. Mirskaya[1], P. Yu. Kononchuk[1], G. G. Panova[1]
[1] Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia
✉*E-mail: udal59@inbox.ru*

Abstract. **The purpose** of our research was to assess the influence of treatment with fulvic acid (FA) solutions (obtained from sapropel) on the physiological state, production process, and quality of salad crops under intensive controlled conditions. **Research method.** Treatment of plants with solutions of FA in various concentrations was carried out under controlled conditions using three different methods: soaking cress seeds (0.03-300mg/l); non-root treatment of vegetative plants (90–150 mg/l), when growing lettuce by a low – volume method with drip fertigation with Knop nutrient solution; adding a nutrient solution to the root medium (0.03-150 mg/l), when growing lettuce under nutrient film technique. **Results.** The most pronounced stimulating effect on plant growth was obtained after seeds treatment with FA solutions in concentrations of 0.3-150.0 mg/l, during non-root treatment of lettuce in concentrations of 0.3 and 150.0 mg/l, and when FA was introduced into the root medium at a concentration of 90.0 mg/l. It was suggested the lettuce growth under the action of FA was conditioned by enhancing plants metabolism and increased entry of nutrients to the aboveground organs of plants (during non – root processing)- and by nutrient uptake increasingas well as activation of the synthesis of photosynthetic pigments-chlorophylls and carotenoids (when a nutrient solution was add to the root medium. **Scientific innovation.** Under controlled conditions, a comprehensive assessment of the effect of FA solutions obtained from sapropel on the physiological state, production process, and quality of salad crops was carried out. The concentrations of fulvic acid solutions that had the most pronounced stimulating effect on the growth and development of lettuce plants in various types of treatment were determined. The specificity of the responses of lettuce plants to various types of treatment with FA solutions was revealed.
Keywords: fulvic acid solutions, nutrient film technique, watercress, lettuce, seeds, soaking, non-root treatment, introduction to the root environment, growth, productivity, photosynthesis.

For citation: Udalova O. R., Mirskaya G. V., Kononchuk P. Yu., Panova G. G. O vliyanii rastvorov ful'vokislot iz sapropelya na rasteniya salata pri razlichnykh vidakh ego obrabotki [About the influence of solutions of fulvic acids from sapropel on lettuce plants in various types of its processing] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 22–33.. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-22-33. (In Russian.)

Date of paper submission: 09.03.2021, ***date of review:*** 28.04.2021, ***date of acceptance:*** 14.05.2021.

References

1. Taha A. A., Omar M. M., Ghazy M. A. Effect of humic and fulvic acids on growth and yield of Lettuce Plant // Journal of Soil Science and Plant Physiologyю. 2016. Vol. 7. No. 8. Pp. 517–522.
2. Kononikhin A. S., Zherebker A. Ya., Kazachkov M. A., Grigoryev A. S., Kostyukevich Yu. I., Pekov S. I., Bocharov K. V., Popov I. A., Perminova I. V., Nikolaev E. N. Issledovanie molekulyarnogo sostava guminovykh veshchestv uglya i torfa pri pomoshchi mass spektrometrii vysokogo razresheniya v usloviyakh optimal'nogo elektroraspyleniya [The study of the molecular composition of humic substances of coal and peat using high resolution mass spectrometry under optimal electrospray] // Izvestiya RAN. Enerketika. 2017. No. 1. Pp. 107–114. (In Russian.)
3. Pankratov D. A., Anuchina M. M., Konstantinov A. I., Perminova I. V. Analiz dinamiki vzaimodeystviya guminovykh veshchestv uglya s metallicheskim zhelezom [Analysis of the dynamics of the interaction of humic substances of coal with metallic iron] // Journal of Physical Chemistry. 2019. Vol. 93. No. 7. Pp. 992–1001. (In Russian.)
4. Koshelev A. V., Derevyagina I. D., Golovkov V. F., Kaabak L. V., Epifanova O. A., Mamontov S. P., Eleev Yu. A., Glukhan E. N. Khimicheskiy sostav guminovykh preparatov, poluchennykh iz torfa [Chemical composition of huminous compounds received from peat] // Chemistry and Technology of Organic Substances. 2019. No. 1 (9). Pp. 25–37. (In Russian.)
5. Yang R., Li Z., Huang M., Luo N., Wen J., Zeng G. Characteristics of fulvic acid during coprecipitation and adsorption to iron oxides-copper aqueous system // Journal of Molecular Liquids. 2019. Vol. 274. Pp. 664–672.

6. Zanin L., Tomasi N., Cesco S., Varanini Z., Pinton R. Humic Substances Contribute to Plant Iron Nutrition Acting as Chelators and Biostimulants // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. Article number 675.
7. Pamela C., Louise N., Joseph W. K. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant Soil. 2014. Vol. 383. Pp. 3–41.
8. Lotfi R., Kalaji H. M., Valizadeh G. R., Behrozyar E. K., Hemati A., Gharavi-Kochebagh P., Ghassemi A. Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions [e-resource] // Photosynthetica. 2018. Vol. 56. Pp. 962–970. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11099-017-0745-9.pdf (date of reference: 19.02.2021).
9. Nikitin S. N. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy v posevakh i dinamika rostovykh protsessov pri primenenii biologicheskikh preparatov [Photosynthetic activity of plants in crops and dynamics of growth processes in the application of biological preparations] // Advances in current natural sciences. 2017. No. 1. Pp. 33–38. (In Russian.)
10. Anjum S. A., Wang L., Farooq M., Xue L., Ali S. Fulvic acid application improves the maize performance under wellwatered and drought conditions // Journal of Agronomy and Crop Science. 2011. Vol. 197. Pp. 409–417.
11. Braziene Z., Paltanavicius V., Avizienytė D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity // Environmental Research. 2021. Vol. 195. Article number 110824.
12. Wang Y., Yang R., Zheng J., Shen Z., Xu X. Exogenous foliar application of fulvic acid alleviate cadmium toxicity in lettuce (Lactuca sativa L.) // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. Vol. 167. Pp. 10–19.
13. Silva R. R., Santos A. C. M., Carneiro J. S. S., Marques L. C., Rodrigues L. U., Faria A. J. G., Freitas G. A., Nascimento V. L. Biostimulants based on humic acids, amino acids and vitamins increase growth and quality of Lettuce seedlings // Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 11. No. 6. Pp. 235–246.
14. Suh H. Y., Yoo K. S., Sang G. S. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (Lycopersicon esculentum L.) // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2014. Vol. 55. No. 6. Pp. 455–461.
15. Shahid M., Dumat C., Silvestre J., Pinelli E. Effect of fulvic acids on lead-induced oxidative stress to metal sensitive Vicia faba L. plant // Biology and Fertility of Soils. 2012. Vol. 48. Pp. 689–697.
16. Ali B., Wang B., Ali S., et al. 5-Aminolevulinic acid ameliorates the growth, photosynthetic gas exchange capacity, and ultrastructural changes under Cadmium stress in Brassica napus L. // Journal of Plant Growth Regulation. 2013. Vol. 32. No. 3. Pp. 604–614.
17. Tang W. W., Zeng G. M., Gong J. L., et al. Impact of humic/fulvic acid on the removal of heavy metals from aqueous solutions using nanomaterials: a review // Science of the Total Environment. 2014. Vol. 468. Pp. 1014–1027.
18. Mityukov A. S., Rumyantsev V. A., Kryukov L. N., Yaroshevich G. S. Sapropel' i perspektivy ego ispol'zovaniya v agrarnom sektore ekonomiki [Sapropel and the prospects for its use in the agricultural sector of the economy] // Society. Enviroment. Development. 2016. No. 2. Pp. 110–114. (In Russian.)
19. Orlov D. S. Grishina L. A. Praktikum po khimii gumusa [Workshop on the chemistry of humus]. Moscow: Izd-vo MGU, 1981. 272 p. (In Russian.)
20. Panova G. G., Udalova O. R., Kanash E. V., Galushko A. S., Kochetov A. A., Priyatkin N. S., Arkhipov M. V., Chernousov I. N. Fundamentals of physical modeling of "ideal" agroecosystems // Technical Physics. 2020. Vol. 65. No. 10. Pp. 1563–1569.
21. ISTA, International Rules for Seed Testing. 2016. DOI: 10.15258/istarules.
22. Udalova O. R., Pishchik V. N., Mirskaya G. V., Vertebnyy V. E., Vorobyev N. I., Khomyakov Yu. V. Vliyanie biologicheski aktivnykh preparatov na produktivnost' i kachestvo plodov pertsa sladkogo v usloviyakh intensivnoy svetokul'tury [Effect of biologically active preparations on productivity and quality of sweet pepper fruits in controlled conditions] // Vegetable crops of Russia. 2018. No. 3. Pp. 81–85. (In Russian.)
23. Udalova O. R., Anikina L. M., Khomyakov Yu. V., Vertebnyy V. E., Dubovitskaya V. I., Panova G. G. Vliyanie tonkosloynykh analogov pochvy na produktsionnyy protsess rasteniy salata v intensivnoy svetokul'ture [Influence of thin-layer soil analogues on the production process of lettuce plants in intensive artificial-light culture] // Vegetable crops of Russia. 2021. No. 1. Pp. 33–38. (In Russian.)
24. Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov [Guidelines for food quality and safety analysis methods]. Moscow, 1998. 342 p. (In Russian.)
25. Pishchik V. N., Boytsova L. V., Vorob'ev N. I. Vliyanie guminovykh veshchestv na rasteniya i rizosfernye mikroorganizmy v rastitel'no-mikrobnykh sistemakh [Effect of humic substances on plants and rhizosphere microorganisms in plant-microbial systems] // Agrochemistry. 2019. No. 3. Pp. 85–95. (In Russian.)
26. Jindo K., Martim S. A., Navarro E. C., Aguiar N. O., Canellas L. P. Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes // Plant and Soil. 2012. Vol. 353. Pp. 209–220.
27. Jardin P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and Regulation // Scientia Horticulturae. 2015. Vol. 196. Pp. 3–14.

Authors' information:
Olga R. Udalova[1], candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0003-3521-0254, AuthorID 124709; *+7 911 940-79-80, udal59@inbox.ru*
Galina V. Mirskaya[1], candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-6207-736x, AuthorID 601902; *galinanm@gmail.com*
Pavel Yu. Kononchuk[1], leading researcher, ORCID 0000-0003-0449-5189, AuthorID 660151; *79117717774@yandex.ru*
Gayane G. Panova[1], candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-1132-9915, AuthorID 195449; *gaiane@inbox.ru*
[1] Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia

UDC 619:615.2.619:618.19-002
HAC Code 06.02.01, 06.02.10
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-34-42

Efficacy of a herbal drug in treating bovine mastitis

A. L. Aminova[1], I. F. Yumaguzin[1], N. R. Subkhankulov[1], T. A. Sedykh[1, 2]✉
[1] Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
[2] Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia
✉*E-mail: nio_bsau@mail.ru*

Abstract. Presently, mastitis is being addressed by biologically active agents of plant origin having a bactericidal, viricidal and immune-modulating effect. In this regard, the study of the Raido drug to treat different types of mastitis in lactating cows is of a certain scientific and practical importance. **The aim of the study** was to determine the efficacy of the Raido herbal drug against serous and catarrhal mastitis in cows during the lactation period. **Research methods.** Mastitis was detected according to clinical observations, with the results being confirmed by the express diagnosticum Mastidinum or a quick mastitis test. The blood morphological composition in terms of erythrocyte, leucocyte and haemoglobin content was analyzed on a haematological analyzer. Milk samples were examined bacteriologically for the pathogenic microflora. **Results.** Treating serous and catarrhal mastitis with the Raido herbal drug increased the level of erythrocytes and haemoglobin in recovering cows, reduced their leucocyte content in the peripheral blood, and somatic cells in milk more than doubled. There were no clinical signs of the disease on the fifth day when serving serous mastitis with 5 or 7 ml of the herbal drug intercisternally. Treating catarrhal mastitis with 10 and 12 ml of the drug using the same administration method produced a similar effect on the sixth day. Thus, the optimal dose for daily interstitial administration of serous mastitis was 5 ml and 10 ml for catarrhal mastitis. A comparison of the therapeutic effects of the phytomedicines Raido and Riposol revealed higher efficacy of the daily Raido use in these dosages. **Scientific novelty.** For the first time, the optimal dosage of the Raido herbal drug for intercisternal administration to cows with serous and catarrhal mastitis was determined; the therapeutic effect of the Raido herbal remedy was detected; a comparative assessment of the Raido and Riposol herbal remedies' effect in the treatment of serous and catarrhal mastitis was made.

Keywords: Raido, herbal medicine, larch, mastitis, lactating cows, treatment, milk.

For citation: Aminova A. L., Yumaguzin I. F., Subkhankulov N. R., Sedykh T. A. Efficacy of a herbal drug in treating bovine mastitis // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 34–42. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-34-42.

Date of paper submission: 11.01.2021, ***date of review:*** 22.01.2021, ***date of acceptance:*** 14.04.2021.

Introduction

To date, mastitis remains the most costly problem in the dairy industry from veterinary and economic viewpoints since the food sector does not accept and process milk with antibiotic residues or a high content of somatic cells [1, p. 2212].

The increased incidence of mastitis results from the intensified milk production, larger livestock populations maintained in limited premises, violated machine milking technologies, increased productivity, lower quality feeding, the worsened indoor microclimate, and the spread of infectious diseases [2, p. 119]. Mastitis occurs more frequently in the stall period. This is due to the violation of animal welfare standards, the lack of active exercise. Clinical and subclinical mastitis is identified in more than 50% of cows [3, p. 187], [4, p. 148]. Purulent-catarrhal mastitis is registered approximately in 10 % of cases during the stable period [5, p. 42].

Milk production requires strict compliance with production technology, adherence to veterinary and sanitary rules of milking, timely disease diagnosis and treatment of cows. The main reasons for poor quality milk are high bacterial contamination and an increased content of somatic cells [6, p. 27].

Currently, mastitis poses a serious problem for dairy farming causing large economic losses. Different diagnostic tests for mastitis are divided into general or phenotypic and specific or genotypic tests.

Milk production requires strict compliance with production technology, adherence to veterinary and sanitary rules of milking, timely disease diagnosis and treatment of cows. The main reasons for poor quality milk are high bacterial contamination and an increased content of somatic cells [6, p. 27].

Phenotypic tests detect general changes that are not specific to any pathogen. General tests for mastitis are constantly being improved. Thus, V. Yu. Komarov and B. L. Belkin (2016) recommend diagnosing cow mastitis comprehensively on the basis of the general clinical condition of the animal, test milking with a visual

© Aminova A. L., Yumaguzin I. F., Subkhankulov N. R., Sedykh T. A., 2021

examination of the mammary gland secretion, the milk sample reaction with diagnosticum reagents ("Masttest", "Kenotest", 2 % solution of "Mastidinum", California mastitis test, etc.) and an additional study of the solid secretion phase [7, p. 100].

Genotypic tests are specific, therefore, confirmatory for the diagnosis of mastitis. They are based on the study of a specific culture based on polymerase chain reaction (PCR). Highly specific and confirmatory diagnostics, such as PCR and nucleotide sequencing, require pure bacterial cultures are the main raw materials [8, p. 77]. Besides, the location and distribution of bacterial colonies are essential for the mastitis diagnosis, since some bacterial species have a diverse life cycle and growth in the milk environment [9]. A considerable amount of domestic and foreign authors have proved that the inflammatory process in the udder of cows are caused by pathogens of different types with the dominant role of coccal microorganisms [10, p. 56], [11, p. 110], [12, p. 47].

Currently, there are different drugs and methods to treat mastitis. The main principle of combating mastitis is the prevention of new infections. Once an infection is detected in the udder, there are four ways to eliminate the disease: spontaneous treatment, culling chronically infected cows, treatment during lactation, and treatment of dry cows. Among these means of fighting infections, antibiotic treatment is the main method of eliminating mastitis and the main reason for using antibiotics in dairy cows. Mastitis is mostly treated with drugs that contain antimicrobial substances, such as antibiotics, sulfonamides, nitrofurans, etc. However, their long-term application evolves the appearance of resistant populations of microorganisms and causes local immunodepression of the mammary gland [13, p. 131].

J. Wilm, et al. (2021) indicate that in terms of pharmacology, drug applicability in mastitis treatment depends on their chemical properties and ability to reach the site of infection with systemic or local application. Thus, severe cases of mastitis caused by gram-negative infections are often addressed using systemic treatment with antibiotics. In contrast, the treatment of mastitis caused by gram-positive bacteria can be carried out with the help of local therapy. Systemic antibiotic treatment may contribute to a higher risk of developing more antibiotic resistance to microorganisms [14, p. 189].

Kh. Sharun, et al. (2021) believe that treating subclinical mastitis with antimicrobial drugs during lactation is rarely economical due to costly treatment [15, pp. 131–132]. A. V. Timakov, et al. (2017) draw attention to the fact that timely diagnosis and treatment of subclinical mastitis can prevent the development of clinical mastitis and prevent atrophy of the mammary gland lobes. At the same time, the mastitis treatment efficacy is very unstable due to drug-resistant strains of opportunistic microflora, including the components that are part of many antimastitis drugs [16, p. 19].

Thereby, there is a search for new medicines, including those of plant origin. Their local application will help avoid the systemic use of antibiotics, especially in the early stages of mastitis development. Thus, a comprehensive scheme to prevent bovine mastitis has been developed using environmentally friendly preparations Bioinfuzin and Histogen based on Leucea safflower. The treatment carried out according to the scheme differs favorably from traditional methods of mastitis prevention and treatment in terms of therapeutic and preventive efficacy and the obtained indicators [17, pp. 145–146]. There are results of experimental and clinical trials indicating that the Raido remedy obtained by water extraction from larch has a number of advantages in the treatment of mastitis in cows [18, p. 2]. It was found that the main groups of water-extractive substances in coniferous trees are: water-soluble lignans/lignins having a polyphenolic nature, tannins and their high-molecular derivatives (tannin agents), substances of a carbohydrate nature [19, pp. 194–195]. Hence, the study of herbal remedies for serous and catarrhal mastitis in cows is of a certain scientific and practical significance.

The aim of the work is to determine the efficacy of the Raido phytomedicine in treating serous and catarrhal mastitis of cows during the lactation period. The given aim was achieved by the following objectives: to determine the optimal dosage of the Raido herbal remedy for intercisternal administration to cows with serous and catarrhal mastitis; to determine the therapeutic effect of using the Raido drug; to make a comparative assessment of the effect of using the Raido and Riposol phytomedicines in the treatment of serous and catarrhal mastitis.

Methods

The efficacy of the Raido phytomedicine was conducted in two farms of the Republic of Bashkortostan (the breeding farm Alga in the Krasnokamsky district and the Federal State Unitary Enterprise Ufimskoye in the Ufa district) in 2019–2020. The research target was cows, a total of 211 black-and-white dairy cows (of first and second lactation). The experiments involved 137 heads with clinical signs of the initial stage of acute serous mastitis and 74 heads with catarrhal mastitis.

With serous mastitis in cows, milk contained flaky particles and clots; the mammary glands were swollen, the infected quarter was hyperemic, enlarged and hard. Milk passed with difficulty, and painfully, milk yield was decreasing.

With catarrhal mastitis, inflammation was mainly detected in the mammary ducts (small pea-sized indurations in a quarter detected on palpation) or less often in the udder alveoli. Milk was watery and greyish with an admixture of mucus and casein flakes. They were secreted at the beginning of milking if the inflammatory process was in the milk cistern and large milk ducts and throughout milking if catarrhal inflammation had affected udder alveoli. Sometimes cows were easily tired; they had a slightly higher body temperature and no appetite. Both types of mastitis mainly occurred in the first month of milking, especially immediately after calving or at the beginning of milking.

The studied farms had similar animal maintenance and feeding conditions. The main winter diet of dairy cows included: hay, silage or haylage, grass chop, and concentrates.

On average, cows consumed 3.0–3.2 kg of dry matter per 100 kg of live weight.

The research scheme for determining the optimal dosage of the Raido phytomedicine is given in table 1.

Detecting the therapeutic effect of the Raido herbal drug was carried out based on the regimen presented in table 2.

The sick cows were divided into experimental and control groups. The experimental cows with serous mastitis were administered 5.0 ml of Raido, cows with catarrhal mastitis – 10.0 ml of Raido. The drug was injected intracisternally once a day.

The main treatment regimen used in animals of the control group. The control group cows with both forms of mastitis were treated with mastisan-A antibiotics with bicillin. 10.0 ml of the heated drug mastisan-A was injected into the udder cistern daily, bicillin-5 (1500 TU) by a single intramuscular injection at the rate of 10 TU per 1 kg of animal body weight.

A comparative description of the therapeutic effects of the Raido and Riposol phytomedicines is given in table 3.

80 dairy cows with serous and catarrhal mastitis were selected to determine the efficacy of the herbal drug Raido.

The animals were divided into four groups. Two experimental groups were administered intra-cisternally Raido at a dose of 5.0 ml (in case of clinical mastitis) and 10.0 ml (in case of catarrhal mastitis) once a day until recovery. Similarly, the two control groups were administered the Riposol herbal remedy intracisternally.

Mastitis was diagnosed by a cytological method based on gelation in the interaction of udder secretions with a surfactant (domestic express-diagnosticum mastidin).

Optionally, a sediment test was conducted for milk taken from all quarters or only from those with a positive reaction to mastitis obtained by a rapid mastitis test (RMT).

For this examination, 10–15 ml of milk were collected from all quarters into test tubes at the end of milking. Each tube carried a label with the cow's name (number) and the time of sampling. The test tubes were placed in a cold place (4–10 °C) for 16-18 hours. Then they were assessed in terms of milk colour, the sediment presence, the thickness and nature of the cream layer.

The milk collected from the mastitis-affected quarter has sediment; in some cases, it becomes watery, the cream layer decreases, being viscous, slimy, flaky.

Table 1

Determining the optimal dosage of the Raido herbal medicine

Serous mastitis				***Catarrhal mastitis***			
Control (n = 6) main treatment: Mastisan-A intercisternally, bicillin 5, i. m.	*I experimental (n = 6) Raido 3 ml per injection*	*II experimental (n = 6) Raido 5 ml per injection*	*III experimental (n = 6) Raido 7 ml per injection*	*Control (n = 6) basic treatment: Mastisan-A intercisternally, bicillin 5, i. m.*	*I experimental (n = 6) Raido 7 ml per injection*	*I experimental (n = 6) Raido 10 ml per injection*	*I experimental (n = 6) Raido 12 ml per injection*
The studied parameters: morphological composition of blood, the content of somatic cells in milk, the number of the Raido herbal drug until complete recovery of cows, days							

Table 2

Determination of the therapeutic effect of the Raido herbal medicine

Serous mastitis		***Catarrhal mastitis***	
I control group (n = 15) mastitis treatment according to the main regimen: Mastisan-A intercisternally, bicillin 5, i. m.	*I experimental group (n = 8) 5.0 ml Raido intercisternally once a day*	*II control group (n = 15) mastitis treatment according to the main regimen: Mastisan-A intercisternally, bicillin 5, i. m.*	*II experimental group (n = 8) 10.0 ml Raido intercisternally once a day*
The studied indicators: bacteriological examination of mammary gland secretion, determination of the therapeutic effect			

Table 3

Comparative characteristics of the therapeutic effects of the Raido and Riposol phytomedicines

Serous mastitis		***Catarrhal mastitis***	
I experimental group (n = 20) mastitis treatment with Riposol	*II experimental group (n = 20) 5.0 ml of Raido intercisternally once a day*	*I experimental group (n = 20) mastitis treatment with Riposol*	*II experimental group (n = 20) 10.0 ml of Raido intercisternally once a day*
The studied indicators: the number of recovered animals (%), the period of recovery (days), the number of somatic cells in milk			

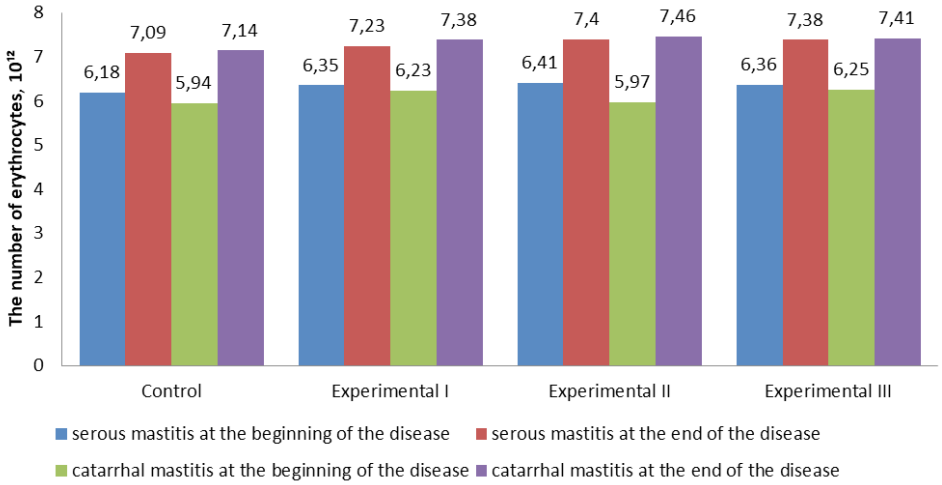


Fig. 1. Changes in the number of erythrocytes in the peripheral blood of cows with different forms of mastitis when using the Raido phytomedicine, 10^{12}/l

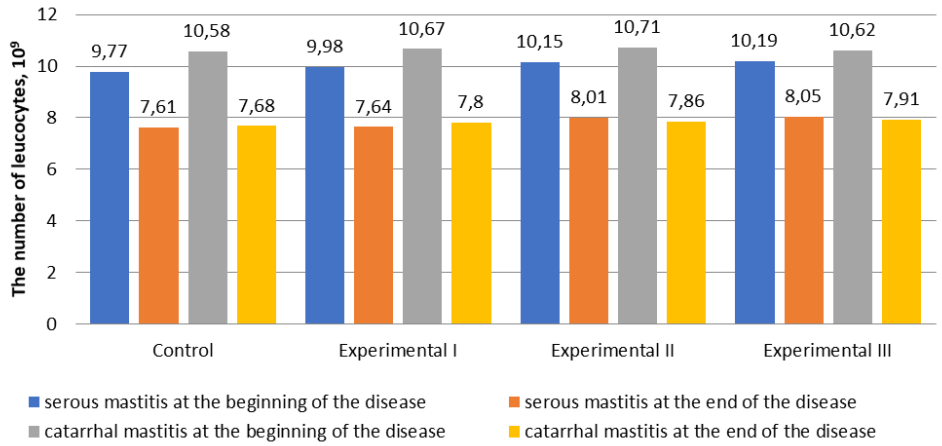


Fig. 2. Changes in the number of leucocytes in the peripheral blood of cows with different forms of mastitis when using the Raido phytomedicine, 10^{9}/l

The Raido product (produced by Agrovate LLC) is a water-dispersed extract from larch wood and bark, the therapeutic value of its extractives is represented by polyphenols, flavonoids, lignins, tannins, dihydroquercitin, arabinogalactan.

To treat cows with clinical and catarrhal mastitis, Raido was administered intracisternally at a dose of 5.0 ml and 10.0 ml, respectively, once a day after preliminary taking milk from the affected udder lobe.

Riposol is an aqueous extract of larch, Siberian cedar and fir wood obtained by bioresonance extraction. The drug includes a complex of active substances, such as arabinogalactin, phenolic compounds (derivatives of cinnamic acid, coniferyl, quercetin, dihydroquercetin, kaempferol, traces of other flavonoids and phenolic acids) and sesquiterpenes, which exhibit immunomodulatory, antitumor, antimicrobial, gastroprotective, and anti-inflammatory properties [11, p. 118].

After introducing the herbal remedy, physiological containers of the udder were lightly massaged for even drug distribution. The animals under the experiments were monitored daily until they were completely cured.

Blood samples were taken from the jugular vein into test tubes with heparin (blood stabilization) to determine the content of erythrocytes, leucocytes and haemoglobin on the first day of clinical signs, on the 5th day of serous mastitis and on the 6th day of catarrhal disease. Haematological studies were performed under the clinical diagnostic laboratory. Morphological composition of blood was studied with the *Beckman Coulter LH-500* Hematology analyzer (USA). The number of erythrocytes, haemoglobin and leucocytes was detected by the Coulter method (flow cytometry).

The phytomedicine efficacy was assessed 5–7 days after undergoing the therapy based on reduced clinical signs, a negative reaction of milk with RMT, a sediment test, calculation of somatic cells in the Goryaev chamber and a control bacteriological study of milk samples for the presence of pathogenic microflora.

Biometric data were processed using the Microsoft Excel 2010 software package.

Results

The optimal therapeutic dose of Raido to treat cows with mastitis and the time necessary for complete recovery were determined comprehensively, taking into account blood morphological composition and protein fractions of blood serum.

The content of erythrocytes, leucocytes and haemoglobin at the beginning and the end of the disease is shown in fig. 1–3.

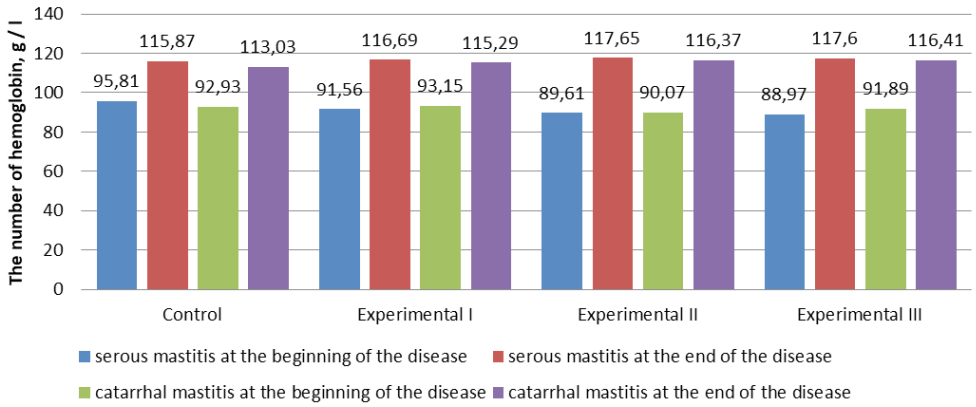


Fig. 3. Changes in the haemoglobin level of the peripheral blood in cows with different forms of mastitis when used the Raido phytomedicine, g/l

Examination of the erythrocyte number in the animal blood did not reveal significant intergroup differences. The erythrocyte content at the beginning of the disease was within the lower limit of the physiological standard. It ranged within 6,18–6,41 10^{12}/l in cows with serous mastitis. By the end of the disease, this indicator increased by 12.83 % in the control group, 12.17 % in the first experimental group, 13.37 % in the second experimental group, 13.82 % in the third experimental group. In the catarrhal mastitis treatment, the erythrocyte number was slightly lower at the beginning of the disease than the same indicator in animals with serous mastitis. It was 5,94–6,25 10^{12}/l, and changed as follows: by the end of the disease, it was higher by 16.08 % in the control group, 15.58 % in the first experimental group, 19.97 % in the second experimental group, 15.65 % in the third experimental group. The increase in the number of erythrocytes in the peripheral blood is associated with better metabolic processes in the body of recovering cows.

During the studies, there were no significant intergroup differences in the leucocyte content in the peripheral blood of cows. At the beginning of the disease, the number of white blood cells was within the upper limit of the physiological standard and ranged 9,77–10,19 10^{9}/l in animals with serous mastitis. By the end of the disease, this indicator increased by 22.10 % in the control group, 20.44 % in the first experimental group, 21.08 % in the second experimental group, 21.00 % in the third experimental group. In the catarrhal mastitis treatment, the leucocyte level at the beginning of the disease was slightly higher than the same indicator in animals with serous mastitis. It was 10,58–10,71 10^{9}/l and changed as follows: by the end of the disease, it was higher by 27,41 % in the control group, 26,00 % in the first experimental group, 26,61 % in the second experimental group, 26,45 % in the third experimental group. The lower leucocyte content by the end of the disease is due to the reversal of the inflammatory process and the improvement of metabolic processes in the cows' udder tissues.

The studies did not find considerable intergroup differences in the blood haemoglobin level. At the beginning of the disease the amount of hemoglobin was within the lower limit of the physiological standard. It was within 88.97–95.81 g/l in cows with serous mastitis. By the end of the disease, this indicator increased by 17.31 % in the control group, 21.53 % in the first experimental group, 23.81 % in the second experimental group, 24.34 % in the third experimental group. When treating the catarrhal mastitis, the haemoglobin level was lower than the same indicator in animals with serous mastitis at the beginning of the disease. It was 90.07–93.15 g/l, and changed as follows: by the end of the disease, it was higher by 17.78 % in the control group, 19.20 % in the first, 22.60 % in the second, 21.06 % in the third experimental groups. The higher haemoglobin level results from better oxidation-reduction processes in the body of recovering animals.

At the beginning of the disease, the number of somatic cells in milk in cows with serous mastitis was 965.1 thousand/ml in the control group. In the experimental groups, this indicator ranged from 976.1–981.5 thousand/ml. Upon recovery, the number of somatic cells significantly ($P < 0.01$) decreased by more than two times and amounted to 403.2 thousand/ml in the control group, where the standard treatment regimen was used; it was 468.6 thousand/ml in the first experimental group, where 3 ml of the Raido herbal medicine per intercisternal injection was used; 415.1 thousand/ml in the second experimental group, with 5 ml of phytomedicine, 416.4 thousand/ml in the third experimental group, where a single dosage was 7 ml.

The number of somatic cells in the milk of animals with catarrhal mastitis was 975.4 thousand/ml in the control group, 976.3–980.1 thousand/ml in the experimental groups at the beginning of the disease On recovery, the number of somatic cells changed in the same way as in serous mastitis, that is, it was halved and amounted to 421.1 thousand/ml in the control group with the standard treatment regimen, 479.7 thousand/ml in the first experimental group with 7 ml of the phytomedicine used; 422.1 thousand/ml in the second experimental group with 10.0 ml of the drug applied; 421.8 thousand/ml in the third experimental group, where 12 ml of Raido was administered intercisternally.

Thus, when recovering the milk of dairy cows, treated by a single daily intercisternal administration of the Raido phytomedicine, had a twofold decrease in the number of somatic cells.

Table 4

The optimal therapeutic dose of Raido to treat cows with mastitis

Mastitis type	Experimental groups	The number of cows, heads	The drug dosage per 1 injection in ml	The number of injections until full recovery
Serous	Control	6	–	5
	Experimental I	6	3	6
	Experimental II	6	5	5
	Experimental III	6	7	5
Catarrhal	Control	6	–	7
	Experimental I	4	7	8
	Experimental II	4	10	6
	Experimental III	4	12	6

Table 5

Therapeutic effect of the Raido herbal drug for different forms of mastitis in lactating cows

Recovery time, day	Serous mastitis				Catarrhal mastitis			
	I control group (17 heads)		I experimental group (15 heads)		II control group (10 heads)		II experimental group (8 heads)	
	Recovered, heads	Therapeutic effect, %	Recovered, heads	Therapeutic effect, %	Recovered, heads	Therapeutic effect, %	Recovered, heads	Therapeutic effect, %
1	–	–	–	–	–	–	–	–
2	1	5.9	1	6.7	–	–	–	–
3	3	17.6	3	20.0	1	10.0	1	12.5
4	7	41.2	6	40.0	1	10.0	2	25.0
5	6	35.3	5	33.3	3	30.0	3	37.5
6	–	–	–	–	4	40.0	2	25.0
7	–	–	–	–	1	10.0	–	–

The results of determining the duration of treatment when using the optimal therapeutic dose of the Raido phytomedicine are shown in table 4.

The results obtained indicate that daily administration of the Raido herbal medicine had a positive therapeutic effect in curing cows of serous and catarrhal mastitis. Besides, there was a complete absence of clinical signs of serous mastitis and normalization of milk by the number of somatic cells on the fifth day of treatment o with daily administration of Raido in a dose of 5 ml and 7 ml. In catarrhal mastitis, the recovery period was 6 days with daily administration of 10 and 12 ml of the phytomedicine. Thus, the conducted study revealed that the optimal dose is 5 ml of the Raido herbal remedy administered daily intercisternally to treat serous mastitis and 10 ml to cure catarrhal mastitis.

Identifying the therapeutic effect of the Raido phytomedicine for different forms of mastitis in lactating cows.

The therapeutic effect was examined by comparing the recovery dynamics of animals treated according to the standard treatment regimen and with the Raido herbal drug in the identified optimal dosage. The results of the recognized therapeutic effect of the Raido phytomedicine for different forms of mastitis in lactating cows are presented in table 5.

The study revealed the positive dynamics of the reduced clinical signs of acute inflammation in both experimental groups of cows after the first injection of Raido. The first recovered animals among cows with serous mastitis appeared on the second day of treatment (5.9 % in the control group and 6.7 % in the experimental group), and among animals with catarrhal mastitis on the third day of treatment (10% in the control group and 12.5 % in the experimental group). While treating serous mastitis, the mammary gland palpation showed lower hyperemia of the inflammation zone and reduced induration of the mammary gland. Clots, flakes, blood admixture gradually disappear in the milk on the 2–3 day of the disease. There was serous exudate with a small proportion of mucus in secretions. Cows regained an appetite and chewing gum; there were yellowish-white excretions from teats only .at the beginning of milking on the fourth-fifth days. Further on, the mammary gland function improved, the milk was clean, milk yield increased.

The recovery peak among cows with serous mastitis was observed in the control (7 heads – 41.2 %) and experimental (6 heads – 40.0 %) groups on day 4. Meanwhile, clinical signs in animals of both groups disappeared on the 5th day of treatment. Catarrhal mastitis lasted longer, the peak of recovery was smoothed out. Thus, among cows with this form of mastitis, it occurred on the 6th day of the disease in the control group (4 heads – 40.0 %) and the 5th day of the disease in the experimental group (3 heads – 37.5 %). Complete recovery was observed on day 7 in the control group, day 6 in the experimental group of cows treated against catarrhal mastitis.

To study the effect of the Raido herbal remedy on the udder microflora, a bacteriological study of the mammary gland secretions of cows of the experimental and control groups was conducted. Sectetion samples were

taken from the affected lobes in compliance with the rules of asepsis and antiseptics at the beginning of the disease before the introduction of the herbal remedy and during recovery.

The isolated microflora was represented by microorganisms of the Staphylococcus (St. albus, St. aureus), Streptococcus (Str. agalactiae, Str. dysagalactiae, Str. spp.), Escherichia (Esh. coli), Enterobacter (Enter. agglomerans), Klebsiella (Kleb. pneumoniae) genera at the beginning of the disease. After the end of treatment, the previously isolated microflora in secretions of cows of the control and experimental groups was insignificant. The number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (QMAFAnM, CFU/g) met the requirements of the Russian State Standard GOST R 52054 "Natural cow's milk-raw materials. Technical requirements".

Determining the efficacy of the Raido and Riposol phytomedicines in treating acute serous and catarrhal mastitis in lactating cows.

A comparative description of the therapeutic effects of the Raido and Riposol herbal drugs is given in table 6.

As shown in table 6, the complete disappearance of clinical signs of serous mastitis was observed, as a rule, on the 5th day of treatment. Cows of the experimental group II, administered the Raido remedy, recovered in 95 % of cases (96 % of udder quarters). When using the Riposol drug, 85 % of cows of the experimental group II got well (85.7 % of udder quarters).

The cure of the catarrhal mastitis in the II experimental group occurred, as a rule, on the 6th day of treatment. 95 % of cows (93 % of udder quarters) recovered when using Raido, and 80 % of cows (88.5 % of udder quarters) when using Riprosol.

The content of somatic cells in animal milk before and after treatment of clinical and catarrhal mastitis is shown in table 7.

Table 7 depicts that after treatment with the Raido herbal remedy, the content of somatic cells in the milk of the experimental cows with serous mastitis decreased by 475 thousand/ml ($P < 0.01$), while it was lower by 409.60 thousand/ml ($P < 0.05$) after the Riposol herbal remedy. There was a significant difference ($P < 0.01$) between the number of somatic cells at the beginning of the disease and after treatment with the mentioned phytomedicines amounted to 504.81 thousand/ml and 440.00 thousand/ml, respectively.

Thus, the research results indicate that the Raido remedy containing larch dihydroquercetin and arabinogalactan contributes to the neutralization of microflora in mastitis-affected quarters. It was expressed by a lower number of somatic cells in milk and a reduced recovery time.

As a result of the calculated economic loss in farms, the daily rejection of milk was about 14 000 rubles, with 8 % of cows with mastitis in the herd.

Discussion and Conclusion

When determining the optimal dosage of the Raido drug, the morphological composition of the blood in cows with serous and catarrhal mastitis was studied in the initial stage of the disease and during recovery. During the treatment, there was a positive dynamics of a higher content of erythrocytes and haemoglobin and a decrease in leukocytosis, which indicates the recovery of the animals.

By the end of the disease, there was a significant (two-fold) decrease in the number of somatic cells in cows' milk. It is an important indicator of the herd well-being in terms of mastitis [3, p. 195], [15, p. 47], [15, p. 135].

Since the results obtained for the treatment of serous and catarrhal forms of mastitis with the Raido herbal remedy did not significantly differ in therapeutic effect from the generally accepted treatment regimen for mas-

Table 6

Comparative characteristics of the therapeutic effects of the Raido and Riposol phytomediicines

Group	Number of cows suffering from mastitis		Number of recovered cows'				Recovery time, days
	Heads	Udder quarters	Heads	%	Udder quarters	%	
Serous mastitis							
I experimental	20	24	17	85	21	87.5	5
II experimental	20	26	19	95	25	96	
Catarrhal mastitis							
I experimental	20	26	16	80	23	88.5	6
II experimental	20	27	19	95	25	93	

Table 7

The content of somatic cells in cow's milk before and after treatment of clinical mastitis

Group	Number of cows suffering from mastitis		Number of recovered cows'				Recovery time, days
	Heads	Udder quarters	Heads	%	Udder quarters	%	
Serous mastitis							
I experimental	20	24	17	85	21	87.5	5
II experimental	20	26	19	95	25	96	
Catarrhal mastitis							
I experimental	20	26	16	80	23	88.5	6
II experimental	20	27	19	95	25	93	

titis with Bicillin 5 and Mastisan A (in the case of serous mastitis treatment, recovery occurred on day 5, and in the case of catarrhal mastitis – on day 6–7 of therapy), we believe that at the initial stage of the disease, the traditional treatment regimen can be replaced with a daily intercisternal administration of the 5 ml Raido phytomedicine at serous mastitis and 10 ml at catarrhal mastitis. It will prevent the development of microflora resistance to antibiotics and contribute to their absence in dairy raw materials.

The efficacy of the arabinogalactan immunomodulatory properties is shown in the studies of L. A. Nikanova (2020), who found that natural feed additives based on arabinogalactan have an antioxidant and prebiotic effect, contribute to the higher adaptive ability of the body to technological and natural stress factors, increase pathogenetic resistance and correct metabolic processes [20, p. 89]. Arabinogalactan stimulates the growth and activity of lacto-and bifidobacteria, and thanks to this, through the normalization of the intestinal microflora, helps the body's immune system to function more reliably [21, p. 219].

In the conducted scientific and economic experience, the therapeutic effect of herbal remedies Raido (water-dispersed extract from larch wood and bark) and Riposol (water plant extract of larch, Siberian cedar and fir tree wood) based on plant raw materials of coniferous trees were compared, the preparations differ slightly in composition. A comparison of the therapeutic effects of the above-mentioned herbal remedies showed that 95 % of cows with both forms of mastitis recovered with daily intercisternal administration of Raido on day 5–6, while 85 % of cows with serous and 80 % of cows with catarrhal mastitis cured with the use of Riposol. At the same time, the content of somatic cells in the milk decreased by more than two times compared to the beginning of treatment.

The proposed methods of treating serous mastitis in cows using the Raido herbal remedy are more effective in comparison with Riposol treatment proved by a shorter recovery time and a decrease in the number of somatic cells.

Thus, the Raido phytomedicine can be used intercisternally at a dose of 5.0 ml once a day for 5 days to treat the initial stage of acute serous mastitis and at a dose of 10.0 ml once a day for 6 days for the treatment of the initial stage of acute catarrhal mastitis, being an alternative to antibiotics to prevent the development of antibiotic resistance of microflora.

To increase the overall resistance of the body and reduce the incidence of udder inflammation, it is necessary to strictly follow the hygienic and technological rules for animal keeping and milking and to provide the animals with full and balanced feeding.

References

1. Cobirka M., Tancin V., Slama P. Epidemiology and Classification of Mastitis // Animals (Basel) 2020. No. 10 (12). Article number 2212. DOI: 10.3390/ani10122212.

2. Sychyova T. S., Drozd M. N., Usevich V. M. Vliyanie kormovoy mineral'noy dobavki na profilaktiku mastita u korov [Influence of a feed mineral supplement on the prevention of mastitis in cows] // Molodezh' i nauka. 2017. No. 6. P. 119. (In Russian.)

3. Tresnitskiy S., Filatova A., Avdeenko V. Effektivnost' parenteral'nogo primeneniya preparatov na osnove tsefalosporinov pri lechenii mastita v molochnom zhivotnovodstve [Efficiency of parenteral application of preparations based on cephalosporins for mastitis treatment in milk cattle] // Bulletin of science and practice. 2018. Pp. 186–196. (In Russian.)

4. Novikova S., Sazonov A., Kashkovskaya L. Vliyanie odnokratnogo vvedeniya preparata "Tseftonit ® forte" na pokazateli krovi pri lechenii mastita u laktiruyushchikh korov [Influence of a single administration of the drug "Tseftonit ® forte" on blood parameters in the treatment of mastitis in lactating cows] // Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2018. No. 1 (140). S. 48-50 (In Russian.)

5. Kiseleva E. V., Tunikov G. M. Ehffektivnost' ispol'zovaniya sovremennykh antimikrobnykh preparatov dlya lecheniya mastita u korov [The effectiveness of the use of modern antimicrobial drugs for the treatment of mastitis in cows] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2017. No. 4 (36). Pp. 40–44. (In Russian.)

6. Makushev A. E., Larionov G. A., Dmitrieva O. N. Vliyanie profilaktiki mastita na snizhenie mikrobiologicheskoy obsemenennosti i povyshenie ekonomicheskoy effektivnosti proizvodstva moloka korov [Impact of mastitis prevention on reducing microbiological contamination and increasing the economic efficiency of cow milk production] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 9 (151). Pp. 26–31 (In Russian.)

7. Komarov V. Yu., Belkin B. L. Diagnostika mastita i otsenka effektivnosti provodimoy terapii [Diagnosis of mastitis and assessment of the effectiveness of the therapy] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2016. No. 1 (9). Pp. 97–102. (In Russian.)

8. Chakraborty S., Dhama K., Tiwari R., Yatoo M. R., Khurana S. K., Khandia R., Munjal A., Munuswamy P., Kumar V. A., Singh M., Singh R., Gupta V. K., Chaicumpa W. Technological interventions and advances in the diagnosis of intramammary infections in animals with emphasis on bovine population – a review // The Veterinary quarterly. 2019. No. 39 (1). Pp. 76–94. DOI: 10.1080/01652176.2019.1642546.

9. Lima S. F., Bicalho M. L. B., Bicalho R. C. Evaluation of milk sample fractions for characterization of milk microbiota from healthy and clinical mastitis cows [e-resource] // PLoS One. 2018. No. 13 (3). e0193671. DOI: 10.1371/journal.pone.0193671 (date of reference: 10.02.2021).

10. Avduevskaya N. N. Chuvstvitel'nost' zolotistogo stafilokokka, vydelennogo iz vymeni bol'nykh mastitom korov, k kompleksnym preparatam antimikrobnogo deystviya [Sensitivity of Staphylococcus aureus, isolated from the udder of cows with mastitis, to complex antimicrobial drugs] // The Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology". 2017. No. 3 (23). Pp. 56–59. (In Russian.)

11. Belkin B. L., Komarov V. Yu., Andreev V. B., Andreev S. V. Sravnitel'nyy analiz ehffektivnosti ryada preparatov dlya lecheniya i profilaktiki mastita u korov [Comparative analysis of the effectiveness of a number of drugs for the treatment and prevention of mastitis in cows] // The Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology". 2017. No. 3 (23). Pp. 109–113. (In Russian.)

12. Pshenichnikova I. L., Sadovnikov N. V. Lechenie i profilaktika subklinicheskogo mastita u korov [Treatment and prevention of subclinical mastitis in cows] // Molodezh' i nauka. 2017. No. 3. P. 47. (In Russian.)

13. Ashenbrenner A. I., Khaperskiy Yu. A., Chekunkova Yu. A., Belyaeva N. Yu. Terapevticheskaya ehffektivnost' preparata "Ekomast" pri ostrom laktacionnom mastite u korov [Therapeutic efficacy of the drug "Ekomast" in acute lactational mastitis in cows] // Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. 2018. No. 6. Pp. 42–46. (In Russian.)

14. Wilm J., Svennesen L., Eriksen E. Ø., Halasa T., Krömker V. Veterinary Treatment Approach and Antibiotic Usage for Clinical Mastitis in Danish Dairy Herds // Antibiotics (Basel) 2021. No. 10 (2). P. 189. DOI: 10.3390/antibiotics10020189.

15. Sharun Kh., Dhama K., Tiwari R., Gugjoo M. B., Yatoo M. I., Patel S. K., Pathak M., Karthik K., Khurana S. K., Singh R., Puvvala Bh., Amarpal, Singh R., Singh K. P., Chaicumpa W. Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review // The Veterinary quarterly. 2021. No. 41 (1). Pp. 107–136. DOI: 10.1080/01652176.2021.1882713.

16. Timakov A. V., Timakova T. K. Kompleksnaya terapiya bol'nykh gnoynymi formami mastita korov [Complex therapy of patients with purulent forms of cow mastitis] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2017. No. 3 (39). Pp. 18–21. (In Russian.)

17. Tatarnikova N. A., Zhdanova I. N. Vliyanie preparatov rastitel'nogo proiskhozhdeniya pri klinicheskom mastite korov [The effect of herbal preparations in clinical mastitis of cows] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 5 (67). Pp. 143–146 (In Russian.)

18. Solodovnikova E. S., Kolesnik A. B., Aminova A. L., et al. Preparat "Raido" dlya profilaktiki i lecheniya mastitov u korov i sposob ego polucheniya ["Raido" for the prevention and treatment of mastitis in cows and how to get it]. Patent RF № 2699723 C1, 09.09.2019. (In Russian.)

19. Ostroukhova L. A., Fedorova T. E., Onuchina N. A., Levchuk A. A., Babkin V. A. Opredelenie kolichestvennogo soderzhaniya ekstraktivnykh veshchestv iz drevesiny, korney i kory derev'ev khvoynykh vidov Sibiri: listvennitsy (Larix sibirica L.), sosny (Pinus sylvestris L.), pikhty (Abies sibirica L.), eli (Picea obolata L.) i kedra (Pinus sibirica du tour) [Determination of the quantitative content of extractive substances from wood, roots and bark of trees of coniferous species of Siberia: larch (Larix sibirica L.), pine (Pinus sylvestris L.), fir (Abies sibirica L.), spruce (Picea obolata L.) and cedar (Pinus sibirica du tour)] // Chemistry of plant raw material. 2018. No. 4. Pp. 185–195. (In Russian.)

20. Nikanova L. A. Vliyanie digidrokvertsetina i arabinogalaktana na promezhutochnyy obmen i rezistentnost' organizma porosyat [Influence of dihydroquercetin and arabinogalactan on intermediate metabolism and resistance of piglets] // The Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology". 2020. No. 1 (33). Pp. 85–91. (In Russian.)

21. Omarov M. O., Zelkova N. G., Slesareva O. A., Abilov B. T. Vliyanie bioflavanoidov – digokvertsetina i arabinogalaktana na biokhimicheskie pokazateli u vysokoproduktivnykh korov [The effect of bioflavonoids – digoquercetin and arabinogalactan on biochemical parameters in highly productive cows] // Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhnii i veterinarii. 2019. Vol. 8. No. 1. Pp. 216–221. (In Russian.)

Authors' information:

Albina L. Aminova[1], candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-2738-4692, AuthorID 829970; *+7 917 440-01-00*, *albina_ufa@list.ru*

Idris F. Yumaguzin[1], candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-5401-0242, AuthorID 158606; *+7 905 180-43-82*

Niyaz R. Subkhankulov[1], veterinarian of the animal husbandry department, ORCID 0000-0002-5038-2551, AuthorID 994019; *+7 917 367-62-73*, *niyazsubhankulov@gmail.com*

Tatyana A. Sedykh[1, 2], doctor of biological sciences, associate professor, scientific secretary[1], acting head of the department of genetics and chemistry[2], ORCID 0000-0002-5401-3179, AuthorID 431877; *+7 917 778-72-75*, *nio_bsau@mail.ru*

[1] Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

[2] Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia

УДК 634.235:634.222 631.5333
Код ВАК 06.01.05
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-43-52

Регенерационная способность *Cerasus fruticosa* и *Prunus domestica* в культуре in vitro

М. Г. Маркова[1]✉, Е. Н. Сомова[1]
[1] Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия
✉*E-mail: marmar1510@yandex.ru*

Аннотация. **Целью** данных исследований было введение в культуру in vitro вишни степной (*Cerasus fruticosa*) сорта Щедрая и сливы домашней (*Prunus domestica*) сорта Синеокая для последующего микроразмножения. **Методы.** Исследовались оптимальные условия для получения жизнеспособных эксплантов, такие как стерилизующий агент и срок инициации. Также проверена пригодность различных питательных сред для культивирования in vitro данных культур. **В результате** проведенных экспериментов выявлено, что наиболее эффективными стерилизующими агентами были 38-процентный пергидроль (к.) и 6-процентный хлоргексидин: выход жизнеспособных эксплантов вишни составил 63,8 % и 61,5 %, сливы – 69,8 % и 66,6 % соответственно. Оптимальным сроком инициации эксплантов in vitro вишни оказался январь, где выход жизнеспособных эксплантов составил в среднем 53,9 %, в июне – 49,1 %, а для сливы срок инициации не имел значения – выход эксплантов составил 55,8 % зимой и 53,1 % в летний период. Культивирование in vitro вишни и сливы на питательной среде Кворина – Лепуавра обеспечило достоверно высокий коэффициент размножения, который составил в среднем 4,1 по вишне (2,7 в контроле) и 6,0 по сливе (3,9 в контроле). На той же среде получен максимальный коэффициент размножения: 6,2 у вишни и 8,2 у сливы. Таким образом, **научная новизна** данных исследований заключается в том, что подобраны оптимальные условия (стерилизующий агент, срок, питательная среда) для регенерации эксплантов in vitro вишни и сливы с последующим их микроразмножением.

Ключевые слова: вишня степная (*Cerasus fruticosa*), слива домашняя (*Prunus domestica*), клональное микроразмножение, стерилизующий агент, инициация эксплантов.

Для цитирования: Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Регенерационная способность *Cerasus fruticosa* и *Prunus domestica* в культуре in vitro // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 43–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-43-52.

Дата поступления статьи: 16.03.2021, ***дата рецензирования:*** 31.03.2021, ***дата принятия:*** 14.04.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях Среднего Предуралья России такие косточковые культуры, как вишня и слива, занимают прочное место в любительских садах. Их плоды ценятся за высокое содержание пектиновых веществ, которые являются антирадиантами, за богатый минеральный состав, наличие большого количества биологически активных веществ и витаминов.

Вишня по ботаническому обозначению принадлежит семейству розоцветных, роду Cerasus (цераз). Это скороспелая культура, дающая плоды на третий – четвертый год после посадки. В плодах вишни содержится до 12 % сахаров в наиболее усвояемой форме – глюкозе и фруктозе, достаточно высокое содержание фруктовых кислот, в основном яблочной и лимонной, которые человеческим организмом хорошо усваиваются. В плодах много витаминов (С, Р, В, провитамин А), а также амигдалин и кумарины. Минеральный состав плодов вишни также богат и разнообразен. В 100 г. плодов содержится в среднем (мг): калия – 197, кальция – 21, железа – 17, магния – 14, фосфора – 17, натрия – 34, а также соли кобальта, меди и других металлов. Такой богатый состав позволяет рассматривать плоды вишни как хорошее профилактическое средство для предупреждения сердечно-сосудистых заболеваний человека [1, с. 49]. Одним из наиболее зимостойких считается тетраплоидный вид – вишня степная (*Cerasus fruticosa*) [2, с. 44].

Слива принадлежит также семейству розоцветных, роду *Prunus*. Ценится за быстрый рост, скороплодность, урожайность. Плоды обладают хорошими вкусовыми и целебными качествами благодаря повышенному содержанию витамина B_2 (рибофлавин) и пектиновых веществ, которых в 2–3 раза больше, чем в плодах других садовых культур. В плодах сливы содержатся также фенольные соединения, антоцианы, лейкоантоцианы, обладающие капилляроукрепляющим и противосклеротическим действием. Из минеральных веществ в плодах найдено значительное количество соединений калия (214 мг / 100 г плодов), железа, йода, цинка, меди. Род сливы состоит из более чем 30 видов, одним из которых является слива домашняя (*Prunus domestica*) [3, с. 70].

© Markova M. G., Somova E. N., 2021

Таблица 1
Состав питательных сред

Группа веществ	Вещество	Мурасиге – Скуга (st.), мг/л	Кворина – Лепуавра, мг/л	Вуди Плант Медиум, мг/л	Гамборга, мг/л
Макроэлементы	NH_4NO_3	1650	400	400	–
	KNO_3	1900	1800	–	2500
	$MgSO_4\ 7H_2O$	370	360	250	250
	KH_2PO_4	170	270	170	–
	$(NH_4)SO_4$	–	–	–	134
Источник кальция	$Ca(NO_3)_2\ 4H_2O$	–	1200	–	–
	$CaCl_2\ 2H_2O$	490	–	150	150
Микроэлементы	$Mn\ SO_4\ 4H_2O$	22,3	1,0	10	10
	H_3BO_3	8,6	6,2	3	3,0
	$ZnSO_4\ 7H_2O$	6,2	8,6	2	2,0
	$Na_2MoO_42H_2O$	0,25	0,25	03	0,25
	$CuSO_4\ 5H_2O$	0,025	0,025	0,03	0,025
	$CoCl_2\ 6H_2O$	0,025	0,025	0,03	1,025
	KJ	0,83	0,8	2,5	0,75
	Si	–	–	–	–
Хелат железа	$FeSO_4\ 7H_2O$	57,6	55,7	55,6	55,6
	Na_2ЭДТА $2H_2O$	74,6	74,5	74,6	74,6
Углеводы	Сахароза	25 000	25 000	25 000	25 000
	Агар	4000	4000	4000	4000
Витамины	Мезоинозит	100	100	100	100
	Никотиновая кислота	0,5	0,5	0,5	0,5
	Пиридоксин	0,5	0,5	0,5	0,5
	Тиамин	0,1	0,1	0,1	0,1
	Глицин	2,0	2,0	2,0	2,0

Table 1
Composition of nutrient media

Group of substances	*Substance*	*Murashige – Skoog (st.), mg/l*	*Quoirin – Lepoivre, mg/l*	*Woodi Plant Medium, mg/l*	*Gamborg, mg/l*
Macronutrients	NH_4NO_3	*1650*	*400*	*400*	–
	KNO_3	*1900*	*1800*	–	*2500*
	$MgSO_4\ 7H_2O$	*370*	*360*	*250*	*250*
	KH_2PO_4	*170*	*270*	*170*	–
	$(NH_4)SO_4$	–	–	–	*134*
Calcium source	$Ca(NO_3)_2\ 4H_2O$	–	*1200*	–	
	$CaCl_2\ 2H_2O$	*490*	–	*150*	*150*
Micronutrients	$Mn\ SO_4\ 4H_2O$	*22.3*	*1.0*	*10*	*10*
	H_3BO_3	*8.6*	*6.2*	*3*	*3.0*
	$ZnSO_4\ 7H_2O$	*6.2*	*8.6*	*2*	*2.0*
	$Na_2MoO_42H_2O$	*0.25*	*0.25*	*03*	*0.25*
	$CuSO_4\ 5H_2O$	*0.025*	*0.025*	*0.03*	*0.025*
	$CoCl_2\ 6H_2O$	*0.025*	*0.025*	*0.03*	*1.025*
	KJ	*0.83*	*0.8*	*2.5*	*0.75*
	Si	–	–	–	–
Iron chelate	$FeSO_4\ 7H_2O$	*57.6*	*55.7*	*55.6*	*55.6*
	$Na_2EDTA\ 2H_2O$	*74.6*	*74.5*	*74.6*	*74.6*
Carbohydrates	*Saccharose*	*25 000*	*25 000*	*25 000*	*25 000*
	Agar	*4000*	*4000*	*4000*	*4000*
Vitamins	*Mesoinositis*	*100*	*100*	*100*	*100*
	Nicotinic acid	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0.5*
	Pyridoxine	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0.5*
	Thiamine	*0.1*	*0.1*	*0.1*	*0.1*
	Glycine	*2.0*	*2.0*	*2.0*	*2.0*

Использование новых пластичных и устойчивых к болезням сортов косточковых культур, в том числе вишни и сливы, позволяет существенно увеличить экологическую устойчивость садоводства [4, с. 417]. В условиях Удмуртской республики неплохо адаптировались сорт вишни степной Щедрая, выведенный Свердловской селекционной станцией садоводства, и сорт сливы домашней Синеокая селекции ТатНИИСХ.

© Маркова М. Г., Сомова Е. Н., 2021

Вишня сорта Щедрая относится к виду кустарниковых (степных) вишен, которые от обыкновенной вишни отличаются большей выносливостью к низким температурам, засухе, болезням и вредителям. Растет в виде невысокого куста, не превышающего 2 м. Широкая среднезагущенная крона имеет округлую приподнятую форму. Сорт позднеспелый, период созревания растянут. Плоды массой 3–4 г, округлой формы, темно-красного цвета, мякоть среднеплотная, сочная, кисло-сладкого вкуса. Плодоношение начинается на третий или четвертый год, урожайность высокая и стабильная [5, с. 105].

Слива домашняя Синеокая – сорт раннего срока созревания, универсального назначения. Дерево среднерослое, быстрорастущее, с густой шаровидной кроной. Плоды яйцевидной формы, средней массой 20,6 г, основная окраска плода синяя, мякоть желтозеленая, вкус кисло-сладкий. Сорт самобесплоден, начинает плодоносить на третий – четвертый год. Болезнями и вредителями поражается в слабой степени. Сорт обладает средней устойчивостью к засухе, зимостойкий [6, с. 44].

Большой урон плодовым культурам наносят вирусные и фитоплазменные болезни, которые способны изменять фотосинтетическую деятельность, активность ферментных систем, потребление и накопление минеральных элементов и даже скорость прохождения фенофаз растений [7, с. 98]. Одним из действенных способов оздоровления растений является размножение в культуре in vitro. Клональное микроразмножение способом пролиферации пазушных меристем и побегов считается наиболее надежным с точки зрения генетической стабильности размножаемых форм [8, с. 25].

Практический интерес представляет изучение регенерационной способности вишни и сливы в культуре in vitro и оптимизация элементов технологии клонального микроразмножения данных культур [9, с. 160]. Известно, что на этот процесс оказывают влияние ряд факторов, в том числе стерилизующий агент при инициации эксплантов в культуру in vitro, а также состав питательной среды для микроразмножения [10, с. 39].

Патогенные микроорганизмы представляют собой серьезную проблему при инициации и культивировании культур in vitro. При дезинфекции растительных эксплантов, кроме стерилизующего вещества, немаловажными являются тип экспланта и срок введения. При неправильно подобранной схеме стерилизации происходит контаминация среды и эксплантов грибной и бактериальной микрофлорой [11, с. 46]. Внутренние инфекции, не проявляясь внешне, могут появляться спустя несколько недель культивирования и оказывать влияние на рост и развитие эксплантатов. Индивидуальный подбор нетоксичных стерилизующих препаратов, их концентрации и экспозиции, при которых достигается высокий уровень стерильности культуры и низкий уровень угнетения эксплантов, остается актуальным [12, с. 105].

Основная группа стерилизаторов, используемых в качестве стандартов, – ртутьсодержащие и хлорсодержащие вещества. Из веществ, содержащих ртуть, чаще всего применяется 0,1-процентный раствор сулемы ($HgCl_2$) с экспозицией от 1 до 10 минут [13, с. 802]. Из хлорсодержащих препаратов часто используют гипохлорит натрия в различных концентрациях (0,5–20 %) и экспозициях (10–25 мин.) в зависимости от культуры и типа экспланта [14, с. 228].

Особенностью работы с культурой in vitro является индивидуальный подбор компонентов питательной среды (макро- и микроэлементов, стимуляторов роста и т. д.) на всех этапах микроразмножения. Ряд авторов считает целесообразным использование для клонального микроразмножения косточковых культур модификации таких питательных сред, как Мурасиге – Скуга и Вуди Плант Медиум [15, с. 150], Уайта, Кнопа, Андерсона, Ли и де Фоссарда, Кворина – Лепуавра и др. [16].

Цель работы – изучить регенерационную способность эксплантов вишни и сливы в зависимости от срока инициации и стерилизующего агента.

Методология и методы исследования (Methods)

Объекты исследований – вишня степная сорта Щедрая и слива домашняя сорта Синеокая. Введение в культуру вишни и сливы проводили в два периода: вынужденного выхода из покоя (январь) и активного роста (первая половина июня). Исходным материалом служили в зимний период – набухшие почки одревеснивших побегов, во время активного роста (июнь) – верхушки растущих побегов. Исследования проведены на базе меристемной лаборатории Удмуртского НИИСХ УдмФИЦ УрО РАН с использованием современных методов биотехнологии согласно «Технологии получения оздоровленного посадочного материала плодовых и ягодных культур» (2013 г.). В качестве стерилизующих агентов использованы 38-процентный пергидроль, 48-процентный этиловый спирт, 6-процентный хлоргексидин и Amway™ Pursue™. Растительный материал в течение часа промывали проточной водой, затем стерилизовали с экспозицией 6–8 мин., далее промывали пятикратно в стерильной дистиллированной воде. Перед высаживанием почки очищались от почечных чешуй с помощью стерильных иглы и скальпеля.

Пероксид водорода (H_2O_2) применяется в производстве дезинфицирующих и отбеливающих средств, обладает хорошими очищающими и антисептическими свойствами. 38-процентный водный раствор пероксида водорода, стабилизированный добавлением фосфатов натрия, называется пергидролем. Хлоргексидин ($C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$) – антисептическое средство, проявляет бактерицидное действие в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий при температуре 22 °С и воздействии в течение 1 мин.; фунгицидное действие при температуре 22 °С и воздействии в течение 10 мин.; имеет вирулицидное действие в отношении липофильных вирусов. Этиловый спирт (C_2H_5OH) – антисептик, применяется

как обеззараживающее и подсушивающее средство. Amway™ Pursue™ – концентрированное дезинфицирующее чистящее средство, действующее вещество L – молочная кислота. Убивает до 99,99 % бактерий в (том числе кишечную и синегнойную палочки, золотистый стафилококк и сальмонеллу), эффективен в отношении вирусов и патогенных грибов, не содержит отбеливателей, хлорида аммония, хлора и фосфатов, искусственных красителей и ароматизаторов.

Инициация эксплантов проходила на питательной среде Мурасиге – Скуга с половинной дозой макро- и микросолей (МС½) с содержанием цитокинина 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л. **Культивирование выживших эксплантов осуществлялось на питательных средах** Мурасиге – Скуга (контроль), Вуди Плант Медиум, Гамборга, Кворина – Лепуавра, **компонентный состав которых представлен в** таблице 1. Освещенность составляла 75–85 мМоль/м^2 · с–1, 6500 К, температура 22–25 ° С, относительная влажность воздуха 70–75 %, световой день 14 часов. Культуральными сосудами служили пробирки биологические П2-21-200 и колбы круглые плоскодонные объемом 250 мл. Ростовые параметры микрорастений определялись согласно ГОСТ Р 54051-2010 «Плодовые и ягодные культуры. Стерильные культуры и адаптированные микрорастения. Технические условия». Обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Результаты (Results)

На этапе инициации исследована возможность получения стерильной культуры вишни и сливы в условиях in vitro. Основной задачей было установить зависимость приживаемости эксплантов вишни и сливы от сроков инициации и стерилизующих агентов. Немаловажным также являлся подбор оптимальной питательной среды для микроразмножения данных культур. Большими проблемами на данном этапе являлись зараженность эксплантов грибной и бактериальной инфекцией, приживаемость эксплантов и фенольное окисление апексов и питательной среды.

Выявлено, что на уровень инфицированности исследуемых культур и на выход жизнеспособных эксплантов оказал влияние как срок введения, так и стерилизующий агент (таблица 2). Инфицированных эксплантов в летний срок введения по вишне оказалось в 2,2 раза, по сливе – в 1,8 раза больше, чем в зимний.

Таблица 2

Инфицированность эксплантов после применения различных стерилизующих агентов, %

Стерилизующий агент	Срок		Среднее по стерилизующему агенту
	Январь	Июнь	
Вишня			
Пергидроль 33,0 % (st.)	12,5	31,3	21,9
Этиловый спирт 48,0 %	6,3	26,7	16,5
Хлоргексидин 6,0 %	6,7	28,6	17,6
Amway™ Pursue™	36,6	50,0	43,3
Среднее по сроку	15,5	34,2	–
Слива			
Пергидроль 33,0 % (к.)	3,4	7,8	5,6
Этиловый спирт 48,0 %	25,8	44,2	35,0
Хлоргексидин 6,0 %	2,3	10,0	6,2
Amway™ Pursue™	15,5	22,0	18,8
Среднее по сроку	11,8	21,0	–

Table 2

Infection of explants after using various sterilizing agents, %

Sterilizing agent	*Time*		*Average by sterilizing agent*
	January	*June*	
Cherry			
Perhydrol 33,0 % (st.)	*12.5*	*31.3*	*21.9*
Ethanol 48,0 %	*6.3*	*26.7*	*16.5*
Chlorhexidine 6,0 %	*6.7*	*28.6*	*17.6*
Amway™ Pursue™	*36.6*	*50.0*	*43.3*
Average in time	*15.5*	*34.2*	–
Plum			
Perhydrol 33,0 % (st.)	*3.4*	*7.8*	*5.6*
Ethanol 48,0 %	*25.8*	*44.2*	*35.0*
Chlorhexidine 6,0 %	*2.3*	*10.0*	*6.2*
Amway™ Pursue™	*15.5*	*22.0*	*18.8*
Average in time	*11.8*	*21.0*	–

Таблица 3

Выход жизнеспособных эксплантов вишни в зависимости от стерилизующего агента и сроков введения, %

Стерилизующий агент (А)	Сроки введения (В)		Среднее по фактору А
	Январь	Июнь	
Пергидроль 33,0 % (st.)	53,0	74,5	63,8
Этиловый спирт 48,0 %	56,4	46,6	51,5
Хлоргексидин 6,0 %	69,9	53,0	61,5
Amway™ Pursue™	36,3	22,3	29,3
Среднее по фактору В	53,9	49,1	–
$НСР_{05}$	Главных эффектов		Частных различий
А	5,8		8,1
В	3,9		5,8

Table 3

Yield of viable cherry explants depending on the sterilizing agent and the timing of introduction, %

Sterilizing agent (A)	*Timing of introduction (B)*		*Average by factor A*
	January	*June*	
Perhydrol 33,0 % (st.)	*53.0*	*74.5*	*63,8*
Ethanol 48,0 %	*56.4*	*46.6*	*51,5*
Chlorhexidine 6,0 %	*69.9*	*53.0*	*61,5*
Amway™ Pursue™	*36.3*	*22.3*	*29,3*
Average by factor B	*53.9*	*49.1*	–
LSD (95 %)	*Of main effects*		*Of particular differences*
A	*5.8*		*8.1*
B	*3.9*		*5.8*

Независимо от сроков введения наибольшая инфицированность (43,3 %) эксплантов вишни наблюдалась после стерилизации их Amway™ Pursue™, что почти в 2 раза выше, чем в контроле (21,9 %). Невысокая степень инфицированности эксплантов вишни получена при стерилизации их этиловым спиртом (16,5 %) и хлоргексидином (17,6 %), что на уровне контрольного показателя.

Выход инфицированных эксплантов сливы при обработке этиловым спиртом и Amway™ Pursue™ соответственно в 6,2 и в 3,4 раза выше, чем в контроле (5,6 %). Стерилизация эксплантов хлоргексидином по эффективности сравнима с контрольным вариантом или использованием пергидроля, так как инфицированность снизилась до 6,2 %.

Наименьшая инфицированность эксплантов отмечена в зимний период введения в культуру in vitro: по вишне – 6,3 % при стерилизации этиловым спиртом, по сливе – 2,3 % при обработке хлоргексидином.

Лучшим сроком введения в культуру вишни независимо от стерилизующего агента оказался январь, где выход жизнеспособных эксплантов составил в среднем 53,9 %, в июне – 49,1% при $НСР_{05}$ 3,9 % (таблица 3).

Наибольший выход жизнеспособных эксплантов вишни обеспечила стерилизация растительного материала пергидролем 63,8 % и хлоргексидином 61,5 % при $НСР_{05}$ 5,8 %. Существенно снизился в сравнении с контролем (63,8 %) данный показатель при использовании этилового спирта и Amway™ Pursue™ – до 51,5 % и 29,3 % соответственно.

В летний срок введения в культуру *in vitro* отмечено максимальное выделение в питательную среду продуктов окисления фенолов. Эти вещества вызывают гибель таких мелких структур, как меристема, а также оказывают ингибирующее воздействие на рост побегов и образование дополнительных почек при культивировании.

Наибольший выход жизнеспособных эксплантов вишни получен при стерилизации пергидролем в летний срок – 74,5 %.

Независимо от времени инициации высокий выход жизнеспособных эксплантов сливы в среднем обеспечила стерилизация пергидролем и хлоргексидином – 69,8 % и 66,6 % соответственно при $НСР_{05}$ 5,6 % (таблица 4). Срок введения сливы в стерильную культуру не оказал влияния на выход жизнеспособных эксплантов, который составил 55,8 % зимой и 53,1 % в летний период при $НСР_{05}$ 4,4 %. Наибольший выход жизнеспособных эксплантов сливы получен при стерилизации пергидролем в летний срок и составил 82,3 %.

Обеспечение быстрого размножения эксплантов в течение культивирования в нескольких пассажах достигается снятием апикального доминирования при добавлении в питательную среду оптимальной концентрации цитокинина и правильным подбором питательной среды. Концентрация 6-бензиламинопурина (6-БАП) составляла во всех используемых питательных средах 0,5 мг/л.

Таблица 4

Выход жизнеспособных эксплантов сливы в зависимости от стерилизующего агента и сроков введения, %

Стерилизующий агент (А)	Срок (В)		Среднее по фактору А
	Январь	Июнь	
Пергидроль 33,0 % (st.)	57,3	82,3	69,8
Этиловый спирт 48,0 %	25,8	30,0	27,9
Хлоргексидин 6,0 %	77,8	55,5	66,6
Amway™ Pursue™	62,5	44,5	53,5
Среднее по фактору В	55,8	53,1	–
$НСР_{05}$	Главных эффектов		Частных различий
А	5,6		7,9
В	4,4		8,9

Table-4

Yield of viable plum explants depending on the sterilizing agent and the timing of introduction, %

Sterilizing agent (A)	*Timing of introduction (B)*		*Average by factor A*
	January	*June*	
Perhydrol 33,0 % (st.)	*57.3*	*82.3*	*69,8*
Ethanol 48,0 %	*25.8*	*30.0*	*27,9*
Chlorhexidine 6,0 %	*77.8*	*55.5*	*66,6*
Amway™ Pursue™	*62.5*	*44.5*	*53,5*
Average by factor B	*55.8*	*53.1*	–
LSD (95 %)	*Of main effects*		*Of particular differences*
A	*5.6*		*7.9*
B	*4.4*		*8.9*

Таблица 5

Коэффициент размножения эксплантов вишни и сливы в зависимости от питательной среды

Питательная среда	Пассаж				Среднее значение
	I	II	III	IV	
Вишня					
Мурасиге – Скуга (st.)	2,5	2,4	2,6	3,2	2,7
Вуди Плант Медиум	1,5	1,4	1,7	1,6	1,6
Кворина – Лепуавра	2,5	2,6	5,0	6,2	4,1
Гамборга	1,5	1,4	1,6	1,8	1,6
$НСР_{05} = 1,4$					
Слива					
Мурасиге – Скуга (к.)	2,9	3,0	4,2	5,6	3,9
Вуди Плант Медиум	2,4	2,5	2,5	3,7	2,8
Кворина – Лепуавра	5,0	5,2	5,4	8,2	6,0
Гамборга	2,1	2,3	2,7	3,1	2,6
$НСР_{05} = 0,9$					

Table 5

Multiplication factor of cherry and plum explants depending on the nutrient medium

Nutrient medium	*Passage*				*Average*
	I	*II*	*III*	*IV*	
Cherry					
Murashige – Skoog (st.)	*2.5*	*2.4*	*2.6*	*3.2*	*2.7*
Woodi Plant Medium	*1.5*	*1.4*	*1.7*	*1.6*	*1.6*
Quoirin – Lepoivre	*2.5*	*2.6*	*5.0*	*6.2*	*4.1*
Gamborg	*1.5*	*1.4*	*1.6*	*1.8*	*1.6*
$LSD_{05} = 1,4$					
Plum					
Murashige – Skoog (st.)	*2.9*	*3.0*	*4.2*	*5.6*	*3.9*
Woodi Plant Medium	*2.4*	*2.5*	*2.5*	*3.7*	*2.8*
Quoirin – Lepoivre	*5.0*	*5.2*	*5.4*	*8.2*	*6.0*
Gamborg	*2.1*	*2.3*	*2.7*	*3.1*	*2.6*
$LSD_{05} = 0,9$					

Таблица 6

Качественный анализ микропобегов пролиферации в зависимости от питательной среды

Питательная среда	Число побегов в конгломерате, шт.	Число листьев, шт/эксплант	Длина микро-побегов, мм	Хлороз, %	Витрификация, %
Вишня					
Мурасиге – Скуга (st.)	1–3	3,3	7,8	2	0
Вуди Плант Медиум	1–2	2,4	6,6	4	1
Кворина – Лепуавра	1–3	3,8	9,2	2	0
Гамборга	1–2	2,3	6,8	3	2
Слива					
Мурасиге – Скуга (к.)	1–3	3,6	8,2	3	0
Вуди Плант Медиум	1–2	2,6	7,0	3	2
Кворина – Лепуавра	1–5	3,9	10,1	2	0
Гамборга	1–2	2,7	6,7	5	3

Table 6

Qualitative analysis of microshoots on proliferation depending on the nutrient medium

Nutrient medium	*The number of shoots in the conglomerate, pcs.*	*Number of leaves, pcs/explant*	*Microshoots length, mm*	*Chlorosis, %*	*Vitrification, %*
Cherry					
Murashige – Skoog (st.)	*1–3*	*3.3*	*7.8*	*2*	*0*
Woodi Plant Medium	*1–2*	*2.4*	*6.6*	*4*	*1*
Quoirin – Lepoivre	*1–3*	*3.8*	*9.2*	*2*	*0*
Gamborg	*1–2*	*2.3*	*6.8*	*3*	*2*
Plum					
Murashige – Skoog (st.)	*1–3*	*3.6*	*8.2*	*3*	*0*
Woodi Plant Medium	*1–2*	*2.6*	*7.0*	*3*	*2*
Quoirin – Lepoivre	*1–5*	*3.9*	*10.1*	*2*	*0*
Gamborg	*1–2*	*2.7*	*6.7*	*5*	*3*

Выявлено существенное влияние состава питательных сред на коэффициент размножения вишни и сливы. Наибольшую пролиферативную активность у обеих культур вызывала питательная среда Кворина – Лепуавра. При культивировании на данной питательной среде коэффициент размножения вишни составил в среднем за четыре пассажа 4,1 при 2,7 в контроле и $НСР_{05}$ 1,4 (таблица 5). Коэффициент размножения сливы на среде Кворина – Лепуавра также достигал максимального значения – 6,0 при 3,9 в контроле и $НСР_{05}$ 0,9. На питательных средах Вуди Плант Медиум и Гамборга коэффициент размножения вишни оказался невысоким и в среднем составил 1,6 (2,7 в контроле). Такая же тенденция наблюдается по сливе: коэффициент размножения на данных средах существенно снизился до 2,8 и 2,6 соответственно при 3,9 в контроле ($НСР_{05}$ 0,9). Максимальный коэффициент размножения микрочеренков получен на среде Кворина – Лепуавра в четвертом пассаже и составил 6,2 у вишни и 8,2 у сливы.

Качественный анализ микропобегов вишни и сливы проведен по итогам первого пассажа пролиферации, так как в последующих пассажах хлоротичных и витрифицированных экземпляров не отмечалось (таблица 6). В сравнении с использованием питательных сред Вуди Плант Медиум и Гамборга, установлено преимущество культивирования микрочеренков вишни на средах Мурасиге – Скуга и Кворина – Лепуавра, так как микропобеги имели большую длину – 7,8 и 9,2 мм соответственно, большее число листьев – 3,3 и 3,8 шт., хлоротичных побегов насчитывалось всего 2 %, витрифицированных не наблюдалось.

Подобная картина наблюдается и по сливе. Культивирование микрочеренков сливы на средах Мурасиге – Скуга и Кворина – Лепуавра также обеспечило соответственно: большую высоту микропобегов – 8,2 и 10,1 мм, большее число листьев – 3,6 и 3,9 шт., микропобегов с хлорозом насчитывалось 3 % и 2 %, витрификации не наблюдалось.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, инфицированность исследуемых культур и выход жизнеспособных эксплантов зависел как от стерилизующего агента, так и от срока инициации in vitro. Наиболее эффективными стерилизующими агентами являлись 38-процентный пергидроль и 6-процентный хлоргексидин: выход жизнеспособных эксплантов вишни составил 63,8 % и 61,5 %, сливы – 69,8% и 66,6 % соответственно. Лучшим сроком введения в культуру вишни оказался январь, где выход жизнеспособных эксплантов составил в среднем 53,9 %, в июне – 49,1%. Для сливы время инициации не оказало влияния на выход жизнеспособных экс-

плантов, который составил 55,8 % зимой и 53,1 % в летний период. Наибольший выход жизнеспособных эксплантов получен при стерилизации 38-процентным пергидролем в летний срок и составил у вишни 74,5 %, у сливы – 82,3%. Культивирование in vitro вишни и сливы на питательной среде Кворина – Лепуавра обеспечило достоверно высокий коэффициент размножения, который составил в среднем 4,1 по вишне (2,7 в контроле) и 6,0 по сливе (3,9 в контроле). На среде Кворина – Лепуавра также получен максимальный коэффициент размножения, который составил 6,2 у вишни и 8,2 у сливы.

Качественный анализ микропобегов вишни и сливы показал преимущество культивирования микрочеренков обеих культур на средах Мурасиге – Скуга и Кворина – Лепуавра, так как микропобеги имели большую высоту, большее число листьев, меньшее количество хлоротичных побегов при полном отсутствии витрифицированных.

Библиографический список

1. Гасымов Ф. М., Галимов В. Р. Плодовые культуры на Южном Урале: монография. Челябинск, 2014. 80 с.
2. Васильев А. А., Гасымов Ф. М., Галимов В. Р. Адаптивный потенциал вишни в Челябинской области // Плодоводство и виноградарство юга России. 2021. № 67 (1). С. 44–54. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-44-54.
3. Бунцевич Л. Л., Костюм М. А. Клональное микроразмножение сливы домашней *in vitro* // Научные труды государственного научного учреждения северо-кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. 2017. Т. 12. С. 70–78.
4. Еремин Г. В., Еремин В. Г. Использование генофонда дикорастущих видов рода Prunus L. в селекции клоновых подвоев косточковых культур // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176. №4. С. 416–428. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-4-416-428.
5. Васильев А. А., Гасымов Ф. М., Галимов В. Р. Сортоизучение вишни степной в Челябинской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (1). С. 105–109. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-105-109.
6. Осипов Г. Е., Осипова З. А. Новый сорт сливы домашней Синеокая селекции Татарского НИИСХ // Садоводство и виноградарство. 2016. № 5. С. 43–45. DOI: 10.18454/VSTISP.2016.5.3448.
7. Бунцевич Л. Л., Винтер М. А, Щербаков Н. А. Влияние вируса шарки сливы (PPV) на эффективность клонального микроразмножения сливы домашней // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 4 (34). С. 98–101. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-32-98-101.
8. Высоцкий В. А. Подходы к прогнозированию конечного выхода растений при клональном микроразмножении плодовых и ягодных культур // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 6. № 1. С. 24–26.
9. Шахов В. В., Федотова И. Э., Ташматова Л. В., Мацнева О. В., Хромова Т. М. Влияние сезонного фактора на приживаемость эксплантов вишни обыкновенной в культуре *in vitro* // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 11-1 (101). С. 159–162. DOI: 10.23670/IRJ.2020.101.11.027.
10. Шахов В. В., Ташматова Л. В., Мацнева О. В., Хромова Т. М. Эффективность стерилизующих агентов при введении сортов вишни в культуру *in vitro* // Современное садоводство. 2018. № 4 (28). С. 32–37.
11. Бессонова В. А., Черепанова О. Е. Введение в культуру *in vitro Ginkgo biloba* (*Linnaeus, 1771*) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 43–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-43-49.
12. Винтер М. А., Федорович С. В., Тхамокова И. Х. Эффективность антисептика «Биопак» при санации эксплантов в ходе клонального микроразмножения плодовых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 162. С. 105–113. DOI: 10.21515/1990-4665-162-007.
13. Yancheva S., Marchev P., Yaneva V., Roichev V. In vitro propagation of grape cultivars and rootstocks for production of pre-basic planting material // Bulgarian Journal of agricultural science. 2018. Vol. 24 (No. 5). Pp. 801–806.
14. Al Ghasheem N., Stănică F., Peticilă A. G., Venat O. In vitro effect of various sterilization techniques on peach (Prunus persica (L.) Batsch) explants // Scientifc Papers. Series B, Horticulture. 2018.Vol. LXII. Pp. 227–234.
15. Корнацкий С. А. Технологические подходы к использованию метода in vitro для массового производства растений косточковых культур // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10-4 (52). С. 150–152.
16. Острикова О. В., Хархардина Е. Л., Бобкова Е. Б., Ветрова Е. Н. Влияние органоминерального и гормонального состава питательной среды на эффективность клонального микроразмножения отдаленных гибридов вишни на этапе пролиферации в культуре *in vitro* // Природные ресурсы центрального региона России и их рациональное использование: материалы международной научно-практической конференции. Орел, 2017. С. 31–35.

Об авторах:

Марина Геннадьевна Маркова[1], научный сотрудник, ORCID 0000-0002-9427-6766, AuthorID 721818; *+7 919 912-05-07*, *marmar1510@yandex.ru*

Елена Николаевна Сомова[1], старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7917-8738, AuthorID 721821; *+7 950 175-46-27*, *ugniish-nauka@yandex.ru*
[1] Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

Regeneration capacity of *Cerasus fruticosa* and *Prunus domestica* into the in vitro culture

M. G. Markova[1]✉, E. N. Somova[1]
[1] Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia
✉*E-mail: marmar1510@yandex.ru*

Abstract. **The aim** of these studies was to introduce into the *in vitro* culture the steppe cherry (*Cerasus fruticosa*) variety Shchedraya and the domestic plum (*Prunus domestica*) variety Sineokaya for subsequent micropropagation. **Methods.** Optimal conditions for obtaining viable explants, such as sterilizing agent and initiation time, have been investigated. The suitability of various nutrient media for *in vitro* cultivation of these cultures has also been tested. **As a result** of the experiments, it was revealed that the most effective sterilizing agents were 38 % perhydrol (control) and 6% chlorhexidine: the yield of viable cherry explants was 63.8 % and 61.5 %, plums – 69.8 % and 66.6 %, respectively. The optimal time for the initiation of cherry explants *in vitro* was January, where the yield of viable explants averaged 53.9 %, in June – 49.1 %, and for plums the initiation time did not matter – the yield of explants was 55.8 % in winter and 53.1 % in summer. *In vitro* cultivation of cherries and plums on the Quoirin – Lepoivre nutrient medium provided a significantly high multiplication factor, which averaged 4.1 for cherries (2.7 in control) and 6.0 for plums (3.9 in control). On the same medium, the maximum multiplication factor was obtained, which was 6.2 for cherries and 8.2 for plums. Thus, **the scientific novelty** of these studies is that the optimal conditions (sterilizing agent, time, nutrient medium) have been selected for the regeneration of cherry and plum explants *in vitro* with their subsequent micropropagation.
Keywords: steppe cherry (*Cerasus fruticosa*), domestic plum (*Prunus domestica*), clonal micropropagation, sterilizing agent, explant initiation.

For citation: Markova M. G., Somova E. N. Regeneratsionnaya sposobnost' *Cerasus fruticosa* i *Prunus domestica* v kul'ture in vitro [Regeneration capacity of *Cerasus fruticosa* and *Prunus domestica* into the in vitro culture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 43–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-43-52. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.03.2021, ***date of review:*** 31.03.2021, ***date of acceptance:*** 14.04.2021.

References

1. Gasymov F. M., Galimov V. R. Plodovye kul'tury na Yuzhnom Urale [Fruit crops in the Southern Urals]. Chelyabinsk, 2014. Pp. 45–64. (In Russian.)
2. Vasil'yev A. A., Gasymov F. M., Galimov V. R. Adaptivnyy potentsial vishni v Chelyabinskoy oblasti [The adaptive potential of cherries in the Chelyabinsk region] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2021. No. 67 (1). Pp. 44–54. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-44-54. (In Russian)
3. Buntsevich L. L., Kostyum M. A. Klonal'noye mikrorazmnozheniye slivy domashney *in vitro* [Clonal micropropagation of domestic plum *in vitro*] // Nauchnyye trudy gosudarstvennogo nauchnogo uchrezhdeniya severokavkazskogo zonal′nogo nauchno-issledovatel′skogo instituta sadovodstva i vinogradarstva Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2017. Vol. 12. Pp. 70–78. (In Russian.)
4. Eremin G. V., Eremin V. G. Ispol'zovaniye genofonda dikorastushchikh vidov roda *Prunus L.* v selektsii klonovykh podvoyev kostochkovykh kul'tur [The use of the gene pool of wild species of the genus *Prunus L.* in the selection of clonal rootstocks of stone fruit crops] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2015. Vol. 176. No. 4. Pp. 416–428. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-4-416-428. (In Russian.)
5. Vasil'yev A. A., Gasymov F. M., Galimov V. R. Sortoizucheniye vishni stepnoy v Chelyabinskoy oblasti [Studying steppe cherry culti-vars in Chelyabinsk Province] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. Vol. 181(1). Pp.105-109. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-105-109 (In Russian)
6. Osipov G. E., Osipova Z. A. A new variety of plum home Sineokaya breeding of the Tatar Scientifi c Research Institute of Agriculture [A new variety of home-made Blue plum selected by the Tatar Research Institute of Agriculture] // Horticulture and viticulture. 2016. No. 5 Pp. 43–45. DOI: 10.18454/VSTISP.2016.5.3448. (In Russian.)

7. Buntsevich L. L., Vinter M. A, Shcherbakov N. A. Vliyaniye virusa sharki slivy (ppv) na effektivnost' klonal'nogo mikrorazmnozheniya slivy domashney [Influence of plum sharki virus (ppv) on the efficiency of clonal micropropagation of domestic plum] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2018. No. 4 (34). Pp. 98–101. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-32-98-101. (In Russian.)

8. Vysotskiy V. A. Podkhody k prognozirovaniyu konechnogo vykhoda rasteniy pri klonal′nom mikrorazmnozhenii plodovykh i yagodnykh kul'tur [Approaches to predicting the final yield of plants during clonal micropropagation of fruit and berry crops] // Selektsiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur. 2019. Vol. 6. No. 1. Pp. 24–26. (In Russian.)

9. Shakhov V. V., Fedotova I. E., Tashmatova L. V., Matsneva O. V., Khromova T. M. Vliyaniya sezonnogo faktora na prizhivayemost' eksplantov vishni obyknovennoy v kul'ture *in vitro* [Influence of the seasonal factor on the survival rate of common cherry explants into *in vitro* culture] // International Research Journal. 2020. No. 11-1 (101). Pp. 159–162. DOI: 10.23670/IRJ.2020.101.11.027. (In Russian.)

10. Shakhov V. V., Tashmatova L. V., Matsneva O. V., Khromova T. M. Effektivnost' sterilizuyushchikh agentov pri vvedenii sortov vishni v kul'turu *in vitro* [The effectiveness of sterilizing agents when introducing cherry varieties into culture *in vitro*] // Contemporary horticulture. 2018. No. 4 (28). Pp. 32–37. (In Russian.)

11. Bessonova V. A., Cherepanova O. E. Vvedeniye v kul'turu *in vitro Ginkgo biloba* (*Linnaeus, 1771*) [Introduction into culture *in vitro Ginkgo biloba* (*Linnaeus, 1771)*] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 43–49. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-43-49. (In Russian.)

12. Vinter M. A., Fedorovich S. V., Tkhamokova I. Kh. Effektivnost' antiseptika "Biopak" pri sanatsii eksplantov v khode klonal'nogo mikrorazmnozheniya plodovykh kul'tu [The effectiveness of the antiseptic "Biopack" in the rehabilitation of explants in the course of clonal micropropagation of fruit crops] // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2020. No. 162. Pp. 105–113. DOI: 10.21515/1990-4665-162-007. (In Russian.)

13. Yancheva S., Marchev P., Yaneva V., Roichev V. In vitro propagation of grape cultivars and rootstocks for production of pre-basic planting material // Bulgarian Journal of agricultural science. 2018. Vol. 24 (No. 5). Pp. 801–806.

14. Al Ghasheem N., Stănică F., Peticilă A. G., Venat O. In vitro effect of various sterilization techniques on peach (Prunus persica (L.) Batsch) explants // Scientifc Papers. Series B, Horticulture. 2018.Vol. LXII. Pp. 227–234.

15. Kornatskiy S. A. Tekhnologicheskiye podkhody k ispol'zovaniyu metoda *in vitro* dlya massovogo proizvodstva rasteniy kostochkovykh kul'tur [Technological approaches to the use of the *in vitro* method for the mass production of stone fruit plants] // International Research Journal. 2016. No. 10-4 (52). Pp. 150–152. (In Russian.)

16. Ostrikova O. V., Kharkhardina E. L., Bobkova E. B., Vetrova E. N. Vliyaniye organo-mineral'nogo i gormonal'nogo sostava pitatel'noy sredy na effektivnost' klonal'nogo mikrorazmnozheniya otdalennykh gibridov vishni na etape proliferatsii v kul'ture *in vitro* [Influence of the organomineral and hormonal composition of the nutrient medium on the efficiency of clonal micropropagation of distant cherry hybrids at the stage of proliferation into culture *in vitro*] // Prirodnyye resursy tsentral'nogo regiona Rossii i ikh ratsional'noye ispol'zovaniye: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Orel, 2017. Pp. 31–35. (In Russian.)

Authors' information:

Marina G. Markova[1], researcher, ORCID 0000-0002-9427-6766, AuthorID 721818; *+7 919 912-05-07*, *marmar1510@yandex.ru*

Elena N. Somova[1], senior researcher, ORCID 0000-0002-7917-8738, AuthorID 721821; *+7 950 175-46-27*, *ugniish-nauka@yandex.ru*

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

УДК 636.2:612.621
Код ВАК 06.02.01
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-53-60

Оценка показателей жизнеспособности сперматозоидов быков после воздействия диметилглицеролата кремния с использованием метода проточной цитофлуориметрии

А. Н. Накидкина[1]✉, Т. И. Кузьмина[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Пушкин, Россия
✉*E-mail: alena_boiceva@mail.ru*

Аннотация. В последние десятилетия активно ведется работа по разработке, изучению свойств и возможностей применения различных соединений кремния – второго по распространенности элемента на нашей планете. Данный неметалл и его диоксид (кремнезем) демонстрируют хорошую биологическую совместимость, безопасность для живых организмов, а также большое разнообразие физико-химических свойств в зависимости от способа получения и обработки. В частности, диметилглицеролат кремния (ДМГК) обладает трансмукозной и транскутанной проводимостью лекарственных средств, а гидрогели на его основе могут представлять интерес в качестве компонента, структурирующего среды для культивирования ооцитов и эмбрионов и/или криоконсервации/оттаивания гамет. **Цель** данного исследования – изучение влияния ДМГК в концентрациях 0,2 % и 0,02 % на мембранный потенциал митохондрий и показатели жизнеспособности сперматозоидов быков. Основным **методом** исследования стала проточная цитофлуориметрия с использованием двух наборов флуоресцентных зондов: йодид 3,3'-дигексилоксакарбоцианин ($DiOC_6(3)$)/этидиум бромид и Annexin V-FITC/пропидиум йодид. **Результаты** проведенной работы свидетельствуют, что ДМГК в концентрациях 0,2 % и 0,02 % не оказывает влияния на мембранный потенциал митохондрий, экстернализацию фосфатидилсерина и некротические процессы в популяции сперматозоидов быков. **Научная новизна** исследования заключается во впервые полученных данных об отсутствии цитотоксичности ДМГК для мужских гамет. Вкупе с данными о положительном влиянии данного соединения на морфологические показатели и состояние ядерного хроматина ооцитов свиней после интрафолликулярной витрификации следует заключить, что диметилглицеролат кремния представляет интерес при создании сред для криоконсервации/оттаивания сперматозоидов.

Ключевые слова: сперматозоиды, быки, диметилглицеролат кремния, митохондрии, апоптоз, некроз.

Для цитирования: Накидкина А. Н., Кузьмина Т. И. Оценка показателей жизнеспособности сперматозоидов быков после воздействия диметилглицеролата кремния с использованием метода проточной цитофлуориметрии // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 53–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-53-60.

Дата поступления статьи: 03.03.2021, ***дата рецензирования:*** 26.04.2021, ***дата принятия:*** 26.05.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Несмотря на то что биологическая роль кремния до конца не выяснена, на сегодняшний день этот полуметалл, а также его наиболее распространенное в природе соединение – кремнезем – признаются безопасными для организма млекопитающих [1, с. 3]. Именно в форме диоксида кремний поступает в организм с пищей, и известна роль данного элемента в формировании соединительной и минерализации костной ткани. Благодаря высокой биодоступности и большому объему исследований, подтверждающих безопасность, кремний и его соединения широко используются при производстве лекарственных и косметических средств. В частности, наночастицы пирогенных и мезопористых кремнеземов с различными размерами и свойствами нашли применение в самых разных областях. Высокодисперсный кремнезем широко применяется в нашей стране и за рубежом в качестве энтеросорбента, а также проявил криопротекторные свойства и обладает большим потенциалом как матрица для создания материалов с заданными физико-химическими свойствами [2, с. 12, 15]. Не менее перспективен и мезопористый диоксид кремния, который обнаружил множество способов применения в биомедицине, возможности его использования в настоящее время активно исследуются [3, с. 4–7], [4]. В свою очередь, диметилглицеролат кремния (ДМГК) – водорастворимое кремнийорганическое производное глицерина, получаемое путем взаимодействия тетраэтоксисилана с глицерином, так же как и гидрогели на основе ДМГК, – продемонстрировал хорошую биосовместимость, трансмукозную и транскутанную

© Nakidkina A. N., Kuzmina T. I., 2021

проводимость лекарственных веществ[1] [5]. Соединение разработано в Институте органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург). В своих исследованиях А. А. Бойко и соавторы продемонстрировали, что и диметилглицеролат кремния, и гидрогели на его основе могут быть дополнены различными биологически активными соединениями, при этом ДМГК как основа композиции обеспечивает максимально эффективное взаимодействие действующих веществ с мембранами клеток и транспорт через них. Известно, что гидрогели проявляют свойства, похожие на таковые у внеклеточного матрикса, и могут быть легко модифицированы нужными соединениями в зависимости от конкретной задачи [6, с. 2], [7, с. 15–16]. Таким образом, диметилглицеролат кремния и гидрогели на его основе могут представлять интерес в качестве компонента, структурирующего среды для культивирования ооцитов и эмбрионов и/или витрификации/криоконсервации мужских и женских гамет млекопитающих. Однако чтобы подходить для работы с половыми клетками, соединение должно удовлетворять определенным условиям. Одно из главных требований – отсутствие цитотоксического эффекта и влияния на ключевые процессы в гамете. Для сперматозоидов главным событием, предшествующим оплодотворению, является капацитация – сложный комплекс биохимических преобразований, в результате которого мужская гамета приобретает способность осуществить гиперактивацию, акросомную реакцию и в итоге оплодотворить яйцеклетку. На начальных этапах капацитации необходима генерация активных форм кислорода (АФК), однако чрезмерные уровни АФК могут привести к индукции внутреннего пути апоптоза в сперматозоиде. Таким образом, после эякуляции в гамете существует баланс – тонкая грань между физиологическим повышением уровня АФК с последующей капацитацией и чрезмерным оксидативным стрессом и, как следствие, апоптозом. Данный баланс – одно из самых слабых мест в постэякуляционном периоде мужской гаметы, и любое неблагоприятное воздействие может привести к потере способности к оплодотворению и гибели сперматозоида. При этом одной из главных мишеней АФК является электрон-транспортная цепь митохондрий, сбой в работе которой становится причиной не только нарушения энергетического обмена в клетке, но и всевозрастающего оксидативного стресса. Именно поэтому целью данного исследования стало изучение влияния ДМГК в концентрациях 0,2 % и 0,02 % на мембранный потенциал митохондрий, отражающий эффективность работы электрон-транспортной цепи, а также на показатели жизнеспособности сперматозоидов быков, связанные с апоптозом и некрозом. Нами ранее была проведена работа по изучению влияния ДМГК в различных концентрациях на показатели жизнеспособности ооцитов и клеток гранулезы и кумулюса свиней, а также ооцитов и доимплантационных эмбрионов коров [8–11]. Было показано отсутствие цитотоксического эффекта данного соединения на клетки ооцит-кумулюсного комплекса и гранулезы. Помимо этого, был выявлен положительный эффект ДМГК на морфологические показатели и состояние ядерного хроматина ооцитов свиней после интрафолликулярной витрификации [12]. Представляется интересным выявить эффекты диметилглицеролата кремния и на мужские половые клетки, с перспективой его применения в качестве компонента сред для криоконсервации.

[1] Патент на изобретение RU 2382046 C1, 20.02.2010; патент на изобретение RU 2589902 C1, 10.07.2016.

Методология и методы исследования (Methods)

ДМГК, использованный в работе, был синтезирован в Институте органического синтеза им. И. Я. Постовского Уральского отделения РАН (Екатеринбург); йодид 3,3’-дигексилоксакарбоцианин ($DiOC_6(3)$) произведен компанией Invitrogen (США). Все остальные использованные реагенты – продукты компании Sigma-Aldrich (США).

Подготовка клеток. Объектом исследования являлись нативные сперматозоиды быков голштинской породы. После забора семени проводилась оценка гамет по параметрам концентрации, подвижности и количества аномальных форм. При проведении экспериментов использовались только образцы семени с подвижностью сперматозоидов более 7 баллов и минимальным количеством аномальных форм клеток. Сперматозоиды подвергали отмывке от семенной плазмы, дважды центрифугируя при 300 g в течение 10 мин. в среде Sp-TALP (pH 7,4), состоящей из 100 мМ NaCl, 3.1 мМ KCl, 25 мМ $NaHCO_3$, 0,3 мМ NaH_2PO_4, 21,6 мМ лактата натрия, 0,5 мМ $CaCl_2$, 0,4 мМ $MgCl_2$, 10 мМ HEPES, 1 мМ пирувата и 0,1 % поливинилалкоголя (30–70 кДа). Осадок ресуспендировали в растворе, содержащем 140 мМ NaCl, 4,7 мМ KCl, 1,1 мМ $CaCl_2$, 10 мМ глюкозы и 10 мМ HEPES, pH среды 7,4 (далее раствор Na-HEPES) [13, с. 376]. Все манипуляции осуществлялись с использованием термостолика во избежание холодового шока. Затем клетки в концентрации 50 млн/мл инкубировали в течение 2 ч при 38,5 °C, 95 % влажности и 5 % CO_2 в присутствии ДМГК в концентрациях 0,2 % и 0,02 %. При подборе концентраций руководствовались результатами проведенных ранее исследований [8–12].

Оценка мембранного потенциала митохондрий. Для проведения измерений к 100 мкл клеточной суспензии (2–3 × 10^6 клеток/мл) добавляли 20-кратный рабочий раствор йодида 3,3’-дигексилоксакарбоцианина (DiOC6(3)), получая конечную концентрацию $DiOC_6(3)$ 20 нМ [13, с. 376]. Рабочий раствор готовили *ex tempore*, добавляя к 10 мкл стокового раствора (1 мг/мл $DiOC_6(3)$ в ДМСО) 4900 мкл забуференного физиологического раствора. После внесения зонда образцы тщательно перемешивали и оставляли на 20 мин. в CO_2-инкубаторе при 37 °C, 95 % влажности и 5 % CO_2. По завершении инкубации образцы отмывали центрифугированием в избытке забуференного физиологического раствора,

© Накидкина А. Н., Кузьмина Т. И., 2021

содержащем 2 % эмбриональной телячьей сыворотки (8 мин. при 300 g), после чего надосадок удаляли, а осадок переводили в 100 мкл свежего забуференного физиологического раствора. В полученную клеточную суспензию добавляли 10 мкл раствора бромистого этидия (EB), получая конечную концентрацию EB 1 мкг/мл. Затем клетки инкубировали в течение 10 мин. при комнатной температуре в защищенном от света месте, после чего в образцы вносили по 200 мкл забуференного физиологического раствора и анализировали флуоресценцию на проточном цитометре Cytomics FC 500 (BECKMAN-COULTER, США). На основании параметров прямого и бокового светорассеяния был выбран регион для анализа клеток, включающий 5000 событий в каждой пробе. Регистрацию флуоресценции спермиев, окрашенных $DiOC_6(3)$, проводили на первом канале (FL1) проточного анализатора. Регистрацию флуоресценции некротических клеток, окрашенных EB, проводили на третьем канале (FL3) проточного анализатора. Напряжение на фотоэлектронных умножителях цитометра выставляли по негативному контролю, которым служили неокрашенные клетки. Результаты выражали в процентах от общего числа проанализированных событий.

Оценка экстернализации фосфатидилсерина. Для проведения измерений клетки в концентрации 2–3 × 10^6 ресуспендировали в 500 мкл забуференного физиологического раствора, содержащем 2 % эмбриональной телячьей сыворотки, и окрашивали 5 мкл аннексина V, конъюгированного с FITC, и 5 мкл йодистого пропидия (PI) из набора Annexin V-FITC Apoptosis detection kit [13, с. 377]. Сперматозоиды инкубировали при комнатной температуре в защищенном от света месте в течение 5 мин. в соответствии с инструкцией к набору. После инкубации анализировали флуоресценцию зондов на проточном цитометре Cytomics FC 500. На основании параметров прямого и бокового светорассеяния был выбран регион для анализа клеток, включающий 5000 событий в каждой пробе. Регистрацию флуоресценции спермиев, окрашенных аннексином V-FITC, проводили на первом канале (FL1) проточного анализатора. Регистрацию флуоресценции некротических клеток, окрашенных PI, проводили на четвертом канале (FL4) проточного анализатора (рис. 1). Напряжение на фотоэлектронных умножителях цитометра выставляли по негативному контролю, которым служили неокрашенные клетки. Результаты выражали в процентах от общего числа проанализированных событий.

Достоверность различия сравниваемых средних значений для 9–12 независимых экспериментов оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Таблица 1

Оценка влияния диметилглицеролата кремния (ДМГК) на мембранный потенциал митохондрий в сперматозоидах быков с использованием зонда йодида 3,3'-дигексилоксакарбоцианина ($DiOC_6(3)$)

Показатели жизнеспособности сперматозоидов	Доля сперматозоидов (% ± σ) при воздействии ДМГК в концентрации:		
	0 % (контроль)	0,2%	0,02%
$DiOC_6(3)^+/EB^-$ – живые	34,20 ± 3,46	35,03 ± 5,08	33,09 ± 4,50
$DiOC_6(3)^-/EB^-$ – сниженный МПМ	6,07 ± 1,96	6, 10 ± 2,63	6,57 ± 1,95
$DiOC_6(3)^-/EB^+$ – некроз	59,73 ± 4,43	58,87 ± 5,80	60,34 ± 5,41

Примечание. В первом столбце надстрочным знаком «–» обозначено отсутствие флуоресценции указанного зонда, «+» – наличие флуоресценции; МПМ – мембранный потенциал митохондрий; σ – среднеквадратическое отклонение. Статистически значимых различий между группами нет. Было проведено 7 повторностей. Концентрация клеток в суспензии при проведении измерений – ~1 млн/мл.

Table 1

Evaluation of the effect of silicon dimethylglycerolate (SDMG) on the mitochondrial membrane potential in bovine spermatozoa using the 3,3'-dihexyloxacarbocyanine iodide ($DiOC_6(3)$)

Viability markers of spermatozoa	*The proportion of spermatozoa (% ± σ) after exposure to SDMG at a concentration of:*		
	0 % (control)	*0.2 %*	*0.02 %*
$DiOC_6(3)^+/EB^-$ – viable	*34,20 ± 3,46*	*35,03 ± 5,08*	*33,09 ± 4,50*
$DiOC_6(3)^-/EB^-$ – reduced MMP	*6,07 ± 1,96*	*6, 10 ± 2,63*	*6,57 ± 1,95*
$DiOC_6(3)^-/EB^+$ – necrosis	*59,73 ± 4,43*	*58,87 ± 5,80*	*60,34 ± 5,41*

Note. In the first column, the superscript "–" indicates the absence of the indicated probe fluorescence, "+" – the presence of fluorescence; MMP – mitochondrial membrane potential; σ – standard deviation. There are no statistically significant differences between the groups. 7 replicates were carried out. The concentration of cells in suspension during measurements was ~1 million/ml

Таблица 2

Воздействие диметилглицеролата кремния (ДМГК) на показатели жизнеспособности сперматозоидов быков с использованием флуоресцентного зонда к аннексину V

Показатели жизнеспособности сперматозоидов	Доля сперматозоидов (% ± σ) при воздействии ДМГК в концентрации:		
	0 % (контроль)	0,2 %	0,02 %
Annexin V^-/PI^- – живые	88,80 ± 2,40	88,23 ± 3,38	88,43 ±4,11
Annexin V^+/PI^- – апоптоз	8,57 ± 1,84	8,67 ± 2,49	8,17 ± 4,02
Annexin $V^{+/-}/PI^+$ – некроз	2,63 ± 0,91	3,10 ± 1,93	3,40 ± 2,60

Примечание. В первом столбце надстрочным знаком «–» обозначено отсутствие флуоресценции указанного зонда, «+» – наличие флуоресценции. σ – среднеквадратическое отклонение. Статистически значимых различий между группами нет. Было проведено 5 повторностей. Концентрация клеток в суспензии при проведении измерений – ~1 млн/мл.

Table 2

The effect of silicon dimethylglycerolate (SDMG) on the viability markers of bovine spermatozoa using a fluorescent probe to Annexin V

Viability markers of spermatozoa	*The proportion of spermatozoa (%± σ) after exposure to SDMG at a concentration of:*		
	0 % (control)	*0.2 %*	*0.02 %*
Annexin V^-/PI^- – viable	*88.80 ± 2.40*	*88.23 ± 3.38*	*88.43 ±4.11*
Annexin V^+/PI^- – apoptosis	*8.57 ± 1.84*	*8.67 ± 2.49*	*8.17 ± 4.02*
Annexin $V^{+/-}/PI^+$ – necrosis	*2.63 ± 0.91*	*3.10 ± 1.93*	*3.40 ± 2.60*

Note. In the first column, the superscript "–" indicates the absence of the indicated probe fluorescence, "+" – the presence of fluorescence. σ – standard deviation. There are no statistically significant differences between the groups. 5 replicates were carried out. The concentration of cells in suspension during measurements was ~1 million/ml

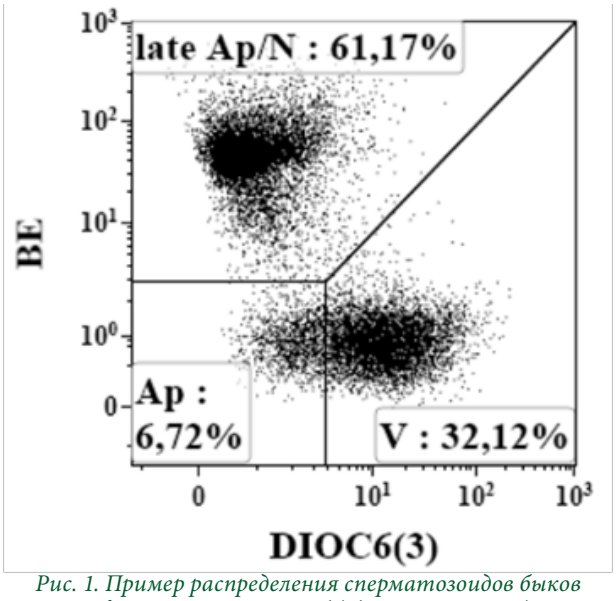


Рис. 1. Пример распределения сперматозоидов быков по флуоресценции $DiOC_6(3)$ (по горизонтали) и бромистого этидия (BE, по вертикали): Late Ap/N – клетки в состоянии позднего апоптоза и (или) некроза, Ap – клетки со сниженным мембранным потенциалом митохондрий, V – живые клетки

Fig. 1. An example of the bovine spermatozoa distribution by fluorescence of $DiOC_6(3)$ (horizontal) and ethidium bromide (BE, vertical): Late Ap/N – cells in a state of late apoptosis and (or) necrosis, Ap – cells with reduced mitochondrial membrane potential, V – viable cells

Результаты (Results)

Йодида 3,3'-дигексилоксакарбоцианин способен свободно проникать через биологические мембраны, в том числе и через внешнюю и внутреннюю мембраны митохондрий, и накапливаться в областях с высокой концентрацией протонов [13, с. 377]. Снижение концентрации протонов и, соответственно, мембранного потенциала, говорит о нарушении работы электрон-транспортной цепи митохондрий и впоследствии приводит к индукции апоптоза [14, с. 11]. Бромистый этидий (BE) окрашивает некротические клетки, проникая через поврежденную цитоплазматическую мембрану и связываясь с ДНК. Таким образом, живые интактные гаметы обладают яркой флуоресценцией $DiOC_6(3)$ и не накапливают бромистый этидий ($DiOC_6(3)^+/EB^-$). Сперматозоиды со сниженным мембранным потенциалом митохондрий, однако без признаков некроза, не окрашиваются ни одним зондом ($DiOC_6(3)^-/EB^-$), наконец, некротические клетки либо находящиеся на поздней стадии апоптоза не демонстрируют флуоресценцию $DiOC_6(3)$, но окрашиваются бромистым этидием ($DiOC_6(3)^-/BE^+$). В таблице 1 приведены результаты экспериментов по изучению способности ДМГК влиять на мембранный потенциал митохондрий. Полученные данные свидетельствуют, что в концентрациях 0,2 % и 0,02 % диметилглицеролат кремния не оказывает воздействия на исследуемые показатели.

Оценку экстернализации фосфатидилсерина проводили для двух концентраций ДМГК: 0,2 % и 0,02 %, и ее результаты отражены в таблице 2. Контролем служил образец, к которому перед инкубацией вместо диметилглицеролата кремния добавляли равное количество раствора Na-HEPES. Аннексин V-FITC способен связываться с фосфатидилсерином, который появляется на поверхности цитоплазматической мембраны клеток при индукции апоптоза как сигнал для поглощения гибнущей гаметы макрофагами. Йодистый пропидий (PI) же в своем действии аналоги-

чен бромистому этидию и детектирует некротические клетки. Таким образом, по аналогии с $DiOC_6(3)$ живые интактные клетки не демонстрируют флуоресценцию ни одного зонда (Annexin V^-/PI^-), свечение сперматозоидов с индуцированным апоптозом регистрируется только по каналу аннексина V-FITC (Annexin V^+/PI^-), а некротические клетки и гаметы на поздних стадиях апоптоза окрашиваются йодистым пропидием или обоими зондами сразу (Annexin $V^{+/-}/PI^+$). Полученные результаты демонстрируют отсутствие изменения относительно контроля доли как апоптотических, так и некротических клеток в образцах, инкубированных в присутствии ДМГК в концентрациях 0,2 % и 0,02 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Согласно полученным результатам, диметилглицеролат кремния в исследованных концентрациях не оказывает влияния ни на мембранный потенциал митохондрий, ни на экстернализацию фосфатидилсерина, ни на некротические процессы в популяции сперматозоидов быков. Митохондриальный мембранный потенциал – один из наиболее чувствительных к внешним воздействиям показатель жизнеспособности мужских гамет, и его снижение ведет к серьезным нарушениям функционирования клетки. Высокая концентрация протонов в межмембранном пространстве митохондрий говорит об эффективности работы электрон-транспортной цепи митохондрий, что свидетельствует о физиологических уровнях активных форм кислорода в гамете. В этом аспекте отсутствие влияния ДМГК на митохондриальный мембранный потенциал положительно характеризует потенциал данного соединения как компонента сред для работы с половыми клетками. Такой результат свидетельствует о том, что ДМГК не дает значительного эффекта на генерацию АФК в сперматозоиде, а вкупе с отсутствием повышения уровня экстернализации фосфатидилсерина после инкубации с данным соединением можно заключить, что баланс между апоптозом и капацитацией не нарушен. Интересно было бы выявить возможные эффекты ДМГК непосредственно на капацитацию и другие постэякуляционные процессы в гамете, что может стать целью дальнейших исследований. В свою очередь, отсутствие влияния диметилглицеролата кремния на процент в популяции сперматозоидов с поврежденной мембраной, ДНК которых окрашена йодистым пропидием / бромистым этидием (идентифицируемыми как некротические), не оставляет места для сомнений в безопасности для мужских гамет исследованных концентраций данного соединения. Вкупе с полученными ранее данными о положительном эффекте диметилглицеролата кремния на морфологические показатели и состояние ядерного хроматина ооцитов свиней после интрафолликулярной витрификации [12] следует заключить, что данное соединение обладает большим потенциалом в качестве компонента при разработке сред для криоконсервации гамет и эмбрионов – матрицы, способной обеспечивать более эффективное взаимодействие криопротекторных компонентов с плазмалеммой клеток, а также безопасной для гамет при экстракорпоральном оплодотворении. Показано, что при модификации диметилглицеролата кремния различными соединениями, ДМГК потенцирует их эффекты и обеспечивает лучшую биодоступность активных компонентов. В последнее время при криоконсервации спермы все реже используются разбавители на основе яичного желтка и молока в связи со сложностью стандартизации состава и высоким риском микробного обсеменения. Возможными альтернативами является применение готовых коммерческих сред со стерилизованным желтком [15, с. 2] или же экзогенного холестерина в паре с глицерином [16, с. 7–9]. Использование глицерина обладает рядом преимуществ: легкость и полноценность отмывки от разбавителя, достоверность последующей оценки с помощью CASA [16, с. 14], а также отсутствие встраивания протеинов желтка в мембрану сперматозоидов [16, с. 15]. Диметилглицеролат кремния, являясь производным глицерина, обладает многими его свойствами, при этом собственные уникальные характеристики ДМГК, а также безопасность, показанная в том числе в данном исследовании, позволяют говорить о перспективности диметилглицеролата кремния для совершенствования протоколов долгосрочного хранения мужских гамет. Исследуемое соединение может оказаться достойной альтернативой глицерину, который, несмотря на все преимущества, обладает некоторой токсичностью для гамет. Ввиду всего вышеизложенного будущие исследования следует направить на модификацию ДМГК соединениями, способствующими улучшению показателей качества криоконсервируемой спермы, в частности, антиоксидантами, а также оценку эффектов полученной композиции на замораживаемые мужские гаметы.

Благодарности (Acknowledgments)

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Госзадание № 121052600350-9).

Библиографический список

1. Croissant J. G., Fatieiev Y., Khashab N. M. Degradability and Clearance of Silicon, Organosilica, Silsesquioxane, Silica Mixed Oxide, and Mesoporous Silica Nanoparticles // Advanced Materials. 2017. Vol. 29. No. 9. Pp. 1–51. DOI: 10.1002/adma.201604634.

2. Ковтун С. І., Галаган Н. П., Щербак О. В., Троцький П. А. Методичні рекомендації з кріоконсервації сперматозоїдів та ооцитів сільськогосподарських тварин і формування ембріонів in vitro. Чубинське: Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН, 2015. 17 с.

3. Manavitehrani I., Schindeler A., Parviz M. Mesoporous Silica Nanoparticles: Synthesis, Modification and Applications // Nanomedicine, Nanotechnology, Biology and Medicine. 2018. Vol. 3. No. 2. P. 0001369.

4. Huang R., Shen Y. W., Guan Y. Y., Jiang Y. X., Wu Y., Rahman K., Zhang L. J., Liu H. J., Luan X. Mesoporous silica nanoparticles: facile surface functionalization and versatile biomedical applications in oncology // Acta Biomaterialia. 2020. Vol. 116. Pp. 1–15.
5. Бойко А. А., Ларченко Е. Ю., Хонина Т. Г., Чупахин О. Н. Исследования по стандартизации фармацевтической субстанции диметилглицеролатов кремния // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2017. Т. 20. № 8. С. 13–17.
6. Van der Valk D. C., van der Ven C. F. T., Blaser M. C., Grolman J. M., Wu P. J., Fenton O. S., Lee L. H., Tibbitt M. W., Andresen J. L., Wen J. R., Ha A. H., Buffolo F., van Mil A., Bouten C. V. C, Body S. C., Mooney D. J., Sluijter J. P. G., Aikawa M., Hjortnaes J., Langer R., Aikawa E. Engineering a 3D-Bioprinted Model of Human Heart Valve Disease Using Nanoindentation-Based Biomechanics // Nanomaterials (Basel). 2018. Vol. 8. No. 5. P. 296.
7. Волкова И. М., Коровина Д. Г. Трехмерные матриксы природного и синтетического происхождения для клеточной биотехнологии // Биотехнология. 2015. № 2. С. 8–26. DOI: 10.1134/S0003683815090082.
8. Новичкова Д. А., Кузьмина Т. И. Влияние диметилглицеролата кремния и глицерина на экспансию кумулюсных клеток ооцитов *Sus scrofa domesticus* // Сборник тезисов VI Молодежной конференции по молекулярной и клеточной биологии Института цитологии РАН. Санкт-Петербург, 2018. С. 78–79.
9. Алимова А. Д., Кундик Ю. В., Станиславович Т. И., Кузьмина Т. И. Влияние диметилглицеролата кремния на жизнеспособность клеток гранулезы из овариальных фолликулов *Sus Scrofa Domesticus* // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 2. С. 61–63. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2019.
10. Алимова А. Д., Кузьмина Т. И. Влияние диметилглицеролата кремния на ооцит-кумулюсные комплексы свиней при культивировании *in vitro* // Ветеринария. 2020. № 9. С. 46–49. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.9.46-49.
11. Чистякова И. В., Кузьмина Т. И., Станиславович Т. И., Хонина Т. Г. Воздействие кремнийсодержащих соединений на развитие доимплантационных эмбрионов *Bos taurus* // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. № 3. С. 105–108.
12. Станиславович Т. И., Кузьмина Т. И., Молчанов А. В. Влияние интраовариальной витрификации на показатели криорезистентности ооцит-кумулюсных комплексов свиней // Вопросы ветеринарно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 4. С. 65–70. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2019.4.65
13. Бойцева Е. Н., Бычкова Н. В., Кузьмина Т. И. Влияние наночастиц высокодисперсного кремнезема на апоптоз сперматозоидов *Bos Taurus* // Цитология. 2017. Т. 59. № 5. С. 375–380.
14. Aitken R. J. Reactive oxygen species as mediators of sperm capacitation and pathological damage // Molecular Reproduction and Development. 2017. Vol. 84. No. 10. Pp. 1039–1052.
15. Nikitkina E., Musidray A., Krutikova A., Anipchenko P., Plemyashov K., Shiryaev G. Efficiency of Tris-Based Extender Steridyl for Semen Cryopreservation in Stallions // Animals (Basel). 2020. Vol. 10. No. 10. P. 1801.
16. Anzar M., Rajapaksha K., Boswall L. Egg yolk-free cryopreservation of bull semen [Электронный ресурс] // PLoS One. 2019. Vol. 14. No. 10. P. e0223977. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0223977 (дата обращения: 10.11.2020).

Об авторах:
Алена Николаевна Накидкина[1], младший научный сотрудник лаборатории биологии развития, ORCID 0000-0002-3917-5065, AuthorID 695994; *+7 904 646 88 59*, *alena_boiceva@mail.ru*
Татьяна Ивановна Кузьмина[1], доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биологии развития, ORCID 0000-0002-2246-5277, AuthorID 78163; *+7 921 392-19-47*
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Пушкин, Россия

Evaluation of viability indicators of bovine spermatozoa after exposure to silicon dimethylglycerolate using flow cytofluorimetry

A. N. Nakidkina[1]✉, T. I. Kuzmina[1]
[1] Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, Russia
✉*E-mail: alena_boiceva@mail.ru*

Abstract. Silicon and its dioxide (silica) demonstrate good biological compatibility and a wide range of physical and chemical properties, depending on the production and processing method. In particular, silicon dimethylglycerolate

(SDMG) has transmucous and transcutaneous drug conductivity, and, as a hydrogel, may be of interest for the oocytes and embryos cultivation medium structuring and/or media for cryopreservation/thawing of gametes. **The aim** of this study was to examine the effect of SDMG at concentrations of 0.2 % and 0.02 % on the transmembrane potential of mitochondria and cell viability of bovine spermatozoa. **Methods.** Sperm subpopulations were assessed for (non)viability indicators (disrupted transmembrane potential of mitochondria, externalization of phosphatidylserine and plasma membrane integrity loss) by flow cytometry with two sets of fluorescent probes. Mitochondrial transmembrane potential was measured using 3,3'-dihexyloxacarbocyanine iodide ($DiOC_6(3)$)/ethidium bromide, and externalization of phosphatidylserine – using Annexin V-FITC/propidium iodide pair. **The results** of this work indicate that SDMG in concentrations of 0.2 % and 0.02 % does not affect the transmembrane mitochondrial potential, externalization of phosphatidylserine or necrotic processes in the population of bovine spermatozoa. **The scientific novelty.** The data is obtained for the first time on the absence of cytotoxicity of SDMG for male gametes. Together with the shown positive effect of this compound on the morphological parameters and the state of nuclear chromatin of porcine oocytes after intrafollicular vitrification, it should be concluded that silicon-containing glycerohydrogels are of interest as a component of sperm cryopreservation/thawing media.

Keywords: spermatozoa, bulls, silicon dimethylglycerolate, mitochondria, apoptosis, necrosis.

For citation: Nakidkina A. N., Kuzmina T. I. Otsenka pokazateley zhiznesposobnosti spermatozoidov bykov posle vozdeystviya dimetilglitserolata kremniya s ispol'zovaniem metoda protochnoy tsitofluorimetrii [Evaluation of viability indicators of bovine spermatozoa after exposure to silicon dimethylglycerolate using flow cytofluorimetry] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 53–60. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-53-60. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.03.2021, ***date of review:*** 26.04.2021, ***date of acceptance:*** 26.05.2021.

References

1. Croissant J. G., Fatieiev Y., Khashab N. M. Degradability and Clearance of Silicon, Organosilica, Silsesquioxane, Silica Mixed Oxide, and Mesoporous Silica Nanoparticles // Advanced Materials. 2017. Vol. 29. No. 9. Pp. 1–51. DOI: 10.1002/adma.201604634.

2. Kovtun S. I., Galagan N. P., Shcherbak O. V., Trots'kiy P. A. Metodichni rekomendatsiï z kriokonservatsiï spermatozoïdiv ta ootsitiv sil's'kogospodars'kikh tvarin i formuvannya embrioniv in vitro [Guidelines for cryopreservation of spermatozoa and oocytes of farm animals and embryo formation in vitro] // Chubins'ke: Institut rozvedennya i genetiki tvarin imeni M. V. Zubtsya NAAN, 2015. 17 p. (In Ukrainian.)

3. Manavitehrani I., Schindeler A., Parviz M. Mesoporous Silica Nanoparticles: Synthesis, Modification and Applications // Nanomedicine, Nanotechnology, Biology and Medicine. 2018. Vol. 3. No. 2. P. 0001369.

4. Huang R., Shen Y. W., Guan Y. Y., Jiang Y. X., Wu Y., Rahman K., Zhang L. J., Liu H. J., Luan X. Mesoporous silica nanoparticles: facile surface functionalization and versatile biomedical applications in oncology // Acta Biomaterialia. 2020. Vol. 116. Pp. 1–15.

5. Boyko A. A., Larchenko E. Yu., Khonina T. G., Chupakhin O. N. Issledovaniya po standartizatsii farmatsevticheskoy substantsii dimetilglitserolatov kremniya [The studies of the standardization of silicon derivatives of polyols substances] // Problems of biological, chemical and pharmaceutical chemistry. 2017. Vol. 20. No. 8. Pp. 13–17. (In Russian.)

6. Van der Valk D. C., van der Ven C. F. T., Blaser M. C., Grolman J. M., Wu P. J., Fenton O. S., Lee L. H., Tibbitt M. W., Andresen J. L., Wen J. R., Ha A. H., Buffolo F., van Mil A., Bouten C. V. C, Body S. C., Mooney D. J., Sluijter J. P. G., Aikawa M., Hjortnaes J., Langer R., Aikawa E. Engineering a 3D-Bioprinted Model of Human Heart Valve Disease Using Nanoindentation-Based Biomechanics // Nanomaterials (Basel). 2018. Vol. 8. No. 5. P. 296.

7. Volkova I. M., Korovina D. G. Trekhmernye matriksy prirodnogo i sinteticheskogo proiskhozhdeniya dlya kletochnoy biotekhnologii [Three-dimensional matrixes of natural and synthetic origin for cell biotechnology] // Applied Biochemistry and Microbiology. 2015. Vol. 51. Pp. 841–856. DOI: 10.1134/S0003683815090082. (In Russian.)

8. Novichkova D. A., Kuz'mina T. I. Vliyanie dimetilglitserolata kremniya i glitserina na ekspansiyu kumulyusnykh kletok ootsitov Sus scrofa domesticus [Effect of silicon dimethylglycerolate and glycerol on the expansion of cumulus cells of *Sus scrofa domesticus* oocytes] // Sbornik tezisov VI Molodezhnoy konferentsii po molekulyarnoy i kletochnoy biologii Instituta tsitologii RAN. Saint-Petersburg, 2018. Pp. 78–79. (In Russian.)

9. Alimova A. D., Kundik Yu. V., Stanislavovich T. I., Kuz'mina T. I. Vliyanie dimetilglitserolata kremniya na zhiznesposobnost' kletok granulezy iz ovarial'nykh follikulov *Sus Scrofa Domesticus* [Effect of silicon dimethylglycerolate on the viability of granulosa cells from ovarian follicles of *Sus Scrofa Domesticus*] // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2019. No. 2. Pp. 61–63. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2019. (In Russian.)

10. Alimova A. D., Kuz'mina T. I. Vliyanie dimetilglitserolata kremniya na ootsit-kumulyusnye kompleksy sviney pri kul'tivirovanii *in vitro* [Effect of silicon dimethylglycerolate on porcine oocyte-cumulus complexes at *in vitro* culture] // Veterinariya. 2020. No. 9. Pp. 46–49. DOI: 10.30896/0042-4846.2020.23.9.46-49. (In Russian.)

11. Chistyakova I. V., Kuz'mina T. I., Stanislavovich T. I., Khonina T. G. Vozdeystvie kremniysoderzhashchikh soedineniy na razvitie doimplantatsionnykh embrionov Bos taurus [The effect of silicon-containing compounds on development of *Bos taurus* preimplantation embryons] // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2018. No. 3. Pp. 105–108. (In Russian.)

12. Stanislavovich T. I., Kuz'mina T. I., Molchanov A. V. Vliyanie intraovarial'noy vitrifikatsii na pokazateli kriorezistentnosti ootsit-kumulyusnykh kompleksov sviney [Effect of intraovarian vitrification on the indicators of cryoresistence in porcine cumulus-oocyte complexes] // Voprosy veterinarno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2019. No. 4. Pp. 65–70. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2019.4.65. (In Russian.)

13. Boytseva E. N., Bychkova N. V., Kuz'mina T. I. Vliyanie nanochastits vysokodispersnogo kremnezema na apoptoz spermatozoidov Bos Taurus [Effects of highly dispersed silica nanoparticles on the apoptosis of *Bos taurus* spermatozoa] // Tsitologiya. 2017. Vol. 59. No. 5. Pp. 375–380.

14. Aitken R. J. Reactive oxygen species as mediators of sperm capacitation and pathological damage // Molecular Reproduction and Development. 2017. Vol. 84. No. 10. Pp. 1039–1052.

15. Nikitkina E., Musidray A., Krutikova A., Anipchenko P., Plemyashov K., Shiryaev G. Efficiency of Tris-Based Extender Steridyl for Semen Cryopreservation in Stallions // Animals (Basel). 2020. Vol. 10. No. 10. P. 1801.

16. Anzar M., Rajapaksha K., Boswall L. Egg yolk-free cryopreservation of bull semen [e-resource] // PLoS One. 2019. Vol. 14. No. 10. P. e0223977. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0223977 (date of reference: 10.11.2020).

Authors' information:

Alena N. Nakidkina[1], junior researcher of the laboratory of developmental biology, ORCID 0000-0002-3917-5065, AuthorID 695994; *+7 904 646-88-59*, *alena_boiceva@mail.ru*

Tatyana I. Kuzmina[1], doctor of biological sciences, professor, chief researcher, head of the laboratory of developmental biology, ORCID 0000-0002-2246-5277, AuthorID 78163; *+7 921 392-19-47*

[1] Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, Russia

УДК 636.32/.38.033
Код ВАК 06.02.10
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-61-70

Технологические приемы увеличения мясной продуктивности овец при поздних сроках ягнения

Л. А. Пашкова[1]✉
[1] **Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия**
✉*E-mail: lar.pashkowa@yandex.ru*

Аннотация. **Цель** исследований заключалась в разработке способа повышения мясной продуктивности овец при различных системах содержания. **Методы**. Все исследования проводились по общепринятым методикам. Опытное поголовье баранчиков I (контрольной) и II (опытной) групп содержалось до 3-месячного возраста совместно с овцематками на пастбище (подсосный период) с дальнейшим отъемом в 3 месяца. Далее произвели разделение баранчиков по технологиям содержания: I группа – пастбищное (нагул), II группа – стойловое (откорм) до 4-месячного возраста с последующим контрольным убоем. Осуществляли ежемесячное взвешивание опытного поголовья баранчиков. **Результаты**. Как показала проведенная научно-исследовательская работа, применение данного технологического приема достоверно способствовало увеличению среднесуточных приростов и живой массы соответственно на 6,6 % (20 г) и 5,7 % (2,3 кг) и, как следствие, убойной массы на 9,2 % (1,6 кг) у баранчиков опытной группы в сравнении с аналогами контрольной. Проведенные химический, аминокислотный и микроструктурный анализы образцов длиннейшей мышцы спины поголовья показали, что лучшими пищевыми и товарными достоинствами обладают экземпляры, принадлежащие баранчикам опытной группы. Эффективность использования данного технологического приема также подтверждают рассчитанные экономические показатели – разница по уровню рентабельности составила 7,9 % в пользу баранчиков опытной группы. **Научная новизна** исследовательской работы состоит в подробном изучении показателей мясной продуктивности под влиянием данного технологического приема с обоснованием его применения и привнесением как научного, так и практического вклада в развитие овцеводства.
Ключевые слова: овцеводство, система содержания, молодая ягнятина, откорм, нагул, среднесуточный прирост, убойная масса, рентабельность.

Для цитирования: Пашкова Л. А. Технологические приемы увеличения мясной продуктивности овец при поздних сроках ягнения // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 61–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-61-70.

Дата поступления статьи: 24.02.2021, ***дата рецензирования:*** 21.03.2021, ***дата принятия:*** 21.04.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В результате теоретического анализа литературы и практического подтверждения наблюдаем проблему дефицита качественного белка животного происхождения в мире, поэтому овцеводству отводится невоспостепенная роль, ведется поиск возможностей в обеспечении населения мясом, несмотря на то что лидерами в данной области являются отрасли птицеводства, свиноводства и скотоводства [1, с. 52].

В разрезе данной проблемы учеными разрабатывается и предлагается множество способов, технологических приемов с целью увеличения мясной продуктивности овец: во-первых, качественное улучшение кормовой базы – создание новых кормовых добавок и способов обработки кормовых средств, способствующих улучшению интенсивности метаболизма в организме, что приводит к росту мясной продуктивности и, как следствие, рентабельности производства продукции [2, с. 32]; во-вторых, проведение селекционной и племенной работы, представленной новыми породами и разными схемами скрещивания, направленными на снижение или отсутствие выражения рецессивных аллелей, проявление эффекта гетерозиса и получение животных первого поколения с более выраженными показателями мясной продуктивности [3, с. 97], [4, с. 165], [5, с. 1], [6, с. 46]; в-третьих – создание и усовершенствование технологического оборудования и его элементов, уменьшающих временные и трудовые затраты на получение продукции и потери.

Все большую роль играют генетические исследования, основанные на изучении генетических маркеров в мясном овцеводстве, позволяющих целенаправленно заниматься селекцией на увеличение продуктивности [7, с. 1], [8, с. 160], [9, с. 1262], [10, с. 1170]. Данное направление в настоящее время очень востребовано как в науке, так и в практике [11, с. 577], [12, с. 217], [13, с. 2351], [14, с. 1108].

В этой связи в качестве возможного варианта (резерва) увеличения мясной продукции предлагается разведение тонкорунных пород. Ряд проведенных ис-

© Pashkova L. A., 2021

следований показал, что породы шерстного направления продуктивности характеризуются хорошими мясными качествами и могут использоваться в откорме для производства молодой ягнятины, спрос на которую за последнее время возрос.

Таким образом, в результате возникшей проблемы и востребованности ее решения цель научно-исследовательской работы состояла в разработке и изучении влияния способа повышения мясной продуктивности баранчиков при нагуле и откорме.

Одним из рассматриваемых вариантов увеличения производства и снижения себестоимости продукции овцеводства является комплексная механизация трудоемких процессов при условии большой численности поголовья (крупного комплекса), но до последнего времени уровень механизации в овцеводстве был наиболее низок.

Методология и методы исследования (Methods)

Научно-исследовательская работа проводилась в условиях хозяйства Грачевского района Ставропольского края на баранчиках в количестве 60 голов, распределенных на две группы согласно принципу аналогичных групп: I – контрольная, II – опытная (по 30 животных в каждой по схеме, представленной в таблице 1). Ягнение маток было в апреле.

До 3-месячного возраста баранчики обеих групп были на подсосе под матками и, помимо пастбищной травы, получали сено разнотравное, концентрированные корма (зерносмесь, состоящую из ячменя, пшеницы, кукурузы, подсолнечника) и минеральные кормовые добавки.

С двухнедельного возраста ягнят приучали к сену разнотравному и зерносмеси в специально оборудованных «столовых».

Место установки «столовой» в опыте нами определялось в пристенной части кошары с солнечной стороны. Функциональную локальную зону отгораживали щитами, соединенными между собой.

Лазы для ягнят были прямоугольной формы. За период использования их случаев травматизма ягнят выявлено не было.

При кормлении до 3-месячного возраста ориентировались на следующие нормы: ЭКЕ – 0,84; обменная энергия – 8,4 МДж; сухое вещество – 0,75 кг; сырой протеин – 140 г; переваримый протеин – 100 г; лизин – 6,1 г; метионин + цистин – 5,5 г; клетчатка – 80 г; соль поваренная – 8 г; кальций – 5,5 г; фосфор – 4,0 г; магний – 0,5 г; сера – 3,2 г; железо – 40 мг; медь – 8 мг; цинк – 32 мг; кобальт – 0,42 мг; марганец – 40 мг; йод – 0,4 мг; каротин – 8 мг; витамин D – 400 МЕ.

В три месяца провели отъем ягнят и определили: баранчиков I (контрольной) группы на пастбищное содержание (нагул), а аналогов II (опытной) – стойловое (откорм), продолжительностью до 4-месячного возраста с последующим контрольным убоем. В этот период скармливали ягнятам II группы сено разнотравное – 0,4 кг, траву пастбищную – 4,0 кг, концентрированные корма (зерносмесь того же состава) – 0,5 кг (таблица 2).

Рацион соответствовал нормам откорма: ЭКЕ – 1,05; обменная энергия – 10,5 МДж; сухое вещество – 1 кг; сырой протеин – 170 г; переваримый протеин – 110 г; соль поваренная – 7 г; кальций – 5,5 г; фосфор – 3,6 г; магний – 0,6 г; сера – 3,1 г.

Все исследования проводились по общепринятым методикам.

Предварительно была отобрана проба зерносмеси урожая 2019 г. для определения качества скармливаемого корма. Исследования проводились в Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору ФГБУ «Ставропольская межобластная ветеринарная лаборатория».

Результаты показали полное соответствие нормативным требованиям оценки качества и питательности концентрированных кормов.

Так как при нагуле баранчиков контрольной группы основным кормом являлась пастбищная трава, то методически был запланирован и проведен учет урожайности, осуществленный агрономическим (укосным) методом на травянистых пастбищах с равномерным покрытием площади растительностью, заключающийся в срезании травы на площадках в 1 м^2 в 4-кратной повторности на высоте 2–3 см для мелкотравья и 4–6 см для высокотравья.

Таблица 1

Схема проведения опыта на баранчиках, *n* = 30

Группа	До 3-месячного возраста баранчики выпасаются на пастбище вместе с матками (подсосный период)	**Особенности технологического приема**
I – контрольная		Отъем в 3 месяца, кормление по норме. Пастбищное содержание до 4-месячного возраста (нагул)
II – опытная		Отъем в 3 месяца, кормление по норме. Стойловое содержание до 4-месячного возраста (откорм)

Table 1

Scheme of the experiment on the rams, n = 30

Group	*Up to 3 months of age, rams are grazed on the pasture with ewes (suckling period)*	***The characteristics of the technological method***
I – control		*Weaning at the age of 3 months, feeding according to the standards. Grazing system up to 4 months of age (graziery)*
II – experimental		*Weaning at the age of 3 months, feeding according to the standards. Indoor maintenance up to 4 months of age (fattening)*

© Пашкова Л. А., 2021

Таблица 2

Рацион кормления баранчиков II (опытной) группы, на голову в сутки

Показатель	Содержание
Сено разнотравное, кг	0,4
Смесь концентрированных кормов (ячмень, пшеница, кукуруза, подсолнечник), кг	0,5
Трава пастбищная, кг	4,0
Поваренная соль, г	7
В рационе содержится:	
ЭКЕ	1,16
Обменной энергии, МДж	11,55
Сухого вещества, кг	1,1
Сырого протеина, г	170
Переваримого протеина, г	120
Сырой клетчатки, г	122
Метионина + цистина, г	6,6
Кальция, г	6,0
Фосфора, г	4,5
Магния, г	0,7
Серы, г	3,5
Каротина, мг	8

Table 2

Diet for the young rams of the II (experimental) group, per head per day

Indicator	*Contain*
Mixed grass hay, kg	*0.4*
A mixture of concentrated feed (barley, wheat, corn, sunflower), kg	*0.5*
Pasture grass, kg	*4.0*
Table salt, g	*7*
The diet contains:	
Energetic feed unit	*1.16*
Available energy, MJ	*11.55*
Dry matter, kg	*1.1*
Crude protein, g	*170*
Digestible protein, g	*120*
Crude fiber, g	*122*
Methionine + cystine, g	*6.6*
Calcium, g	*6.0*
Phosphorus, g	*4.5*
Magnesium, g	*0.7*
Sulfur, g	*3.5*
Carotene, mg	*8*

Учет живой массы молодняка проводили взвешиванием до утреннего кормления до начала и по завершении опыта.

Отбор проб крови с целью контроля над физиологическим состоянием и метаболизмом осуществляли до постановки научно-хозяйственного опыта (в 3-месячном возрасте) и по его окончании (в 4-месячном возрасте) с трех голов с каждой группы. Исследования проводились сотрудником ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» лаборатории ветеринарной медицины на приборах автоматический гемоанализатор Mythic 18Vet и автоматический биохимический анализатор Accent 200 производства фирмы Cormay.

Из морфологических показателей крови баранчиков учитывали содержание лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина.

Биохимические показатели крови животных включали общий белок, альбумины, глобулины, глюкозу, мочевину.

Контрольный убой опытных баранчиков выполняли в 4-месячном возрасте, по результатам которого были отобраны образцы длиннейшей мышцы спины у туш животных, представляющих контрольную и опытную группы, для определения химического и аминокислотного состава мяса на базе учебно-научной испытательной лаборатории (лаборатория по определению показателей качества кормов) ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» и проведения гистологических исследований в условиях лаборатории морфологии и качества продукции ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

При количественном определении содержания аминокислот в образцах использовали аминокислотный анализатор ААА 400 фирмы «ИНГОС» (Чехия), который является узкоспециализированным автоматизированным жидкостным хроматографом с компьютерным управлением, оснащенным постколоночной детекторной системой.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали по методике Н. А. Плохинского в пределах следующих уровней значимости: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Результаты (Results)

Проведенный анализ скармливаемой зерносмеси характеризуется следующим содержанием: массовая доля сухого вещества – 87,9 %, массовая доля сырого протеина – 14,7 %, массовая доля сырой клетчатки – 7,1 %, кормовые единицы – 1,3 кг при сравнении с нормой соответственно 85; 13–10; 6–5 % и 1,1 кг. Эти данные свидетельствуют о высоком качестве и питательности скармливаемой зерносмеси.

Разбор и анализ представителей травостоя пастбища по хозяйственно-ботаническим группам показал преобладание злаков + осоки в пределах 77 %, представленных в основной массе пыреем ползучим, мятликом узколистным, овсяницей луговой и другими травами. В целом в ботанический состав также входили другие хозяйственно-ботанические группы: бобовые (лядвенец кавказский, донник, верблюжья колючка и т. д.), разнотравье и ядовитые, вредные, непоедаемые травы. В связи с погодными условиями (бесснежной зимой и засушливой весной) средняя урожайность естественного пастбища за три месяца (июнь, июль, август) составила 39,0 ц/га в сырой массе.

Травостой был изрежен, но удовлетворял потребность подопытных животных в питательных веществах, о чем свидетельствуют в дальнейшем приросты живой массы баранчиков (рис. 1, 2).

Как отображено на рис. 1, 2, живая масса баранчиков при рождении и в 3-месячном возрасте в период отъема и постановки на опыт с распределением поголовья по группам (I – контрольная и II – опытная), имела несущественную разницу (статистически недоказана) в пределах 2,6 и 1,3 % соответственно, что позволило использовать данных животных в исследованиях. По завершении опыта, в 4-месячном возрасте, баранчики опытной группы, содержащиеся на откорме, достоверно превосходили аналогов контрольной (при нагуле, на пастбище) с разницей в 5,7 %, или 2,3 кг, при $P < 0,001$.

Рассчитанные среднесуточные приросты баранчиков опытной группы также были достоверно выше по сравнению с аналогами контрольной на 6,6 %, или 20 г, при $P < 0,001$.

Полученные приросты подтверждаются результатами исследования морфологических и биохимических показателей крови (таблица 3).

Судить о нарушении обмена веществ в организме животного достоверно можно только по анализу показателей крови, так как кровь является одним из основных индикаторов метаболизма.

Живая масса баранчиков в разные возрастные периоды, кг

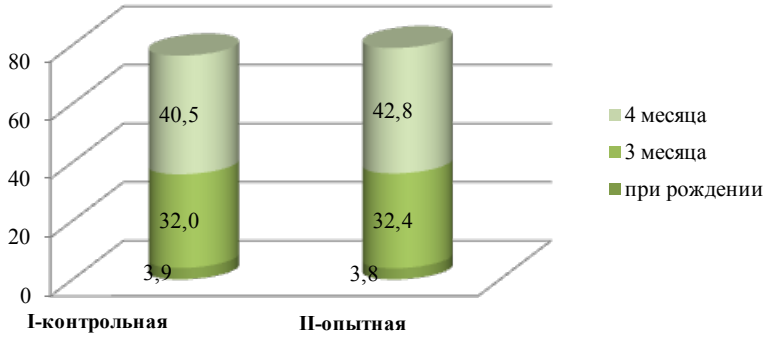


Рис. 1. Живая масса, кг

Live weight of rams in different age periods, kg

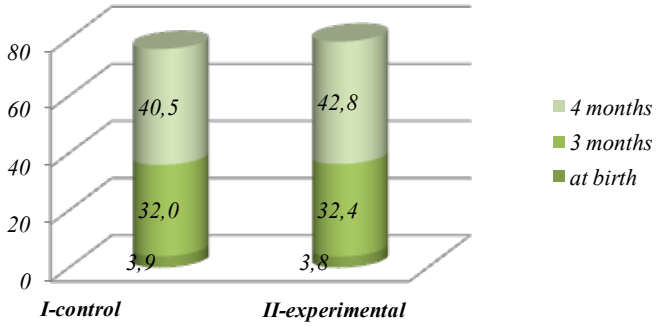


Fig. 1. Live weight, kg

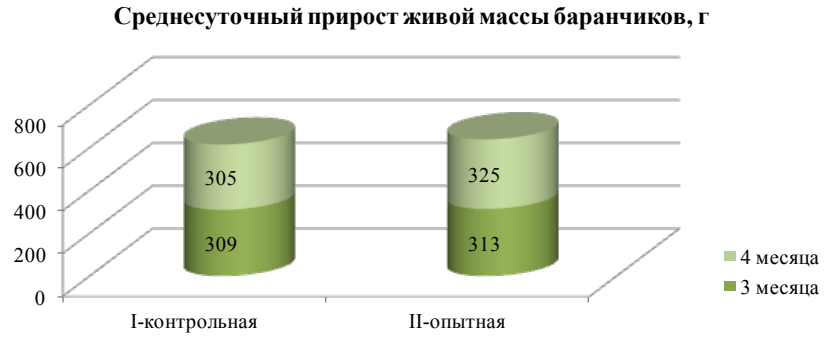


Рис. 2. Среднесуточный прирост, г

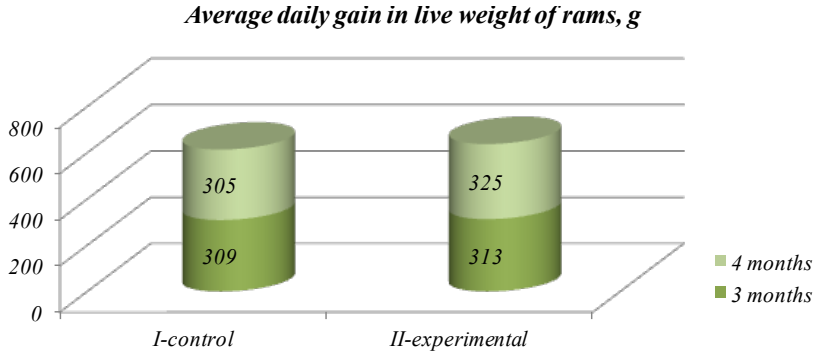


Fig. 2. Average gain, g

Все анализируемые нами морфологические и биохимические показатели крови молодняка в возрасте 3 месяцев были в пределах нормы, что свидетельствует об отсутствии отклонений в росте и развитии.

Содержание количества эритроцитов в крови исследуемых животных контрольной и опытной групп соответствует значению физиологической нормы. Аналогичная тенденция по содержанию лейкоцитов.

По анализу содержания гемоглобина в образцах крови баранчиков обеих групп наблюдаем незначительное повышение в сравнении с физиологической нормой, что можно объяснить мышечной нагрузкой у молодняка, так как в хозяйстве применяется пастбищная система содержания. Данный показатель говорит о полноценном газообмене крови опытных животных.

Об уровне белкового питания ягнят судят по содержанию и концентрации общего белка и его фракций, белковому индексу и содержанию мочевины. Содержание общего белка в сыворотке крови незначительно превышало показатели нормы на 1,1 и 4,7 %, что объяснимо интенсивным обменом веществ у растущего молодняка. Концентрация альбуминов, которая соответствовала норме, также не подтвердила недостатка протеина в рационе и белка в организме. Кроме этого, установлено, что с возрастом сыворотка крови овец обогащается глобулинами и с одновременным снижением содержания количества белков альбуминов. Также способствует увеличению количества глобулинов перевод животных на пастбище. В период активного роста молодняка количество альбуминов всегда увеличено, что видим из таблицы 3, значения данного показателя подходят к верхней границы физиологической нормы.

К представителям остаточного азота, изученным в нашем опыте, относится мочевина. Показатель не имеет увеличенного значения по сравнению с нормой.

Мочевина характеризует концентрацию аммиака в рубце. Основная часть протеина кормов в рубце подвержена гидролизу до аминокислот с дальнейшим дезаминированием до образования аммиака. При условии достаточного количества энергии аммиак, как известно, микрофлорой рубца используется для построения белков тела животного и образования (синтез) микробиального белка, а избыточное количество его посредством крови поступает и дислоцируется в печени с дальнейшей метаморфозой (трансформацией) в мочевину. Таким образом, количественное выражение мочевины находится на уровне 5,1 ммоль/л в образцах сыворотке крови, принадлежащих молодняку контрольной и опытной групп при содержании альбуминов 34,1–32,5 г/л и глюкозы 2,6–2,4 ммоль/л. Можно заключить, что потребность животных в сыром протеине кормов полностью обеспечена, также рацион сбалансирован по энергопротеиновому отношению, что в итоге свидетельствует о высокой интенсивности усвоения протеина кормов.

Концентрация глюкозы в крови является основным показателем обмена углеводов и также представляет собой источник энергии, уровень которой остается стабильным благодаря процессам гликогенолиза, глюкогенеза и всасывания. Обычно при летне-пастбищном содержании, которое применяется в нашем опыте до 3-месячного возраста, содержание глюкозы в сыворотке крови увеличивается.

В нашей научно-исследовательской работе в 3-месячном возрасте у ягнят интегральные показатели обмена (концентрации общего белка и глюкозы) находились в пределах референтных значений, что свидетельствует об оптимальном метаболизме и биохимической адаптации.

Таблица 3

Показатели крови баранчиков в 3- и 4-месячном возрасте, *n* = 3

Показатель		Группа	Сроки исследования		Справочные данные
			в 3 месяца	в 4 месяца	
Лейкоциты, 10^9/л		I – контрольная II – опытная	9,40 ± 0,76 9,37 ± 0,33	6,33 ± 0,41 6,57 ± 0,15	4,0–13,0
Эритроциты, 10^{12}/л		I – контрольная II – опытная	10,67 ± 0,73 10,92 ± 0,03	7,99 ± 0,05 7,84 ± 0,21	8,0–13,0
Гемоглобин, г/л		I – контрольная II – опытная	128,67 ± 8,11 131,00 ± 0,58	94,67 ± 0,67 92,67 ± 2,40	80,0–120,0
Общий белок, г/л		I – контрольная II – опытная	75,80 ± 1,24 78,50 ± 1,46	68,37 ± 1,18 77,43 ± 9,69	61,0–75,0
Альбумин, г/л		I – контрольная II – опытная	34,14 ± 2,75 32,52 ± 3,85	32,40 ± 1,21 33,50 ± 3,38	24,4–37,5
Глобулины, г/л	α	I – контрольная II – опытная	11,36 ± 3,91 9,37 ± 1,74	7,90 ± 3,12 12,50 ± 1,77	7,93–15,0
	β	I – контрольная II – опытная	11,67 ± 5,02 15,20 ± 5,01	6,49 ± 2,92 7,10 ± 4,19	4,27–15,0
	γ	I – контрольная II – опытная	18,56 ± 2,42 19,75 ± 1,44	21,58 ± 2,94 24,22 ± 4,03	12,2–26,25
Глюкоза, ммоль/л		I – контрольная II – опытная	2,60 ± 0,11 2,43 ± 0,03	2,42 ± 0,06 2,85 ± 0,50	2,4–4,5
Мочевина, ммоль/л		I – контрольная II – опытная	5,02 ± 0,09 5,06 ± 0,06	7,03 ± 0,13 7,06 ± 0,07	3,7–9,43

Table 3

Blood values of young rams at 3 and 4 months of age, n = 3

Parameter		*Group*	*Timing of tests*		*Reference interval*
			3 months	*4 months*	
Leukocytes, 10^9/l		*I – control* *II – experimental*	*9.40 ± 0.76* *9.37 ± 0.33*	*6.33 ± 0.41* *6.57 ± 0.15*	*4.0–13.0*
Erythrocytes, 10^{12}/l		*I – control* *II – experimental*	*10.67 ± 0.73* *10.92 ± 0.03*	*7.99 ± 0.05* *7.84 ± 0.21*	*8.0–13.0*
Hemoglobin, g/l		*I – control* *II – experimental*	*128.67 ± 8.11* *131.00 ± 0.58*	*94.67 ± 0.67* *92.67 ± 2.40*	*80.0–120.0*
Total protein, g/l		*I – control* *II–experimental*	*75.80 ± 1.24* *78.50 ± 1.46*	*68.37 ± 1.18* *77.43 ± 9.69*	*61.0–75.0*
Albumin, g/l		*I – control* *II – experimental*	*34.14 ± 2.75* *32.52 ± 3.85*	*32.40 ± 1.21* *33.50 ± 3.38*	*24.4–37.5*
Globulin, g/l	*α*	*I – control* *II – experimental*	*11.36 ± 3.91* *9.37 ± 1.74*	*7.90 ± 3.12* *12.50 ± 1.77*	*7.93–15.0*
	β	*I – control* *II – experimental*	*11.67 ± 5.02* *15.20 ± 5.01*	*6.49 ± 2.92* *7.10 ± 4.19*	*4.27–15.0*
	γ	*I – control* *II – experimental*	*18.56 ± 2.42* *19.75 ± 1.44*	*21.58 ± 2.94* *24.22 ± 4.03*	*12.2–26.25*
Glucose, mmol/l		*I – control* *II – experimental*	*2.60 ± 0.11* *2.43 ± 0.03*	*2.42 ± 0.06* *2.85 ± 0.50*	*2.4–4.5*
Urea, mmol/l		*I – control* *II – experimental*	*5.02 ± 0.09* *5.06 ± 0.06*	*7.03 ± 0.13* *7.06 ± 0.07*	*3.7–9.43*

Все данные биометрически обработаны, не выявлена достоверная разница между показателями крови в 3-месячном возрасте, что означает рост и развитие ягнят в равной степени, обеспечивающие однородность опытного поголовья.

Таким образом, проанализировав полученные морфологические и биохимические данные крови ягнят в 3-месячном возрасте, авторы пришли к выводу о том, что отобранное поголовье для проведения научно-исследовательской работы клинически здорово.

По завершении научно-хозяйственного опыта в 4-месячном возрасте у ягнят также были отобраны пробы крови для анализа.

По всем показателям, представленных в таблице 3, не было выявлено достоверной разницы между образцами крови животных контрольной и опытной групп, но прослеживается общая тенденция. В образцах крови, принадлежащей животным опытной группы, количество лейкоцитов на 3,8 % превышало содержание по сравнению с представителями контрольной.

Содержание количества эритроцитов было наибольшим у баранчиков контрольной группы на 1,9 % в сравнении с аналогами опытной, что, соответственно, повлияло и на содержание другого показателя – гемоглобина – на 2,2 %. У баранчиков обеих групп содержание гемоглобина и эритроцитов было в пределах нормы, что говорит об отсутствии анемии у молодняка.

Таблица 4

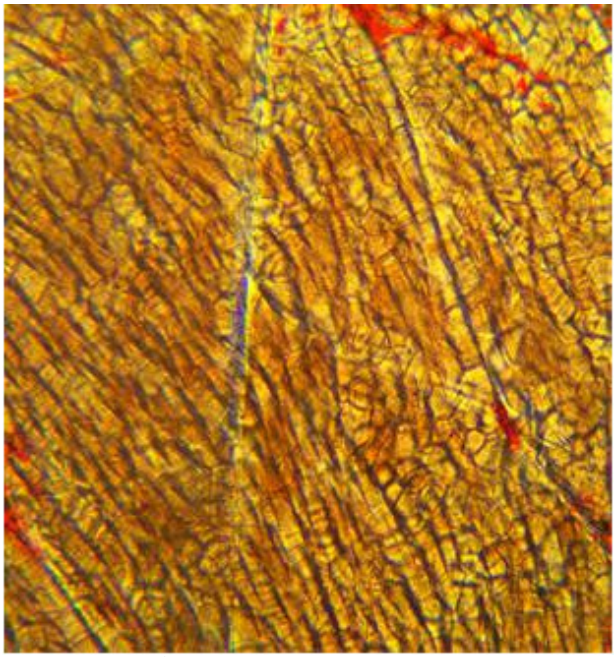
Контрольный убой в 4-месячном возрасте баранчиков, *n* = 3

Показатель	Группа	
	I – контрольная	II – опытная
Предубойная живая масса, кг	40,5 ± 0,52	42,8 ± 0,40
Масса парной туши, кг	17,27 ± 0,40	18,85 ± 0,39*
Масса внутреннего жира, кг	0,13 ± 0,02	0,15 ± 0,01
Убойная масса, кг	17,4 ± 0,42	19,0 ± 0,38*
Убойный выход, %	43,0	44,4

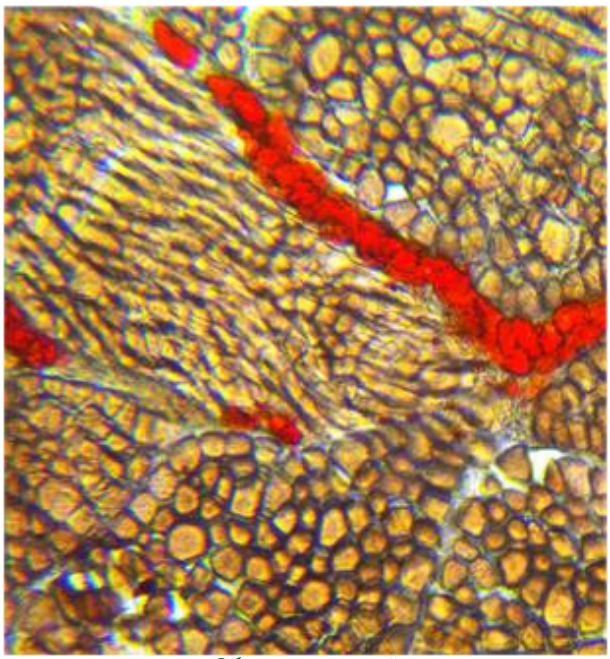
Table 4

Control slaughter at 4 months of age of young rams, n = 3

Indicator	*Group*	
	I – control	*II – experimental*
Pre-slaughter live weight, kg	*40.5 ± 0.52*	*42.8 ± 0.40*
Hot carcass weight, kg	*17.27 ± 0.40*	*18.85 ± 0.39**
Interior fat mass, kg	*0.13 ± 0.02*	*0.15 ± 0.01*
Slaughter weight, kg	*17.4 ± 0.42*	*19.0 ± 0.38**
Lethal yield, %	*43.0*	*44.4*



Образец контрольной группы



Образец опытной группы

Рис. 3. Гистологические срезы образцов длиннейшей мышцы спины

Sample of control group *Sample of experimental group*

Fig. 3. Microscopical sections of the longissimus dorsi muscle samples

Наибольший прирост живой массы у молодняка опытной группы подтверждается тенденцией увеличения содержания количества в сыворотке крови общего белка на 13,3 %, что свидетельствует об интенсивности процессов переваривания протеина и всасывания аминокислот в кишечнике, синтеза белка в печени и, соответственно, альбуминов на 3,4 % и фракций глобулинов (α, β, γ), которые способствуют интенсивному транспорту веществ в организме, отсутствию хронических инфекций и воспалительных процессов, обеспечению лучшего развития гуморального иммунитета. Кроме этого, повышенное содержание по сравнению с животными I–контрольной группы в крови количества глюкозы, свидетельствующее о лучшей обеспеченности клеток организма энергией, мочевины в пределах 0,4 %. Разница по показателям статистически недостоверна. Все изменения в пределах физиологической нормы, патологий не выявлено.

Результаты контрольного убоя (таблица 4), проведенного по окончании опыта в 4-месячном возрасте, свидетельствуют о том, что баранчики опытной группы, содержащиеся на откорме, превосходили аналогов контрольной (нагул, пастбищное содержание) по массе парной туши на 9,1 %, или 1,58 кг, по убойной массе – на 9,2 %, или 1,6 кг, при $P < 0,05$, по убойному выходу – на 1,4 %.

При более детальной оценке мясной продуктивности проводили следующие качественные исследования: химический, аминокислотный и микроструктурный анализы длиннейшей мышцы спины.

Содержание в образцах мяса, принадлежавших тушам контрольной и опытной групп, сырого протеина, жира, золы, кальция и фосфора достоверной разницы не выявило. Отмечается положительная тенденция увеличения в экземплярах длиннейшей мышцы спины, относящихся к опытной группе, содержания в абсолютно сухом веществе сырого протеина на 1,5 %, сырого жира – на 2,0 % в сравнении с аналогами из контрольной.

При аминокислотном анализе мяса были определены треонин, серин, пролин, глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин, гистидин, лизин, аргинин, метионин, цистин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты. Полученная разница в пределах 0,13 % в пользу проб опытной группы статистически недостоверна.

Результаты гистологических исследований наглядно отображены на рис. 3.

Как показали результаты микроструктурного анализа образцов длиннейшей мышцы спины у баранчиков опытной группы в 4-месячном возрасте, количество мышечных волокон статистически недостоверно было больше на 2,0 %, а диаметр мышечного волокна статистически достоверно на 5,3 % меньше по сравнению с молодняком контрольной (при $P < 0,01$), что говорит о нежности мяса [15, с. 1]. Общая оценка «мраморности» была выше на 1,3 балла у экземпляров опытной группы. Содержание соединительной ткани незначительно было больше (на 0,4 %) у образцов, принадлежащих баранчикам контрольной группы.

По результатам проведения научно-исследовательской работы были рассчитаны показатели экономической эффективности применения различных систем содержания, уровень рентабельности составил в контрольной и опытной группах соответственно 38,4 и 46,3 % с разницей в 7,9 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение в сравнении разных систем содержания позволило констатировать по завершении научно-исследовательской работы повышенный белковый метаболизм в 4-месячном возрасте у баранчиков опытной группы, определенных на стойловое содержание, на откорм, по сравнению со сверстниками контрольной группы (пастбищное содержание, нагул), выражающийся в увеличении содержания количества в сыворотке крови общего белка до 13,3 % и его фракций, что нашло подтверждение в повышении интенсивности среднесуточных приростов до 6,6 % ($P < 0,001$).

Использование стойлового содержания баранчиков опытной группы на откорме позволило получить тушку убойной массой в 4 месяца в пределах 19,0 кг, что на 9,2 % больше аналогов контрольной ($P < 0,05$).

Следует отметить, что превосходство баранчиков опытной группы по количественным показателям мясной продуктивности подкрепляется и качественными. Микроструктурный анализ образцов длиннейшей мышцы спины баранчиков в возрасте 4 месяцев показал, что лучшими пищевыми и товарными достоинствами обладают экземпляры, принадлежащие к опытной группе, характеризующиеся большим количеством мышечных волокон меньшего диаметра с жировыми включениями, способствующими более высокой общей оценке «мраморности» с меньшим содержанием соединительной ткани.

Таким образом, комплексная оценка разных систем содержания баранчиков до 4 месяцев показала эффективность применения пастбищного содержания в подсосный период с отъемом в 3 месяца и дальнейшим переходом на стойловое содержание (откорм) до 4-месячного возраста с последующей реализацией. Рекомендуем применять данную схему выращивания в хозяйствах разных форм собственности с целью повышения рентабельности производства.

Библиографический список

1. Кулинцев В. В., Улимбашев М. Б., Голембовский В. В. Состояние племенной базы овцеводства Ставропольского края // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. № 3. С. 48–53.
2. Дмитрик И. И. Влияние межпородного скрещивания и уровня кормления на микроструктурные показатели баранины // Главный зоотехник. 2020. № 9. С. 32–40.
3. Гайдашов С. И., Омаров А. А. Влияние возрастного подбора родительских пар на мясную продуктивность молодняка овец // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 10 (180). С. 96–100.
4. Улимбашев М. Б., Кулинцев В. В., Селионова М. И., Улимбашева Р. А., Абилов Б. Т., Алагирова Ж. Т. Рациональное использование генофонда ценных пород животных с целью сохранения биологического разнообразия // Юг России: экология, развитие. 2018. № 2. С. 165–183.
5. Pogodaev V., Sergeeva N., Marchenko V. Peculiarities of metabolism of rams obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-tailed breed with dorper rams // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. No 403 (1). Pp. 1–6.
6. Дмитрик И. И., Завгородняя Г. В., Бобрышова Г. Т. Качество мяса овец разных генотипов на гистологическом уровне // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 3 (13). С. 46–51.
7. Pogodaev V., Aduchiev B., Kononova L., Aslanukova M., Kardanova I. Features of polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in young sheep, obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-rumped sheeps and dorper rams // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020. Rostov-on-Don, 2020. Vol. 175. Pp. 1–6.
8. Бобрышова Г. Т., Сулыга Н. В., Ковалева Г. П., Лапина М. Н., Витол В. А. Влияние генотипа по локусам соматотропина и лептина на продуктивность мясного скота казахской белоголовой породы // Новости науки в АПК. 2019. № 3 (12). С. 160–164.
9. Trukhachev V., Skripkin V., Kvochko A., Kovalev D., Selionova M., Aybazov M., Yatsyk O., Krivoruchko A. Sequencing of the NFE2L1 gene in sheep and evaluation influence of gene polymorphisms on meat production // Journal of Animal and Plant Sciences. 2016. No. 26 (5). Pp. 1262–1267.

10. Трухачев В. И., Криворучко А. Ю., Скрипкин В. С., Квочко А. Н., Куличенко А. Н., Ковалев Д. А., Писаренко С. В., Волынкина А. С., Селионова М. И., Айбазов М. М., Яцык О. А. Новые однонуклеотидные замены (SNP) в гене андрогенного рецептора (AR) у российской породы овец джалгинский меринос // Генетика. 2016. № 10. С. 1169–1175.
11. Дейкин А. В., Селионова М. И., Криворучко А. Ю., Коваленко Д. В., Трухачев В. И. Генетические маркеры в мясном овцеводстве // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 5. С. 576–583.
12. Trukhachev V., Skripkin V., Kvochko A., Kulichenko A., Kovalev D., Pisarenko S.,Volynkina A., Selionova M., Aybazov M., Golovanova N., Yatsyk O., Krivoruchko A. Associations between newly discovered polymorphisms of the CEBPD gene locus and body parameters in sheep // Animal Biotechnology. 2016. No. 4. Pp. 217–222.
13. Trukhachev V. I., Skripkin V. S., Selionova M. I., Yatsyk O. A., Krivoruchko A. Yu. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. No. 7 (3). Pp. 2351–2357.
14. Трухачев В. И., Селионова М. И., Криворучко А. Ю., Айбазов М. М. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (Ovis Aries L.). Сообщение I. Миостатин, кальпаин, кальпастатин // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 6. С. 1107–1119.
15. Pogodaev V., Aduchiev B., Sergeeva N. Microstructure of muscle tissue and its connection with slaughter and meat qualities of young rams of different genotype // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. No. 403 (1). Pp. 1–10.

Об авторах:
Лариса Александровна Пашкова[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1781-8269, AuthorID 788400; *+7 918 747-15-58*, *lar.pashkowa@yandex.ru*
[1] Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

Technological methods of increasing the meat productivity of sheep in late lambing periods

L. A. Pashkova[1]✉
[1] **North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhaylovsk, Russia**
✉*E-mail: lar.pashkowa@yandex.ru*

Abstract. **The purpose** of the research was to develop a method for increasing the meat productivity of sheep under various housing systems. **Methods**. All studies were conducted according to generally accepted methods. The experimental population of rams of the control and experimental groups was kept until the age of 3 months together with ewes on the pasture (suckling period) with further weaning at the age of 3 months. Further, the rams were divided according to the technologies of keeping: the control group – pasture (graziery), and the experimental group – indoor maintenance (fattening) up to 4 months of age, followed by control slaughter. Monthly weighing of the experimental young rams livestock was carried out. **Results**. The research work showed that the use of this technological method significantly contributed in increasing average gain and live weight, respectively, by 6.6 % (20 g) and 5.7 % (2.3 kg) and as a result, slaughter weight – by 9.2 % (1.6 kg) in young rams from the experimental group in comparison with analogues of the control group. Chemical, amino acid and microstructural analyses of samples of the longissimus of the livestock showed that the specimens of the young rams of the experimental group had the best food and market advantages. The efficiency of using this technological method is also confirmed by the calculated economic indicators – the difference in the level of profitability was 7.9 % in favor of the rams of the experimental group. **The scientific novelty** of the research work is a detailed study of the indicators of meat productivity under the influence of this technological method with the justification of its application and the introduction of both scientific and practical contributions to the development of sheep farming.
Keywords: sheep breeding, housing system, lamb meat, fattening, graziery, average gain, slaughter weight, profitability.

For citation: Pashkova L. A. Tekhnologicheskie priemy uvelicheniya myasnoy produktivnosti ovets pri pozdnikh srokakh yagneniya [Technological methods of increasing the meat productivity of sheep in late lambing periods] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 61–70. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-61-70. (In Russian.)

Date of paper submission: 24.02.2021, ***date of review:*** 21.03.2021, ***date of acceptance:*** 21.04.2021.

References

1. Kulintsev V. V., Ulimbashev M. B., Golembovskiy V. V. Sostoyanie plemennoy bazy ovtsevodstva Stavropol'skogo kraya [The state of the breeding base of sheep breeding in the Stavropol Territory] // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2019. No. 3. Pp. 48–53. (In Russian.)
2. Dmitrik I. I. Vliyanie mezhporodnogo skreshchivaniya i urovnya kormleniya na mikrostrukturnye pokazateli baraniny [Influence of interbreed crossing and the level of feeding on the microstructural parameters of mutton] // Glavnyy Zootekhnik. 2020. No. 9. Pp. 32–40. (In Russian.)
3. Gaydashov S. I., Omarov A. A. Vliyanie vozrastnogo podbora roditel'skikh par na myasnuyu produktivnost' molodnyaka ovets [The influence of age selection of parental pairs on the meat productivity of young sheep] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019. No. 10 (180). Pp. 96–100. (In Russian.)
4. Ulimbashev M. B., Kulintsev V. V., Selionova M. I., Ulimbasheva R. A., Abilov B. T., Alagirova Zh. T. Ratsional'noe ispol'zovanie genofonda tsennykh porod zhivotnykh s tsel'yu sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya [Rational management of the gene pool of valuable breeds of animals for the purpose of conservation of biological diversity] // South of Russia: Ecology, Development. 2018. No. 2. Pp. 165–183. (In Russian.)
5. Pogodaev V., Sergeeva N., Marchenko V. Peculiarities of metabolism of rams obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-tailed breed with dorper rams // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. No 403 (1). Pp. 1–6.
6. Dmitrik I. I., Zavgorodnyaya G. V., Bobryshova G. T. Kachestvo myasa ovets raznykh genotipov na gistologicheskom urovne [The quality of sheep meat of different genotypes on histological level] // Agricultural journal. 2020. No. 3 (13). Pp. 46–51. (In Russian.)
7. Pogodaev V., Aduchiev B., Kononova L., Aslanukova M., Kardanova I. Features of polymorphism of calpastatin and somatotropin genes in young sheep, obtained from crossing ewes of Kalmyk fat-rumped sheeps and dorper rams // E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020. Rostov-on-Don, 2020. Vol. 175. Pp. 1–6.
8. Bobryshova G. T., Sulyga N. V., Kovaleva G. P., Lapina M. N., Vitol V. A. Vliyanie genotipa po lokusam somatotropina i leptina na produktivnost' myasnogo skota kazakhskoy belogolovoy porody [The influence of the genotype at the somatotropin and leptin loci on the productivity of beef cattle of the Kazakh white-headed breed] // Novosti nauki v APK. 2019. No. 3 (12). Pp. 160–164. (In Russian.)
9. Trukhachev V., Skripkin V., Kvochko A., Kovalev D., Selionova M., Aybazov M., Yatsyk O., Krivoruchko A. Sequencing of the NFE2L1 gene in sheep and evaluation influence of gene polymorphisms on meat production // Journal of Animal and Plant Sciences. 2016. No. 26 (5). Pp. 1262–1267.
10. Trukhachev V. I., Krivoruchko A. Yu., Skripkin V. S., Kvochko A. N., Kulichenko A. N., Kovalev D. A., Pisarenko S. V., Volynkina A. S., Selionova M. I., Aybazov M. M., Yatsyk O. A. Novye odnonukleotidnye zameny (SNP) v gene androgennogo retseptora (AR) u rossiyskoy porody ovets dzhalginskiy merinos [New single nucleotide polymorphisms of androgen receptor gene (AR) in the Russian breed of Dzhalginsky Merino sheep] // Russian Journal of Genetics. 2016. No. 10. Pp. 1169–1175. (In Russian.)
11. Deykin A. V., Selionova M. I., Krivoruchko A. Yu., Kovalenko D. V., Trukhachev V. I. Geneticheskie markery v myasnom ovtsevodstve [Genetic markers in sheep meat breeding] // Vavilov journal of genetics and breeding. 2016. No. 5. Pp. 576–583. (In Russian.)
12. Trukhachev V., Skripkin V., Kvochko A., Kulichenko A., Kovalev D., Pisarenko S.,Volynkina A., Selionova M., Aybazov M., Golovanova N., Yatsyk O., Krivoruchko A. Associations between newly discovered polymorphisms of the CEBPD gene locus and body parameters in sheep // Animal Biotechnology. 2016. No. 4. Pp. 217–222.
13. Trukhachev V. I., Skripkin V. S., Selionova M. I., Yatsyk O. A., Krivoruchko A. Yu. The polymorphism of REM-1 gene in sheep genome and its influence on some parameters of meat productivity // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. No. 7 (3). Pp. 2351–2357.
14. Trukhachev V. I., Selionova M. I., Krivoruchko A. Yu., Aybazov M. M. Geneticheskie markery myasnoy produktivnosti ovets (Ovis Aries L.). Soobshchenie I. miostatin, kal'pain, kal'pastatin [Genetic markers of meat productivity of sheep (Ovis Aries L.). I. myostatin, calpain, calpastatin] // Agricultural Biology. 2018. No. 6. Pp. 1107–1119. (In Russian.)
15. Pogodaev V., Aduchiev B., Sergeeva N. Microstructure of muscle tissue and its connection with slaughter and meat qualities of young rams of different genotype // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. No. 403 (1). Pp. 1–10.

Authors' information:

Larisa A. Pashkova[1], candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-1781-8269, AuthorID 788400; *+7 918 747-15-58*, *lar.pashkowa@yandex.ru*

[1] North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhaylovsk, Russia

УДК 636.03
Код ВАК 06.02.10
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79

Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов

О. С. Чеченихина[1]✉, О. А. Быкова[1], О. Г. Лоретц[1], А. В. Степанов[1]
[1] Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия
✉*E-mail: Olgachech@yandex.ru*

Аннотация. **Цель исследований** – изучение возраста выбытия коров из стада в зависимости от различных генетических и паратипических факторов. **Методы**. Исследования проводились по данным молочного стада черно-пестрой породы Челябинской области. Исследуемые животные разных возрастов распределены на группы относительно живой массы при первом плодотворном осеменении, возраста выбытия матерей и быков-производителей голштинских линий. В работе проанализированы данные за период с 2003 по 2019 годы по 9247 головам коров. **Научная новизна** исследований заключается в том, что проведен анализ генетических и паратипических факторов, влияющих на увеличение возраста выбытия молочных коров из стада. В **результате** установлено, что возраст выбытия животных из стада исследуемых коров составлял 3,4 лактации. Но только 29,0 % голов коров выбывали из стада в возрасте 5-й лактации и старше. На ранних сроках хозяйственного использования (раньше 2-й лактации) животные выбраковывались по причине заболеваний половых органов (1,5 лактации), органов дыхательной системы (1,0–1,25 лактации), хирургических болезней (1,5–1,8 лактации) и травм конечностей (1,8 лактации). Самый непродолжительный период хозяйственного использования, равный 3,5 лактации, отмечен у животных, впервые плодотворно осемененных в возрасте 18 месяцев и старше при живой массе более 400 кг. Матери-долгожительницы (старше 7 лактаций) слабо передавали свои признаки продуктивного долголетия дочерям, чей возраст выбытия составлял 3,57–3,75 лактаций. Дочери быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 имели более продолжительный период использования – в среднем 5,1 лактации. Генетические и паратипические факторы влияют на возраст выбытия коров. Изучение данного вопроса, а также грамотное применение полученных результатов дают возможность повысить срок производственного использования молочного стада до 5 лактаций и более.

Ключевые слова: черно-пестрая порода, возраст выбытия, причины выбраковки, лактация, осеменение, коровы-матери, быки-производители, линия.

Для цитирования: Чеченихина О. С., Быкова О. А., Лоретц О. Г., Степанов А. В. Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 71–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79.

Дата поступления статьи: 16.04.2021, ***дата рецензирования:*** 17.05.2021, ***дата принятия:*** 24.05.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Селекционная и племенная деятельность сельскохозяйственных организаций при работе с крупным рогатым скотом молочного направления продуктивности строится в основном на продлении периода производственного использования стада, так как самую высокую продуктивность коровы проявляют к 4–5-й лактации. Завышенная доля выбытия молодых животных из стада обеспечивает высокую себестоимость производства молока, замедляя при этом интенсивный процесс ремонта молочных стад. Как правило, при удлинении периода продуктивного долголетия коров закономерным становится сокращение срока окупаемости затрат на выращивание животных в стаде. При этом краткосрочное продуктивное использование молочной коровы отрицательно сказывается на рентабельности всего предприятия [1–10].

Черно-пестрая порода крупного рогатого скота во многих регионах нашей страны занимает более 80 % молочных стад. В среднем, по данным некоторых авторов, возраст выбытия коров черно-пестрой породы составляет 2,5–3 лактации [11–12]. По данным других исследователей, период использования коров данной породы составляет чуть более 4 лактаций [13]. В благоприятных условиях выращивания и при грамотной селекционной работе возраст выбытия коров из стада составляет более 6 лет, так как является наследственным признаком [14].

Причины ранней выбраковки коров из стада достаточно разнообразны, но основными являются болезни. Многие исследователи сокращение сроков использования коров связывают с заболеваниями и повреждениями вымени. В современных условиях интенсивных технологий на предприятиях молочной

© Чеченихина О. С., Быкова О. А., Лоретц О. Г., Степанов А. В., 2021

промышленности (автоматизированные и роботизированные доильные установки) уделяется особое внимание технологическим характеристикам скота, таким как морфофункциональные свойства вымени и экстерьер, а также предрасположенности коров к маститу, которая несет в том числе и генетический характер. Следовательно, при интенсивных технологиях производства молока специалисты ставят перед собой задачи формирования и развития типов крупного рогатого скота, способных к продолжительной производственной эксплуатации.

К генетическим факторам, влияющим на срок производственного использования коров из числа дочерей, относятся возраст выбытия матерей и линейная принадлежность быков-производителей. Отдельного внимания заслуживают паратипические факторы, влияющие на возраст выбытия коров, к которым в том числе относятся живая масса и возраст первого плодотворного осеменения животных [1], [15–17].

Изучение вопросов, связанных с повышением возраста выбытия молочных коров из стада, является актуальным и требует постоянного анализа.

Цель следований заключалась в изучении возраста выбытия коров из стада в зависимости от различных генетических и паратипических факторов.

В качестве гипотезы в данном случае выступает следующее: генетические и паратипические факторы влияют на возраст выбытия коров. Полученные результаты и грамотное их применение дадут возможность повысить срок производственного использования молочного стада до 5 лактаций и более.

Таблица 1

Возраст выбытия коров из стада, лактаций

Период выбытия, год	Количество выбывших коров, голов	$\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$ Возраст выбытия, лактаций	
			Cv, %
2003	31	2,74 ± 0,55	112,59
2004	371	3,92 ± 0,13	64,2
2005	393	3,81 ± 0,11	58,5
2006	429	3,94 ± 0,10	50,9
2007	387	3,88 ± 0,11	53,6
2008	693	3,90 ± 0,08	54,4
2009	729	3,65 ± 0,07	51,5
2010	583	3,81 ± 0,09	54,2
2011	501	3,05 ± 0,09	63,0
2012	486	3,18 ± 0,08	54,5
2013	674	3,30 ± 0,07	57,9
2014	669	3,19 ± 0,07	58,7
2015	665	3,28 ± 0,08	60,7
2016	715	3,01 ± 0,08	68,6
2017	745	3,10 ± 0,07	66,0
2018	843	2,99 ± 0,07	66,4
2019	334	3,05 ± 0,10	61,1

Table 1

Age of retirement of cows from the herd, lactation

Disposal period, year	*Number of retired cows, heads*	$\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$ *Age of retirement, lactation*	
			Cv, %
2003	*31*	*2.74 ± 0.55*	*11259*
2004	*371*	*3.92 ± 0.13*	*64.2*
2005	*393*	*3.81 ± 0.11*	*58.5*
2006	*429*	*3.94 ± 0.10*	*50.9*
2007	*387*	*3.88 ± 0.11*	*53.6*
2008	*693*	*3.90 ± 0.08*	*54.4*
2009	*729*	*3.65 ± 0.07*	*51.5*
2010	*583*	*3.81 ± 0.09*	*54.2*
2011	*501*	*3.05 ± 0.09*	*63.0*
2012	*486*	*3.18 ± 0.08*	*54.5*
2013	*674*	*3.30 ± 0.07*	*57.9*
2014	*669*	*3.19 ± 0.07*	*58.7*
2015	*665*	*3.28 ± 0.08*	*60.7*
2016	*715*	*3.01 ± 0.08*	*68.6*
2017	*745*	*3.10 ± 0.07*	*66.0*
2018	*843*	*2.99 ± 0.07*	*66.4*
2019	*334*	*3.05 ± 0.10*	*61.1*

© Chechenikhina O. S., Bykova O. A., Loretts O. G., Stepanov A. V., 2021

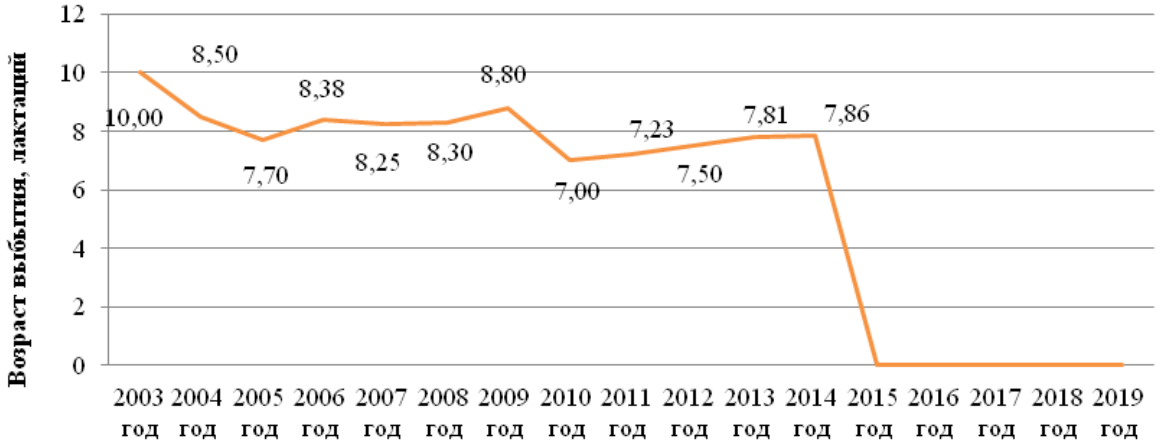


Рис. 1. Динамика возраста выбытия коров по причине старости, лактаций

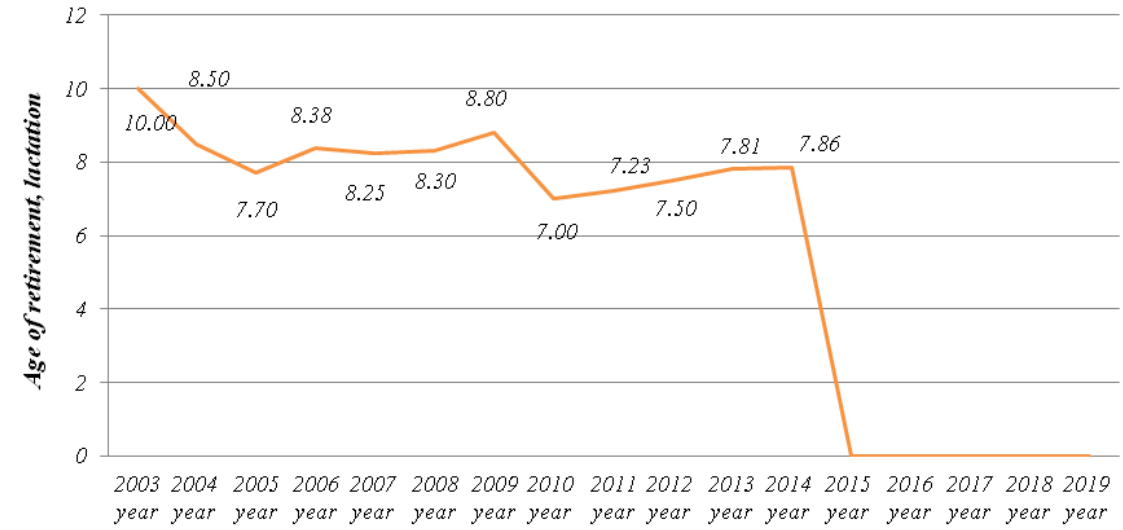


Fig. 1. Dynamics of the age of retirement of cows due to old age, lactation

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на базе одного из предприятий в Челябинской области, специализирующегося на разведении крупного рогатого скота черно-пестрой породы.

При обработке научных данных использованы отчетные документы, сформированные по результатам ИУС «СЕЛЭКС» за период с 2003 по 2019 годы по 9247 головам коров.

Проанализированы возраст и причины выбытия коров из стада в динамике за период с 2003 по 2019 годы. Возраст выбытия животных из стада на предприятии составляет от 2,74 до 3,94 лактации, живая масса животных при первом осеменении в среднем составляет 388,5 кг.

Исследуемые животные разных возрастов были распределены на четыре группы. В первую группу вошли коровы, живая масса которых при первом плодотворном осеменении была менее 360 кг (n = 2589). Ко второй группе отнесены коровы с живой массой при первом плодотворном осеменении 360–380 кг (n = 1572), к третьей – 381–400 кг (n = 2959), к четвертой – более 400 кг (n = 2127).

При сравнительном анализе периода производственного использования коров-матерей и коров-дочерей животных распределили на группы: первая – выбытие матерей в период 1-й лактации (n = 218), вторая – в период 2-й лактации (n = 496), третья – в период 3-й лактации (n = 731), четвертая – в период 4-й лактации (n = 981), пятая – в период 5-й лактации (n = 1063), шестая – в период 6-й лактации (n = 910), седьмая – в период 7-й лактации (n = 611), восьмая – в период 8-й лактации и старше (n = 369).

Для проведения оценки влияния быков-производителей на уровень продуктивности и период эксплуатации коров-дочерей оценены производители разных линий с наибольшим количеством дочерей. В первую группу вошли дочери быков линии Вис Бэк Айдиал 1013415 (Аукцион 7318 (n = 244), Гвидон 49963482 (n = 277), Жесмен 105303281 (n = 366)), во вторую группу – дочери быков линии Рефлекшн Соверинг 198998 (Геракл 18 (n = 265), Гервин 353 (n = 228), Соло 62181522 (n = 266)), в третью группу – дочери быков линии Монтвик Чифтейн 95679 (Кодек 1452 (n = 355), Леон 8028 (n = 145), Эмос 61280669 (n = 245)).

Таблица 2

Продолжительность жизни и возраст первого осеменения коров с разной живой массой ($\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$)

Группа коров, живая масса при первом плодотворном осеменении	Показатель	
	Возраст первого плодотворного осеменения, мес.	Продолжительность жизни, лактации
1, менее 360 кг	17,5 ± 0,06	4,4 ± 0,04***
2, 360–380 кг	17,5 ± 0,09	3,8 ± 0,05
3, 381–400 кг	16,7 ± 0,06	3,6 ± 0,04
4, более 400 кг	18,3 ± 0,15***	3,5 ± 0,04

*Примечание. Здесь и далее *** при p < 0,001.*

Table 2

Life expectancy and age of the first insemination of cows with different live weight ($\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$)

Group of cows, live weight at the first fruitful insemination	*Indicator*	
	Age of the first fruitful insemination, months	*Life expectancy, lactation*
1, less than 360 kg	*17.5 ± 0.06*	*4.4 ± 0.04****
2, 360–380 kg	*17.5 ± 0.09*	*3.8 ± 0.05*
3, 381–400 kg	*16.7 ± 0.06*	*3.6 ± 0.04*
4, more than 400 kg	*18.3 ± 0.15****	*3.5 ± 0.04*

*Note. Hereinafter *** at p < 0.001.*

Все группы исследуемых животных были сбалансированы по возрасту, условиям кормления и содержания. Полученные в ходе исследований результаты обработаны с помощью общепринятых методов вариационной статистики.

Результаты (Results)

Исследования показали, что коровы в анализируемом стаде выбраковывались в достаточно раннем возрасте – от 2,74 до 3,94 лактации (таблица 1).

Коэффициент вариации данного признака во все анализируемые периоды был значительно высок: 50,9–112,6 %. Есть все основания полагать, что в стаде встречались коровы, которые выбраковывались в период 5-й лактации и старше. И действительно, при дальнейшем анализе установлено, что всего 29,0 % коров от общего оцениваемого поголовья выбраковывались из стада на 5-й лактации и старше.

В ходе исследовательской работы мы выяснили причины выбытия коров во все возрастные периоды. Результаты показали, что самыми распространенными причинами выбраковки животных являлись трудные роды и осложнения (2,3–6,6 %), низкая молочная продуктивность (3,1–24,0 %), заболевания половых органов (3,2–37,7 %). При этом коровы выбывали из стада по вышеперечисленным причинам в возрасте 3,1–3,4 лактации в среднем по периодам.

Кроме того, к наиболее распространенным причинам выбраковки коров из стада отнесены заболевания молочной железы (4,0–23,3 %), конечностей (2,2–27,0%), а также болезни, связанные с обменом веществ (0,3–23,8%). При этом яловость молочных коров данного стада как причина выбраковки из стада зафиксирована в среднем в 3,7 % случаев.

Старость животных в качестве причины выбытия их из стада отмечена в среднем в 2,8 % случаев в период с 2003 по 2014 гг. (рис. 1).

Следует отметить, что оцениваемые животные выбывали их стада по старости на 7-й лактации и старше. При этом в 2003 году коровы в результате старости выбывали из стада уже в возрасте 10-й лактации.

На ранних сроках производственного использования (менее 2 лактаций) выбраковывались животные по причине скручивания матки (1,5 лактации), перитонита (1,8 лактации), плеврита (1,0 лактация), хирургических болезней (1,5 лактации), травм конечностей (1,8 лактации) и асфиксии (1,25 лактации). Но таких случаев оказалось немного – от 2 до 10 коров в зависимости от заболевания за все оцениваемые периоды.

Известны причины выбытия коров в период 2-й и 3-й лактации. Основные из них: патологии пищеварительной системы (278 голов), разрывы и растяжения связок (176 голов), нарушения работы органов дыхательной системы (169 голов) и эндометриты (102 головы).

Некробактериоз, лейкоз, болезни и атрофия вымени, язвы были причинами выбраковки животных из стада в возрасте четвертой лактации. Больше всего коров в данном случае выбывало из-за болезней молочной железы (838 голов).

Инфекционные заболевания, эмфизема, а также старость зафиксированы в качестве причины выбраковки у коров в возрасте 5-й лактации.

Как известно, все производственные показатели, характеризующие продуктивное стадо животных, зависят от ряда генотипических и паратипических факторов, в числе которых воспроизводительные особенности коров, их живая масса, биологические особенности коров-матерей, линейная принадлежностью и прочие.

При анализе продуктивного долголетия оцениваемых животных в зависимости от различных факторов установлено, что и продолжительность жизни коров связана с живой массой при первом плодотворном осеменении (таблица 2).

Рис. 2. Возраст выбытия коров-дочерей в зависимости от возраста выбытия коров-матерей, лактации

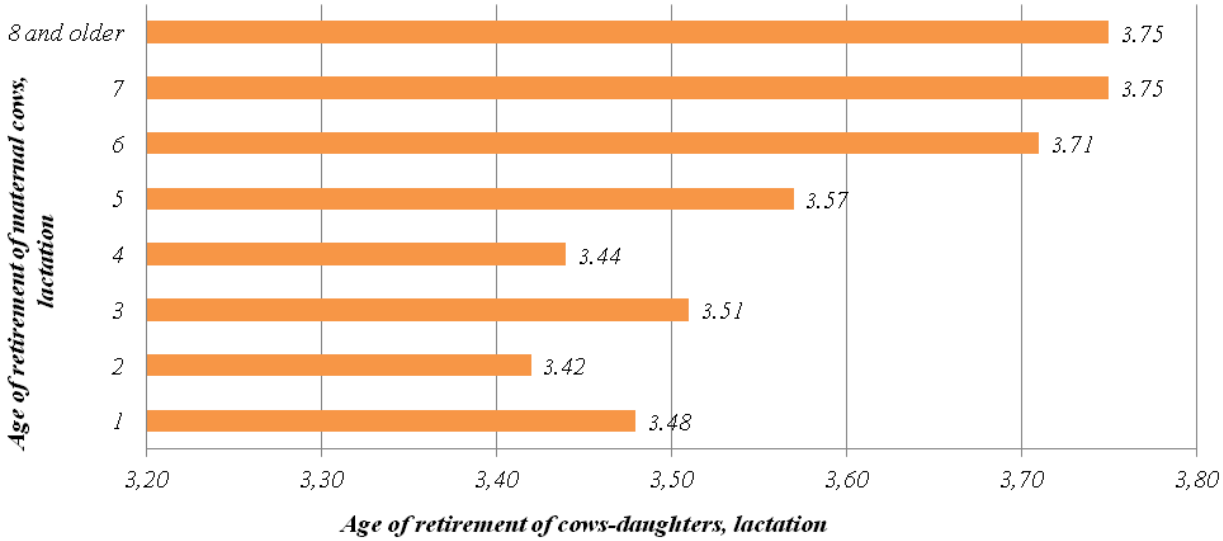


Fig. 2. The age of retirement of cows-daughters, depending on the age of retirement of cows-mothers, lactation

В результате сравнительного анализа установлено, что более короткий срок производственного использования (3,5 лактации) был у коров, которых впервые плодотворно осеменили в возрасте старше 18 месяцев при живой массе более 400 кг (четвертая группа коров). Разница в данном случае составила с 1-й, 2-й и 3-й группами животных соответственно 0,9, 0,3 и 0,1 лактации при $p < 0,001$.

Является актуальной оценка влияния возраста выбраковки из стада матерей на возраст выбытия их потомков. Отмечено повышение возраста выбытия коров-дочерей при выбытии коров-матерей в период 5 лактации и старше (рис. 2).

У коров-дочерей возраст выбытия варьировал независимо от возраста выбытия коров-матерей. Предположительно, показатель повторяемости данного признака у животных изучаемого стада достаточно низкий, кроме коров 5-й, 6-й, 7-й и 8-й групп. То есть матери-долгожительницы (возраст выбытия – 7-я лактация и старше) слабо, но все же передавали свои признаки продуктивного долголетия дочерям.

Результаты оценки долголетия дочерей быков-производителей разных линий свидетельствуют о том, что на возраст выбытия коров генотип отца оказывал достоверное влияние (таблица 3).

Дочери быка Аукцион линии Вис Бэк Айдиал дольше эксплуатировались. Их возраст выбытия в среднем равен 5,28 лактации. Разница с группой дочерей производителей Гвидон и Жесмен составила 1,7 (47,5 %) и 1,61 (43,9 %) лактации соответственно (при $p < 0,001$).

В группе оцениваемых животных линии Рефлекшн Соверинг животные выбывали из стада в возрасте старше 5-й лактации. При этом более продолжительным периодом использования отличались дочери быка Гервин – на 0,08 лактаций (1,6 %).

В группе животных линии Монтвик Чифтейн дольше эксплуатировались в стаде дочери быков Кодек и Эмос – в среднем на 0,7 лактации (12,3 %) продолжительнее, чем дочери Леона.

Таблица 3

Возраст выбытия дочерей быков-производителей разных линий, лактаций ($\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$)

Кличка и номер быка-производителя, линия	Возраст выбытия дочерей, лактаций
Вис Бэк Айдиал 1013415	
Аукцион 7318	5,28 ± 0,09***
Гвидон 49963482	3,58 ± 0,07
Жесмен 105303281	3,67 ± 0,08
Рефлекшн Соверинг 198998	
Геракл 18	5,05 ± 0,11
Гервин 353	5,13 ± 0,08
Соло 62181522	5,05 ± 0,12
Монтвик Чифтейн 95679	
Кодек 1452	4,97 ± 0,11
Леон 8028	4,34 ± 0,15
Эмос 61280669	4,94 ± 0,13

Table 3

The age of retirement of the daughters of bulls-producers of different lines, lactation ($\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$)

The nickname and number of the bull-producer, the line	*Age of retirement of daughters, lactation*
Vis Back Idial 1013415	
Auktsion 7318	*5.28 ± 0.09****
Gvidon 49963482	*3.58 ± 0.07*
Zhesmen 105303281	*3.67 ± 0.08*
Reflection Sovering 198998	
Gerakl 18	*5.05 ± 0.11*
Gervin 353	*5.13 ± 0.08*
Solo 62181522	*5.05 ± 0.12*
Montwick Chieftain 95679	
Kodek 1452	*4.97 ± 0.11*
Leon 8028	*4.34 ± 0.15*
Emos 61280669	*4.94 ± 0.13*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Средний возраст эксплуатации животных оцениваемого стада составил 3,4 лактации. К основными причинам выбраковки коров из стада в различные возрастные периоды отнесены трудные роды и осложнения (2,3–6,6 %), низкая молочная продуктивность (3,1–24,0 %), заболевания половых органов (3,2–37,7 %), молочной железы (4,0–23,3 %) и конечностей (2,2–27,0 %), а также болезни, связанные с обменом веществ (0,3–23,8 %), и яловость (в среднем 3,7 %). Ранее 2-й лактации животные выбраковывались по причине скручивания матки, перитонита, плеврита, хирургических болезней, травм конечностей и асфиксии. В возрасте 4-й лактации больше всего коров выбывало из-за болезней молочной железы (838 голов).

Более короткий срок производственного использования (3,5 лактации) был у коров, которых впервые плодотворно осеменили в возрасте старше 18 месяцев при живой массе более 400 кг. Коровы-долгожительницы (7-я лактация и старше) слабо передали свои признаки продуктивного долголетия дочерям, чей возраст выбытия составил 3,57–3,75 лактации. Дочери быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 имели более продолжительный период использования – в среднем 5,1 лактации, что больше по сравнению с потомками быков линии Вис Бэк Айдиал на 0,9 лактации, линии Монтвик Чифтейн 95679 – на 0,3 лактации.

Таким образом, изучение генетических и паратипических факторов, влияющих на возраст выбытия коров, а также грамотное применение полученных результатов могут давать возможность в будущем повышать срок производственного использования молочного стада до 5 лактаций и более.

Библиографический список

1. Лапина М. Н., Бобрышова Г. Т., Ковалева Г. П., Сулыга Н. В., Витол В. А. Взаимосвязь продуктивного долголетия и воспроизводительных способностей у коров черно-пестрой породы // Сельскохозяйственный журнал. 2019. Т. 1. № 12. С. 56–63. DOI: 10.25930/pc3z-6g59.

2. Часовщикова М. А. Молочная продуктивность и продолжительность хозяйственного использования коров черно-пестрой породы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (53). С. 109–113. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14109.

3. Штырева И. В., Рудишина Н. М. Продолжительность хозяйственного использования и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы приобского типа с разными причинами выбытия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (128). С. 89–92.
4. Шевелева О. М., Смирнова Т. Н., Сухих Н. С. Влияние интенсивности раздоя коров первой лактации на долголетие коров, их пожизненную продуктивность // Агропродовольственная политика России. 2020. № 3. С. 40–43.
5. Шевелева О. М., Смирнова Т. Н., Сухих Н. С. Влияние уровня молочной продуктивности коров первой лактации на долголетие коров и пожизненную продуктивность // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2020. № 4 (61). С. 95–99. DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.015.
6. Боголюбова Л. П., Дюльдина А. В., Тяпугин Е. Е. Причины выбытия коров из основного стада в 2018 году // Зоотехния. 2020. № 2. С. 14–16. DOI: 10.25708/ZT.2020.71.93.005.
7. Тулинова О. В., Анистенок С. В. Взаимосвязь интенсивности развития телок с долголетием и причинами выбытия коров айрширской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 17–21.
8. Gorelik O., Harlap S., Gorelik A., Dolmatova I., Zalilov R., Dogareva N., Fedoseeva N., Delian A., Ermolaev V. The state of nonspecific resistance of calves during the preweaning period // International Journal of Pharmaceutical Research. 2019. Т. 11. No. 1. Pp. 1775–1780. DOI: 10.31838/ijpr/2019.11.01.133.
9. Gorelik O., Rebezov M., Gorelik A., Harlap S., Dolmatova I., Zaitseva T., Maksimuk N., Fedoseeva N., Novikova N. Effect of bio-preparation on physiological status of dry cows // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Т. 8. No. 7. Pp. 559–562.
10. Donnik I. M., Loretts O. G., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Krivonogova A. S. genetic formation factors of dairy efficiency and quality of cattle milk // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2017. Т. 4. No. 11. Pp. 4163–4169.
11. Фирсова Э. В., Карташова А. П. Основные породы молочного скота в хозяйствах Российской Федерации // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 69–75. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-12069.
12. Травецкий М. А., Осмола В. В., Краевский А. И., Галичев М. М. Причины выбраковки коров и их возраст при выбытии из маточного стада // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2017. № 2. С. 54–56.
13. Вылегжанина Л. Н. Влияние возраста 1-го осеменения на выбытие коров-первотелок // Эффективное животноводство. 2019. № 5 (153). С. 60–61.
14. Привалова З. Н. Повторяемость признаков молочной продуктивности у коров черно-пестрой породы с разным продуктивным долголетием : дис. … канд. биол. наук: 06.02.07. Москва, 2017. 108 с.
15. Казанцева Е. С. Влияние генотипических и паратипических факторов на продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы Зауралья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.10. Курган, 2015. 18 с.
16. Вильвер Д. С. Влияние возраста материнских предков на молочную продуктивность и морфофункциональные свойства вымени коров чёрно-пёстрой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 2 (52). С. 138–140.
17. Сударев Н. П., Абылкасымов Д. А., Абрампальская О. В., Чаргеишвили С. В. Влияние возраста первого плодотворного осеменения телок разной селекции на их последующие хозяйственно полезные признаки // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 3 (11). С. 50–56. DOI: 10.25930/kfk5-zy02.

Об авторах:
Ольга Сергеевна Чеченихина[1], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9011-089X, AuthorID 473811; *+7 912 227-02-51*, *Olgachech@yandex.ru*
Ольга Александровна Быкова[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-0753-1539, AuthorID 663503; *+7 950 542-94-34*, *ftg96@mail.ru*
Ольга Геннадьевна Лоретц[1], доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, ORCID 0000-0002-9945-5691, AuthorID 370324; *+7 (343) 252-72-53*, *ftg96@mail.ru*
Алексей Владимирович Степанов[1], кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, https://orcid.org/0000-0001-8819-5639, AuthorID: 694790; *+7 912 692-03-31*, *ftg96@mail.ru*

The age of retirement of cows from the herd, depending on genetic and paratypical factors

O. S. Chechenikhina[1]✉, O. A. Bykova[1], O. G. Loretts[1], A. V. Stepanov[1]
[1] Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
✉*E-mail: Olgachech@yandex.ru*

Abstract. **The purpose** of the research is to study the age of retirement of cows from the herd, depending on various genetic and paratypical factors. **Methods**. The research was carried out according to the data of a black-and-white breed dairy herd of the Chelyabinsk region. The studied animals of different ages were divided into groups relative to the live weight at the first fruitful insemination, the age of retirement of mothers and bulls-producers of Holstein lines. The paper analyzes data for the period from 2003 to 2019 on 9247 heads of cows. **The scientific novelty** of the research lies in the analysis of genetic and paratypical factors affecting the increase in the age of retirement of dairy cows from the herd. As a **result**, it was found that the age of retirement of animals from the herd of the studied cows was 3.4 lactation. But only 29.0 % of cows were eliminated from the herd at the age of 5 lactations and older. At the early stages of economic use (before the 2nd lactation), animals were rejected due to diseases of the genital organs (1.5 lactation), respiratory organs (1.0–1.25 lactation), surgical diseases (1.5–1.8 lactation) and limb injuries (1.8 lactation). The shortest period of economic use, equal to 3.5 lactation, was observed in animals that were first fruitfully inseminated at the age of 18 months and older with a live weight of more than 400 kg. Long-lived mothers (older than 7 lactations) weakly transmitted their signs of productive longevity to their daughters, whose retirement age was 3.57–3.75 lactation. The daughters of the bulls-producers of the line Reflection Sovering 198998 had a longer period of use – an average of 5.1 lactations. Genetic and paratypical factors affect the age of retirement of cows. The study of this issue, as well as the competent application of the results obtained, make it possible to increase the period of production use of the dairy herd to 5 lactations or more.

Keywords: black-and-white, breed, age of disposal, reasons for culling, lactation, insemination, mother cows, breeding bulls, line.

For citation: Chechenikhina O. S., Bykova O. A., Loretts O. G., Stepanov A. V. Vozrast vybytiya korov iz stada v zavisimosti ot geneticheskih i paratipicheskih faktorov [The age of retirement of cows from the herd, depending on genetic and paratypical factors] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 71–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79. (In Russian.)

Date of paper submission: 16.04.2021, ***date of review:*** 17.05.2021, ***date of acceptance:*** 24.05.2021.

References

1. Lapina M. N., Bobryshova G. T., Kovaleva G. P., Sulyga N. V., Vitol V. A. Vzaimosvyaz' produktivnogo dolgoletiya i vosproizvoditel'nykh sposobnostey u korov cherno-pestroy porody [The relationship between productive longevity and reproductive ability in black-and-white cows] // Agricultural journal. 2019. T. 1. No. 12. Pp. 56–63. DOI: 10.25930/pc3z-6g59. (In Russian.)
2. Chasovshchikova M. A. Molochnaya produktivnost' i prodolzhitel'nost' khozyaystvennogo ispol'zovaniya korov cherno-pestroy porody [Milk productivity and duration of economic use of black-and-white cows] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 4 (53). Pp. 109–113. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14109. (In Russian.)
3. Shtyreva I. V., Rudishina N. M. Prodolzhitel'nost' khozyaystvennogo ispol'zovaniya i molochnaya produktivnost' korov cherno-pestroy porody priobskogo tipa s raznymi prichinami vybytiya [The duration of economic use and milk productivity of black-and-white breed cows of the Priobsky type with different reasons for disposal] // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015. No. 6 (128). Pp. 89–92. (In Russian.)
4. Sheveleva O. M., Smirnova T. N., Sukhikh N. S. Vliyaniye intensivnosti razdoya korov pervoy laktatsii na dolgoletiye korov, ikh pozhiznennuyu produktivnost [The influence of the intensity of milking cows of the first lactation on the longevity of cows, their lifelong productivity] // Agro-food policy in Russia. 2020. No. 3. Pp. 40–43. (In Russian.)
5. Sheveleva O. M., Smirnova T. N., Sukhikh N. S. Vliyaniye urovnya molochnoy produktivnosti korov pervoy laktatsii na dolgoletiye korov i pozhiznennuyu produktivnost [The influence of the level of milk productivity of cows of the first lactation on the longevity of cows and lifelong productivity] // Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova. 2020. No. 4 (61). Pp. 95–99. DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.015. (In Russian.)
6. Bogolyubova L. P., Dyuldina A. V., Tyapugin E. E. Prichiny vybytiya korov iz osnovnogo stada v 2018 godu [Reasons for the retirement of cows from the main herd in 2018] // Zootekhniya. 2020. No. 2. Pp. 14–16. DOI: 10.25708/ZT.2020.71.93.005. (In Russian.)
7. Tulinova O. V., Anistenok S. V. Vzaimosvyaz' intensivnosti razvitiya telok s dolgoletiyem i prichinami vybytiya korov ayrshirskoy porody [The relationship of the intensity of heifer development with longevity and the reasons for the retirement of Ayrshire cows] // Dairy and Beef Cattle Farming. 2020. No. 4. Pp. 17–21. (In Russian.)
8. Gorelik O., Harlap S., Gorelik A., Dolmatova I., Zalilov R., Dogareva N., Fedoseeva N., Delian A., Ermolaev V. The state of nonspecific resistance of calves during the preweaning period // International Journal of Pharmaceutical Research. 2019. T. 11. No. 1. Pp. 1775–1780. DOI: 10.31838/ijpr/2019.11.01.133.

9. Gorelik O., Rebezov M., Gorelik A., Harlap S., Dolmatova I., Zaitseva T., Maksimuk N., Fedoseeva N., Novikova N. Effect of bio-preparation on physiological status of dry cows // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. T. 8. No. 7. Pp. 559–562.

10. Donnik I. M., Loretts O. G., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Krivonogova A. S. genetic formation factors of dairy efficiency and quality of cattle milk // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2017. T. 4. No. 11. Pp. 4163–4169.

11. Firsova E. V., Kartashova A. P. Osnovnye porody molochnogo skota v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii [The main breeds of dairy cattle in the farms of the Russian Federation] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 2 (55). Pp. 69–75. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-12069. (In Russian.)

12. Travetskiy M. A., Osmola V. V., Kraevskiy A. I., Galichev M. M. Prichiny vybrakovki korov i ikh vozrast pri vybytii iz matochnogo stada [Reasons for culling cows and their age at retirement from the breeding herd] // Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. 2017. No. 2. Pp. 54–56. (In Russian.)

13. Vylegzhanina L. N. Vliyaniye vozrasta 1-go osemeneniya na vybytiye korov-pervotelok [Influence of the age of the 1st insemination on the disposal of first-calf cows] // Effektivnoye zhivotnovodstvo. 2019. No. 5 (153). Pp. 60–61. (In Russian.)

14. Privalova Z. N. Povtoryayemost priznakov molochnoy produktivnosti u korov cherno-pestroy porody s raznym produktivnym dolgoletiyem: dis. … kand. boil. nauk: 06.02.07 [The repeatability of signs of milk productivity in black-and-white cows with different productive longevity: the diss. ... candidate of biological sciences: 06.02.07]. Moscow, 2017. 108 p.

15. Kazantseva E. S. Vliyaniye genotipicheskikh i paratipicheskikh faktorov na produktivnoye dolgoletiye korov cherno-pestroy porody Zauralya dis. … kand. s.-kh. nauk: 06.02.10 [The influence of genotypic and paratypic factors on the productive longevity of black-and-white cows of the Trans-Urals: the diss. ... candidate of agricultural sciences: 06.02.10]. Kurgan, 2015. 18 p.

16. Vil'ver D. S. Vliyaniye vozrasta materinskikh predkov na molochnuyu produktivnost i morfofunktsionalnyye svoystva vymeni korov cherno-pestroy porody [The influence of the age of maternal ancestors on the milk productivity and morphofunctional properties of the udder of black-and-white cows] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2015. No. 2 (52). Pp. 138–140. (In Russian.)

17. Sudarev N. P., Abylkasymov D. A., Abrampalskaya O. V., Chargeishvili S. V. Vliyaniye vozrasta pervogo plodotvornogo osemeneniya telok raznoy selektsii na ikh posleduyushchiye khozyaystvenno poleznyye priznaki [The influence of the age of the first fruitful insemination of heifers of different breeding on their subsequent economically useful signs] // Agricultural journal. 2018. No. 3 (11). Pp. 50–56. DOI: 10.25930/kfk5-zy02. (In Russian.)

Authors' information:

Olga S. Chechenikhina[1], candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-9011-089X, AuthorID 473811; *+7 912 227-02-51*, *Olgachech@yandex.ru*

Olga A. Bykova[1], doctor of agricultural sciences, professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-0753-1539, AuthorID 663503; *+7 950 542-94-34*, *ftg96@mail.ru*

Olga G. Loretts[1], doctor of biological sciences, professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0002-9945-5691, AuthorID 370324; *+7 (343) 252-72-53*, *ftg96@mail.ru*

Aleksey V. Stepanov[1], candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of biotechnology and food products, ORCID 0000-0001-8819-5639, AuthorID 694790; *+7 912 692-03-31*, *ftg96@mail.ru*

[1] Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

УДК 339.9
Код ВАК 08.00.05
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-80-88

Перспективные направления экспорта органической продукции АПК Уральского региона

Д. Р. Кричкер[1]✉, **О. А. Рущицкая**[1]
[1] **Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия**
✉*E-mail: vetkek@mail.ru*

Аннотация. **Цель** – анализ текущего состояния и перспектив расширения географии и номенклатуры экспорта органической сельскохозяйственной продукции из Урало-Сибирского региона. **Методы:** товарный и страновой анализ экспорта агропромышленной продукции из России за последние несколько лет на основании данных Федеральной таможенной службы России; оценка данных о динамике доходов от экспорта сельскохозяйственной продукции из России в сравнении с доходами от экспорта вооружений, продукции машиностроения и других несырьевых товаров; оценка плановых перспектив кратного роста экспортной выручки по основным товарным позициям до 2030 г. Проведена группировка по основным странам – импортерам агропродукции из России, где в тройке лидеров – Китай, Турция и Казахстан, и из уральского региона, где топ-3 импортеров выглядит по-другому: Казахстан, Узбекистан и Китай. Выполнена также группировка по перечню основных экспортных товаров в агропромышленном секторе, где уральская номенклатура экспортных сельхозтоваров заметно отличается от общероссийской. Исследован рост на мировом рынке продовольствия доли органических продуктов. Оценены данные Исследовательского института органического сельского хозяйства по органической сертификации сельскохозяйственных земель в мире. **Научная новизна** работы заключается в анализе стремительного роста объемов рынка органической продукции за пределами традиционного ареала их потребления в странах Запада за счет развивающихся экономик в Азии (в первую очередь Китая) и особенностей и отличий в нормативно-правовом регулировании производства органических продуктов питания в Китае по сравнению с Европейским союзом и США. Раскрыта также роль агропромышленного экспорта в решении более широких задач реализации национальных проектов развития Российской Федерации до 2030 г. **Практические результаты** работы заключаются в обосновании тезиса о том, что освоение новых направлений экспорта и современных логистических технологий позволит экспортерам органической продукции АПК Уральского региона заметно увеличить объемы и доходность экспорта. Обосновывается необходимость для экспортеров Уральского региона в использовании закаспийского маршрута Международного транспортного коридора «Север – Юг» и логистических технологий «агроэкспрессов» и контейнерных поездов для получения конкурентных преимуществ перед поставщиками Юга России и Дальнего Востока, расположенных ближе к портам и пограничным переходам.

Ключевые слова: экспорт-импорт, органическая продукция, рентабельность производства, национальные проекты, доходность экспорта.

Для цитирования: Кричкер Д. Р., Рущицкая О. А. Перспективные направления экспорта органической продукции АПК Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 80–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-80-88.

Дата поступления статьи: 30.03.2021, ***дата рецензирования:*** 16.04.2021, ***дата принятия:*** 26.04.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Серьезные инвестиции последних 10 лет в производство аграрной продукции в Российской Федерации, с одной стороны, и стагнирующие доходы основной части населения страны, с другой стороны, привели значительную часть российских производителей продовольствия к классическому кризису перепроизводства и к необходимости либо снижать цены и доходность производства своей продукции, либо искать новые рынки сбыта для нее. В связи с этим на государственном уровне отраслевая задача обеспечения продовольственной безопасности страны после ее успешного решения по основным группам продовольствия была заменена задачей расширения экспорта продукции российского АПК, решающей как проблему сохранения уровня рентабельности новых производств и сохранения рабочих мест на них, так и проблему диверсификации номенклатуры экспорта из Российской Федерации для снижения зависимости ее экономики и бюджетных доходов от экспорта углеводородов.

Методология и методы исследования (Methods)

Теоретической и методологической основой статьи послужили труды и исследования отечественных и зарубежных ученых-экономистов, посвященные трансграничным товаропотокам агропромышленной

© Кричкер Д. Р., Рущицкая О. А., 2021

продукции и росту популярности продукции органического сельского хозяйства. Информационную базу исследования составили статистические данные Федеральной таможенной службы, Уральского таможенного управления, Аналитического управления Российского экспортного центра, материалы научно-практических конференций, периодических и специальных изданий по рассматриваемой тематике.

Основные направления развития Российской Федерации на ближайшие десять лет сформулированы в известных Указах Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Одним из национальных проектов по этим Указам стал проект «Международная кооперация и экспорт», включающий в себя федеральный проект «Экспорт продукции АПК». Согласно этим документам и новому паспорту проекта, к 2030 г. экспорт российской продукции АПК должен увеличиться до 45 млрд $, в том числе продажи за рубеж зерновых предполагается нарастить в 1,5 раза до 11,4 млрд $, масложировой продукции – в 2,8 раза до 8,6 млрд $, продукции пищевой и перерабатывающей промышленности – в 2,5 раза до 8,6 млрд $, рыбы и морепродуктов – в 1,9 раза до 8,5 млрд $, мясной и молочной продукции – в 4,7 раза до 2,8 млрд $. [2]

Заслуживает внимания тот факт, что начиная с 2016 г. валютная выручка Российской Федерации от экспорта продукции АПК стабильно превышает выручку от экспорта вооружений. В 2017 г., согласно данным Российского экспортного центра, экспорт продукции АПК вырос на 20 % примерно до 20,5 млрд $. В 2018 г. он составил уже 24,8 млрд $. В 2019 г. из России экспортировано продовольственных товаров и сырья на сумму 24,6 млрд $. В 2020 г. Россия поставила на внешние рынки 79 млн тонн продукции агрокомплекса общей стоимостью 30,7 млрд $, что на 5 млрд $, или на 20 %, больше показателя прошлого года. Таким образом, агроэкспорт достиг рекордной величины, побив максимум 2018 г.

Результаты (Results)

Товарная структура агроэкспорта

Динамику агроэкспорта из России можно оценить по данным Федеральной таможенной службы. С 2011 г. экспорт продовольствия и сельхозсырья увеличился в 2,6 раза, в то время как другие растущие отрасли российской экономики показывали повышение максимум на 20 % (например, сегменты машиностроения и древесины). А вот чисто сырьевой вывоз продукции горнодобывающей промышленности и топливно-энергетических товаров за 10 лет сократился вдвое, объем поставок металлов уменьшился в 1,2 раза, химии – на 20 % [1]. Таким образом, выполняется задача снижения зависимости доходов федерального бюджета от нефтегазового экспорта.

Экспортируются сегодня в первую очередь те виды продовольственной продукции, которые российские аграрии производят в объемах, превышающих внутренний спрос. Это зерновые (пшеница, ячмень, овес и др.), сахар, растительное масло, картофель, а также мясо птицы и свинина.

На данный момент основные продукты российского экспорта – зерно (6 % мирового рынка), рыба и растительное масло (примерно по 3 %), мясо (1 %). В последние 1–2 года наибольший рост показали поставщики сахара и кондитерских изделий (почти двукратный); мяса и пищевых мясных субпродуктов – на 45 %; зерна, готовых продуктов из мяса и рыбы, фруктов и орехов – на треть.

Таблица 1

Вывоз продовольствия из России

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сумма, млрд $	9,3	13,3	16,7	16,2	18,7	16,2	17	20,6	24,8	24,6	30,6

Table 1

Export of food from Russia

Year	*2010*	*2011*	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*	*2016*	*2017*	*2018*	*2019*	*2020*
Amount, bln $	*9.3*	*13.3*	*16.7*	*16.2*	*18.7*	*16.2*	*17*	*20.6*	*24.8*	*24.6*	*30.6*

Таблица 2

Страновая структура агроэкспорта

Страна	**Доля, %**
Китай	15
Турция	10
Казахстан	6,8
Египет	6,4
Южная Корея	5,7
Беларусь	4,7
Нидерланды	3,4
Украина	2,5
Азербайджан	2,3
Саудовская Аравия	2,3

Table 2

Country structure of agroexport

Country	***Share, %***
China	*15*
Turkey	*10*
Kazakhstan	*6.8*
Egypt	*6.4*
South Korea	*5.7*
Belarus	*4.7*
Netherlands	*3.4*
Ukraine	*2.5*
Azerbaijan	*2.3*
Saudi Arabia	*2.3*

© Krichker D. R., Ruschitskaya O. A., 2021

Неплохие перспективы на мировом рынке продовольствия у российской свинины и мяса птицы. За 10 лет производство свинины в России выросло на 326 %, а мяса птицы – на 183,1 %.

Структура вывоза продукции агропромышленного комплекса в 2020 г. осталась без серьезных изменений. По-прежнему самая большая доля поставок в стоимостном выражении приходится на зерновые культуры – 34 % (в 2019 г. – 31 %). Рыбная продукция и морепродукты – все еще на втором месте по объемам отгрузок, хотя теперь на эту категорию приходится 17 % против 21 % годом ранее. Доля масложировой продукции не изменилась – 16 %. Товары пищепрома и переработки сельхозсырья в общей структуре в 2020 г. достигли 15 % (в 2019 г. – 16 %), прочая продукция АПК – 14 % (годом ранее – 13 %). До 3 % с 2 % увеличил свою долю мясной сегмент.

Эти позитивные результаты являются в том числе следствиями усилий государства, открывающего границы стран Юго-Восточной Азии для российского мяса. Основной рост российского экспорта мясной продукции обеспечили такие страны, как Китай, Саудовская Аравия, Беларусь.

Страновая структура агроэкспорта

По данным Федеральной таможенной службы России, в 2020 г. российский экспорт продукции агропромышленного комплекса осуществлялся в 149 стран. Ведущим покупателем в 2020 г. остается Китай, его импорт составил 2,2 млн тонн российского продовольствия на сумму 1,9 млрд $, что на 35 % больше аналогичного периода 2019 г. Благодаря этому доля КНР в общем объеме агроэкспорта России увеличилась до 15 % против 13 % по итогам 2019 г. Уже с 2018 г. Китай занимает первое место в мире по импорту соевых бобов, говядины, рыбы мороженой, второе место – по импорту семян рапса, масла рапсового и подсолнечного, ракообразных, третье место – по импорту овса и свинины, четвертое место – по импорту масла соевого [11]. Несмотря на значительный рост поставок российской агропродовольственной продукции в Китай (до 4 млрд $ в 2020 г.), Россия занимает лишь девятое место на этом рынке. Несмотря на существующие различия в прогнозных данных, нет никаких сомнений в том, что рынок Китая весьма привлекателен для российских поставщиков агропродовольственной продукции с учетом ежегодного прироста спроса в ближайшем десятилетии от 1,5 % до 6 % на отдельные товарные позиции [3].

На втором месте среди импортеров российской агропродукции располагается Турция (1,5 млрд $, +42 %), на третьем – Казахстан (974 млн $, +20 %). Драйверами роста стали растительные масла и зерновые культуры, а также значительный рост зафиксирован в экспорте мясной продукции и сахара.

Страновая структура агроэкспорта из России в 2020 г. указана в таблице 2.

На тему экспорта основной сельхозкультуры (пшеницы) написано много статей в профильных изданиях, и, поскольку Уральский регион – скорее нетто-импортер зерновых культур, в рамках данной статьи мы не будем на ней подробно останавливаться.

Для агропромышленного комплекса Уральского региона в первую очередь представляет интерес экспорт продукции мясной, молочной и масложировой промышленности, в том числе выпущенной по стандартам органической продукции, согласно недавно принятому федеральному закону, и выглядит он следующим образом.

Экспорт мясной продукции в 2020 г. продемонстрировал самый высокий темп роста среди основных категорий продовольственных товаров. За год физический объем увеличился на 53 % и составил 525 тыс. тонн. В денежном эквиваленте отгрузки достигли 887 млн $, что на 49 % выше аналогичного показателя 2019 г.

По данным ФТС, поставки мяса птицы выросли на 40 % до 296 тыс. тонн в физическом выражении и на 31 % до 429 млн $ в стоимостном, главным образом – благодаря почти **десятикратному росту (за 2 года) продаж в Китай**.

Свинины экспортировано более 200 тыс. тонн (+87 %) на сумму 336 млн $ (+91 %), говядины – 16 тыс. тонн (в 2,7 раза больше) стоимостью 88 млн $ (в 3,1 раза больше).

Крупнейшим покупателем российского мяса остается Китай. Поставки мяса птицы в эту страну, начавшиеся в феврале 2019 г., по итогам прошлого года выросли в 2,3 раза до 146 тыс. тонн на сумму 265 млн $ (в 1,8 раза больше). В 2020 г. доступ на китайский рынок получили российские экспортеры говядины, отгруженный объем составил 8,7 тыс. тонн на 48 млн $, или более 50 % всего российского экспорта мяса КРС [3].

Несколько российских компаний начали экспорт мяса птицы в Саудовскую Аравию, Кувейт и увеличили поставки в ОАЭ, хотя в общем объеме доля этих стран пока незначительна. Однако есть хорошие перспективы роста поставок мясной и молочной продукции на рынки этих стран.

Крупнейшим покупателем российской масложировой продукции также является Китай, нарастивший импорт в 1,8 раза до 1,1 млрд $. Более половины этого объема пришлось на подсолнечное масло (565 млн $, 771 тыс. тонн), 23 % – на рапсовое масло (253 млн $, 282 тыс. тонн), 22 % – соевое масло (244 млн $, 328 тыс. тонн). По всем трем видам масел Китай является лидером среди импортеров. Кроме того, Россия начала поставки в КНР соевого и подсолнечного шрота (14 млн $, 31 тыс. тонн).

На второй позиции – Турция, увеличившая закупки на 26 % до 553 млн $. За год в страну поставлено 645 тыс. тонн подсолнечного масла стоимостью 456 млн $ (+34 %), 493 тыс. тонн шрота и жмыха на сумму 97 млн $ (–2,2 %), а также 126 тонн маргарина на 102 тыс. $ (в 2019 г. поставок не было).

Также в топ-3 стран-импортеров входит Индия, увеличившая ввоз российской масложировой продукции в 2,2 раза до 364 млн $. Более 90 % объема

пришлось на подсолнечное масло, закупки которого выросли в 2 раза до 333 млн $ (460 тыс. тонн).

Важным фактором для развития экспорта в дальнейшем, по мнению специалистов отрасли, станет решение вопроса **поставок российской мясной и молочной продукции железнодорожным транспортом в Китай**, особенно в северные, северо-западные и центральные его провинции. Российские транспортные и логистические компании на полях четырех российско-китайских ЭКСПО уже представили свои предложения по новым маршрутам и технологиям для экспорта в Китай. В том числе ускоренные контейнерные поезда и «агроэкспрессы», которые доставят продукцию в рефрижераторных контейнерах и флекситанках из Подмосковья в Китай за 7–10 суток [8]. Эти составы проходят через Екатеринбург, Тюмень, Омск, Новосибирск, где есть возможность прицеплять дополнительные платформы с контейнерами к поезду. При этом если в начале маршрута технология ускоренной перевозки требует формирования состава – не менее 10 платформ с двумя 20-футовыми или одним 40-футовым контейнером, то на последующих станциях по маршруту можно добавлять и по одной платформе, что значительно упрощает стартовые отгрузки на экспорт для предприятий малого и среднего бизнеса.

Перспективы экспорта органической продукции АПК из России

Рынок органических продуктов – один из самых быстрорастущих и привлекательных сегментов мирового рынка продовольствия. За последние 15 лет он вырос более чем в 5 раз и составляет порядка 80 млрд $ в год. Крупнейшие национальные рынки – это США (36 млрд $ в год), Германия (10,5 млрд $) и Франция (6,8 млрд $). Самый высокий объем потребления органических продуктов на душу населения – в европейских странах. Для сравнения: американцы в среднем тратят в год на приобретение органических продуктов только 112,5 $ (106 €) на человека, а жители Швейцарии –221 €, Люксембурга –164 €, Дании – 162 €. Рынок этих европейских стран может стать одним из целевых для поставок российских натуральных продуктов питания, когда будут сняты взаимные санкционные ограничения на торговые операции.

Основной ресурс для производства натуральных продуктов – сельскохозяйственные земли, не загрязненные излишним количеством удобрений и ядохимикатов. По данным Исследовательского института органического сельского хозяйства (Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) – независимая международная исследовательская организация) [5], около 1 % всех сельскохозяйственных земель в мире получили органическую сертификацию. Самые большие площади таких земель сосредоточены в Австралии (по последним данным – 17,2 млн га), а наибольшую долю органических угодий в ЕС имеет Австрия (19,4 % от всех сельскохозяйственных площадей).

В России площади сельскохозяйственных земель, сертифицированных для органического производства, составляют порядка 250 тыс. га, или около 0,2 % от всех обрабатываемых площадей. По темпам роста сертифицированных под органическое производство сельхозземель, по последним данным, Россия занимает третье место в мире. Но, исходя из международных оценок количества неиспользуемых сельхозземель, Россия легко сможет занять первое место, если поставит сертификацию сельхозземель под органическое производство на регулярную основу. Для этого в России наконец-то сформирована нормативно-правовая база. Она включает в себя следующие основные документы:

– Федеральный закон от 03.08.2018 г. № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

– ГОСТ Р 57022-2016 «Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства»;

– ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации»;

– ГОСТ Р 56104-2014 «Продукты пищевые органические. Термины и определения»;

– Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 19 ноября 2019 г. № 633 «Об утверждении порядка ведения единого государственного реестра производителей органической продукции, в том числе порядка предоставления органами по сертификации сведений, предусмотренных частью 3 статьи 6 Федерального закона „Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации“, а также порядка предоставления информации о наличии или об отсутствии сведений о производителях органической продукции в едином государственном реестре производителей органической продукции»;

– Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 19 ноября 2019 г. № 634 «Об утверждении формы и порядка использования графического изображения(знака) органической продукции единого образца».

Поскольку внутренний рынок сбыта органической продукции формируется в России медленно из-за низких доходов населения, то именно экспорт органической продукции позволит стабильно наращивать ее производство и обеспечить ее производителям достойный уровень доходности.

Особого внимания в этой связи заслуживает опыт Китая в сфере регулирования производства и реализации органической продукции. В Китае совершенно по-новому подошли к рынку органической продукции; в результате Национальный стандарт органической продукции КНР стал намного строже, детальнее и требовательнее в сравнении с Регламентами ЕС и США. В марте 2012 г. вступил в силу обновленный Национальный стандарт органической продукции КНР (GB/T 19630-2011), действующий по настоящее время. По характеру регулирующих документов в Ки-

тае был взят курс на защиту собственных внутренних рынков. Согласно «Методу управления сертификации органических продуктов», импортируемые органические продукты обязаны соответствовать законодательству Китая, административным и отраслевым правилам, а также Национальному стандарту органических продуктов. Продукты, не сертифицированные по нормам и требованиям Китая, не могут быть отмечены специальными знаками на упаковке. На внутреннем рынке национальная сертификация стала обязательной, иначе рекламная информация расценивается властями как вводящая в заблуждение. Темпы роста продаж органической продукции на огромном внутреннем рынке у Китая показывают самые высокие результаты в мире, с 2012 г. ежегодный прирост составляет более 1 млрд €. Уровень межгосударственных отношений России и Китая и текущий вектор их развития позволяют утверждать, что вопросы взаимного признания национальных документов о сертификации органических продуктов могут быть решены в кратчайшие сроки. Политическая воля для этого есть, осталось принять соответствующие правовые документы, в т. ч. и в части российских подзаконных актов к закону о сертификации органического производства. Ученые Уральского государственного аграрного университета с 2012 г. опубликовали большое количество статей и научных работ, посвященных внедрению производства органической продукции в России и его нормативно-правовому обеспечению. Наконец, наступает период практической реализации выдвинутых учеными научных идей и рекомендаций.

Агроэкспорт из Свердловской области

Теперь остановимся на анализе текущей статистики и перспектив экспорта аграрной продукции для предприятий Свердловской области и Уральского региона, они имеют существенные отличия от среднероссийской ситуации. Например, самые популярные для экспорта зерновые культуры и рыба для Уральского региона – завозные позиции, а вот уровень производства молочной продукции высокого передела, мяса и пищевых мясных субпродуктов, растительного масла, картофеля, спиртных напитков и кондитерских изделий уже позволяет крупнейшим производителям выходить на внешние рынки, тем более что по ряду позиций внутренний рынок продовольствия насыщен практически на 100 % (при нынешнем уровне покупательной способности населения) и крупные производители фактически уже столкнулись с перепроизводством курятины и свинины. В последние 2–3 года развернулась жесткая ценовая конкуренция за рынки уральских городов-миллионников среди производителей мяса птицы, свинины, яиц и другой сельхозпродукции не только из Свердловской области, но также из Челябинской, Тюменской, Курганской областей, Башкирии, Удмуртии и Пермского края. Наилучшим выходом из этой ситуации для большинства крупных производителей будет наращивание экспорта, чтобы не «задушить» друг друга ценовым демпингом, сохранить объемы производства и рабочие места.

Несмотря на специфику рынка агропродукции на Урале, предприятия Свердловской области, производящие пищевую продукцию, в 2020 г. существенно укрепили свое присутствие на зарубежных рынках. Расширились номенклатурная линейка экспортируемых товаров и география поставок. Тройку лидеров по объемам импорта уральской продукции, по данным Уральского таможенного управления, составили Казахстан, Узбекистан и Китай, представлены почти все страны ближнего зарубежья.

Таможенники также приводят интересную статистику по изменению товарной структуры экспорта аграрной продукции с Уральского региона с 2014 по 2020 гг.: физические объемы экспорта зерновых выросли в 10,5 раза (правда, стоимостные – только в 4 раза), масличные семена и плоды выросли по объемам в 1259 раз, по стоимости – в 144 раза, овощи, зелень, корнеплоды и по объемам отгрузки, и по стоимости выросли в 6 раз. При сохранении объемов экспорта жиров и масел (животного и растительного) их удельный вес в общем объеме отгрузки экспортной продукции снизился с 28 до 20 %, уступив первенство зерновым, но сохранив наибольшую долю в размере экспортной выручки в 28 %. За счет роста общего числа экспортеров агропродукции удельный вес 10 крупнейших из них снизился за 5 лет с 81 до 51,5 %. Это стало возможным в том числе благодаря выходу на внешние рынки малых и средних предприятий агросектора Уральского региона.

Одним из самых быстрорастущих направлений агроэкспорта стал Китай. Так, экспорт продовольствия из Свердловской области в Китай в 2019 г. вырос в 1,9 раза до 730 тыс. $, при этом доля новой продукции – мяса и субпродуктов птицы – составила более 65 %. Также значительно выросли поставки нижнетагильского пива – в 6,8 раза. Экспорт масложировой продукции увеличился в 3 раза, укрепились в Китае позиции уральского «ГОСТовского пломбира» – с ноября 2018 г. продукция на постоянной основе выставляется и реализуется на площадке «Русского дома» в городе Чэнду провинции Сычуань.

Предприятия АПК региона начинают использовать меры господдержки экспорта. «Хладокомбинат № 3» презентовал свое мороженое в рамках Китайско-Российского ЭКСПО в Харбине на стенде Свердловской области, птицефабрика «Рефтинская», «Ирбитский молочный завод» и другие производители приняли участие в экспортном форуме с участием российских торговых представителей на выставке ИННОПРОМ-2019, нижнетагильские пивовары – в отраслевых заседаниях проектного офиса Министерства международных и внешнеэкономических связей.

Только за 2019 г. Свердловская область увеличила экспорт продовольствия почти на 20 %, его объем приблизился к 100 млн $. В рамках регионального проекта «Экспорт продукции АПК Свердловской области» планируется довести объем экспорта продукции агропромышленного комплекса до 220 млн $ к 2024 г.

Свердловская пищевая продукция поставляется в Афганистан, Азербайджан, Германию, Иран, Казахстан, Францию и другие государства.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Особенности транспортной логистики Уральского региона

Мы традиционно говорим, что Свердловская область занимает уникальное транспортно-географическое положение на стыке региональных и глобальных евразийских континентальных транспортных связей. В пределах области функционирует один из крупнейших железнодорожных узлов России – Екатеринбургский, расположенный на основном ходе Транссиба и международном транспортном коридоре «Запад – Восток».

Но когда мы рассматриваем основные грузопотоки из России на экспорт, то получается, что для Азово-Черноморских и Балтийских морских портов грузоотправители-экспортеры Уральского региона находятся дальше большинства других поставщиков продукции АПК из Центрального, Южного и Поволжского федеральных округов и их транспортные издержки будут выше. Возможное исключение – отправки в контейнерном поезде «Екатеринбург – Хельсинки» (по твердому расписанию через погранпереход станции Бусловская), если конечный грузополучатель находится в Северной Европе.

Рассмотрим теперь ситуацию в другом популярном направлении – Китай, Южная Корея, Вьетнам, страны Юго-Восточной Азии. К сожалению, ситуация во много похожая: для всех погранпереходов в Китай восточнее Красноярска или морских портов Приморья транспортное плечо доставки для грузов Уральского региона будет на 1–2 тысячи км больше, чем для сибирских экспортеров (Алтайский край, Омская, Новосибирская, Кемеровская области), не говоря уже о поставщиках нашего Дальнего Востока. Кроме того, здесь надо иметь в виду, что практически все объемы заявленного РЖД увеличения пропускной способности БАМа и Транссибирской магистрали уже готовы занять своей продукцией экспортеры угля из Сибири и Дальнего Востока и поставщикам других видов продукции не стоит рассчитывать на значительное увеличение перевозок в направлении дальневосточных портов и погранпереходов.

Единственное, возможно, исключение в восточном направлении – отправка продукции через погранпереходы между Китаем и Казахстаном на станциях Достык и Хоргос (это направления через Кустанай, Петропавловск и Нур-Султан), где созданы современные транспортно-логистические центры и Китай субсидирует железнодорожные тарифы по своей территории для доставки продукции в центральные провинции [9]. Хотя и здесь у экспортеров из Южной Сибири будет выигрыш в расстоянии почти на 1 тысячу км по сравнению с Уралом.

Вывод: по традиционным направлениям экспорта уральским производителям продукции АПК стоит рассчитывать на прибыль только с высокодоходной продукции высоких переделов, где удельный вес транспортных расходов в цене продукта будет не критичен для конечного покупателя. Поможет снизить транспортные расходы экспортеров использование преимуществ ускоренных контейнерных поездов и «агроэкспрессов» (включая и рефконтейнеры), которые формируют «РЖД-логистика», «Трансконтейнер» и другие федеральные компании в крупных логистических центрах и транспортных узлах (в т. ч. в Екатеринбурге). Срок доставки при такой перевозке сокращается примерно в три раза, стоимость – до четырех раз благодаря технологии контейнерных поездов, следующих по твердому расписанию.

Наконец, новое направление экспорта продукции российского АПК (которое еще находится в стадии формирования) – международный транспортный коридор (МТК) «Север – Юг» – в Иран, Пакистан, Индию, Объединенные Арабские Эмираты. Хотя в большинстве статей про МТК «Север – Юг», как правило, речь идет о водном маршруте «Волга – Каспийское море – Иран» (с проблемами по зимней навигации), на сегодня этот коридор представлен еще двумя железнодорожными маршрутами: западным (или кавказским): через Астрахань, Махачкалу, Баку до ст. Астара (Азербайджанская ЖД) с перевалкой на автотранспорт в Иране; восточным (или закаспийским): через Карталы, Орск, Макат (Казахстан), Бейнеу, Берекет (Туркмения) на Инче-Бурун и Амирабад (Иран) с переходом на железнодорожную колею Ирана (1435 мм) и с возможностью дальнейшей транспортировки продукции в Пакистан и Индию через порты Бендер-Аббас или Гвадар либо (в перспективе 2–3 лет) строящийся порт Чабахар [7]. Для железнодорожников также будет актуально, что предлагаемый маршрут не проходит по Транссибу и позволяет обойти его «узкие места» в Екатеринбурге, Тюмени и Челябинске.

По сравнению с традиционным маршрутом, проходящим через Суэцкий канал, экономия времени и средств на новом маршруте достигнет 30–40 %. Как отмечают эксперты, срок доставки грузов из Москвы в Мумбаи (Индия) сократится примерно на 20 дней. Предполагается, что ежегодный товарооборот коридора «Север – Юг» будет достигать 20–30 млн тонн. В деловом издании «Коммерсант» появилась информация о договоренностях России с Индией о поставках до 40 млн тонн антрацита и коксующегося угля, а самым коротким маршрутом из Кузбасса в Индию будет вышеуказанный транзит по железным дорогам Казахстана, Туркмении и Ирана, то есть закаспийский маршрут МТК «Север – Юг» может получить стабильную грузовую базу основного продукта железнодорожных перевозок – угля.

Освоение закаспийского маршрута МТК «Север–Юг» дает прямой выход уральским и западносибирским производителям **на огромные потребительские рынки: Иран с населением 80 млн человек, Пакистан – 215 млн человек, Индия – 1,5 млрд человек**. Кроме этих стран, через порты Бендер-Аббас,

Чабахар и Гвадар также возможны морские поставки по кратчайшему маршруту в Объединенные Арабские Эмираты, Катар, Саудовскую Аравию, страны Восточной Африки [6], [15].

Уже сегодня по «длинным» морским маршрутам (вокруг всей Европы и через Суэцкий канал) идут поставки растительных масел в Иран (2019 г. – 539,1 тыс. тонн) и Индию (200,5 тыс. тонн), а также минеральных удобрений (Индия в 2018 г. – 1 494 тыс. тонн). То есть уже сложилась грузовая база, которая может лечь в основу формирования нового более короткого и выгодного для уральских экспортеров закаспийского маршрута МТК «Север – Юг». Осталось только уральским транспортникам (работающим с казахстанскими и туркменскими коллегами) и экспортерам наконец найти друг друга.

С позиции продвижения на экспорт органической агропродукции Урало-Сибирского региона также предпочтительнее строить планы освоения рынков Китая, Индии и Среднего Востока, где эта рыночная ниша находится в фазе активного роста и только набирает обороты. Тогда как в Европе и США этот сегмент рынка уже сложился и пользуется большой протекционистской поддержкой государства, зарубежных конкурентов там не ждут, меры государственной поддержки направлены на собственных фермеров и защиту их рыночной ниши от крупных агрохолдингов. А продовольственные рынки Китая и Индии настолько масштабны, что любые прогнозные на сегодня объемы российской органической продукции еще долгие годы будут оставаться в премиальном сегменте потребительского рынка и составлять доли процента импорта продовольствия в эти страны.

Библиографический список

1. Участникам ВЭД [Электронный ресурс] // Федеральная таможенная служба Российской Федерации. URL: http://customs.gov.ru/uchastnikam-ved (дата обращения: 18.04.2021).
2. Правительство Российской Федерации: Паспорт национального проекта «Международная кооперация и экспорт» [Электронный ресурс]. URL: https://minpromtorg.gov.ru/docs/#!pasport_nacionalnogo_proekta_nacionalnyy_proekt_mezhdunarodnaya_kooperaciya_i_eksport (дата обращения: 18.04.2021).
3. Перспективы российского агропродовольственного экспорта на рынке Китая [Электронный ресурс] / Под научной редакцией С. А. Шобы. Москва: Издательство Перо, 2020. 56 с. URL: https://istina.msu.ru/download/281701975/1kNg6Y:4b7cJjzC-7W7lXmiT7UUXHk2aeo (дата обращения: 16.02.2021).
4. +20 % вывоза за год. Итоги аграрного экспорта-2020 [Электронный ресурс] // Агроинвестор. 2021. № 3. С. 12–16. URL: https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/35394-20-vyvoza-za-god-itogi-agrarnogo-eksporta-2020 (дата обращения: 06.05.2021).
5. Официальный сайт Научно-исследовательского института органического сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: https://www.ioa.institute (дата обращения: 06.05.2021).
6. Прокофьев М. Н., Тохиров М. М. Перспективы транспортного коридора «Север – Юг» [Электронный ресурс] // Мир транспорта. 2019. Т. 17. № 5. С. 200–213. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-5-200-213. URL: https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/1751/2162 (дата обращения: 29.05.2021).
7. Доклад Международного дискуссионного клуба «Валдай». Международный транспортный коридор «Север – Юг» и сценарии трансрегиональной интеграции [Электронный ресурс] / Александр Караваев, Мандана Тишехьяр. 2019. URL: https://ru.valdaiclub.com/a/reports/transportnyy-koridor-sever-yug (дата обращения: 06.05.2021).
8. Федоров А. Россия запустит в Китай «агроэкспресс» [Электронный ресурс] // Национальное аграрное агентство. 05.09.2019. URL: https://rosng.ru/post/rossiya-zapustit-v-kitay-agroekspress (дата обращения: 16.02.2021).
9. Пак Е. Перспективы реализации транзитного потенциала РФ и Казахстана // Мировая экономика и международные отношения. 2020. № 11. Т. 64. С. 132–138. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-11-132-138.
10. Рущицкая О. А. К вопросу о маркетинге на рынке органических продовольственных товаров // Аграрный вестник Урала. 2016. № 08 (150). С. 107–111).
11. International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). 2019. Trade map database [e-resource]. URL: https://www.trademap.org/Index.aspx (date of reference: 06.05.2021).
12. Maslova V., Zaruk N., Avdeev M., et al. Competitiveness of Agricultural Products in the Eurasian Economic Union // Agriculture. 2019. Vol. 9. Iss. 3. P. 61.
13. National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook 2018, 2012, 2001 [e-resource]. URL: http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/AnnualData (date of reference: 06.05.2021).
14. OECD. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation. Paris: OECD Publishing, 2019. P. 103, 180.
15. Ullah N., Brohi M. A. International North-South Transport Corridor: Challenges and Opportunities for Pakistan [e-resource] // Stratagem. 2018. Vol. 1. No. 1. Pp. 100–113. URL: https://journal.cscr.pk/stratagem/index.php/stratagem/article/view/10 (date of reference: 06.05.2021).

Об авторах:

Давид Романович Кричкер[1], соискатель, ORCID 0000-0001-9284-3950, AuthorID 1113373; *+7 965 505-70-03*, *vetkek@mail.ru*

Ольга Александровна Рущицкая[1], доктор экономических наук, директор института экономики, финансов и менеджмента, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; *olgaru-arbitr@mail.ru*
[1] Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Promising export directions of organic products of the agro-industrial complex of the Ural region

D. R. Krichker[1]✉, O. A. Ruschitskaya[1]
[1] Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia
✉*E-mail: vetkek@mail.ru*

Abstract. **The purpose** is the analysis of the current state and prospects for expanding the geography and nomenclature of organic exports from the Ural-Siberian region. **Methods.** Commodity and country analysis of exports of agro-industrial products from Russia over the past few years based on data from the Federal Customs Service of Russia. Evaluation of data on the dynamics of income from the export of agricultural products from Russia in comparison with income from the export of weapons and other non-primary goods. Assessment of the planned prospects for a multiple increase in export revenue for many commodity items until 2030. A grouping was made by the main importing countries of agricultural products from Russia, where China, Turkey and Kazakhstan are in the top three, and the Ural region, where the TOP 3 importers look different: Kazakhstan, Uzbekistan and China. The grouping of the main export products in the agro-industrial sector was also carried out, where the Urals nomenclature of export agricultural products differs markedly from the all-Russian one. There has been a significant increase in the share of organic products in the global food market. The data of the Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) on organic certification of agricultural land in the world are presented. The authors analyze the rapid growth of the organic products market in China and its features in the regulatory regulation of organic food production. The role of agro-industrial exports for the implementation of national development projects of the Russian Federation until 2030 is revealed. **The scientific novelty** of the work lies in the analysis of the rapid growth of the market for organic products outside the traditional area of their consumption in the West at the expense of developing economies in Asia (primarily China) and the features and differences in the regulatory regulation of organic food production in China, compared with the European Union and the United States. The role of agro-industrial exports in solving the broader tasks of implementing national development projects of the Russian Federation until 2030 is also revealed. **The practical results** of the work are the substantiation of the thesis that the development of new export directions and modern logistics technologies will allow exporters of organic agricultural products in the Ural region to significantly increase the volume and profitability of exports. The article substantiates the need for exporters of the Ural region to use the Transcaspian route of the International Transport Corridor “North – South” and logistics technologies of “agroexpress” and container trains to gain competitive advantages over suppliers of the South of Russia and the Far East, located closer to ports and border crossings.

Keywords: export-import, organic products, profitability of production, national projects, export profitability.

For citation: Krichker D. R., Ruschitskaya O. A. Perspektivnye napravleniya eksporta organicheskoy produktsii APK Ural’skogo regiona [Promising export directions of organic products of the agro-industrial complex of the Ural region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 80–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-80-88. (In Russian.)

Date of paper submission: 30.03.2021, ***date of review:*** 16.04.2021, ***date of acceptance:*** 26.04.2021.

References

1. Uchastnikam VED [To foreign trade participants] [e-resource] // Federal’naya tamozhennaya sluzhba Rossiyskoy Federatsii. URL: http://customs.gov.ru/uchastnikam-ved (date of reference: 18.04.2021). (In Russian.)
2. Pravitel’stvo Rossiyskoy Federatsii: Pasport natsional’nogo proyekta “Mezhdunarodnaya kooperatsiya i eksport” [e-resource] [The Government of the Russian Federation: Passport of the national project “International Cooperation and Export”]. URL: http://government.ru/ministries (date of reference: 18.04.2021). (In Russian.)
3. Perspektivy rossiyskogo agroprodovol’stvennogo eksporta na rynke Kitaya [Prospects of Russian agri-food export in the market of China] [e-resource] / Under the scientific editorship of S. A. Shoba. Moscow: Pero Publishing House, 2020. 56 p. URL: https://istina.msu.ru/download/281701975/1kNg6Y:4b7cJjzC-7W7lXmiT7UUXHk2aeo (date of reference: 16.02.2021). (In Russian.)

4. +20 % vyvoza za god. Itogi agrarnogo eksporta-2020 [+ 20% export per year. Results of agricultural exports-2020] [e-resource] // Agroinvestor. 2021. No. 3. Pp. 12–16. URL: https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/35394-20-vyvoza-za-god-itogi-agrarnogo-eksporta-2020 (date of reference: 06.05.2021). (In Russian.)

5. Ofitsial'nyy sayt Nauchno-issledovatel'skogo instituta organicheskogo sel'skogo khozyaystva [Research Institute of Organic Agriculture] [e-resource]. URL: http://ru.knowledgr.com (date of reference: 06.05.2021). (In Russian.)

6. Prokof'yev M. N., Tokhirov M. M. Perspektivy transportnogo koridora "Sever – Yug" [Prospects for the North-South transport corridor] // World of Transport and Transportation. 2019. T. 17. No. 5. Pp. 200–213. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-5-200-213. URL: https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/1751/2162 (date of reference: 29.05.2021). (In Russian.)

7. Doklad Mezhdunarodnogo diskussionnogo kluba "Valday". Mezhdunarodnyy transportnyy koridor "Sever – Yug" i stsenarii transregional'noy integratsii [Report of the International Discussion Club "Valdai". International transport corridor "North – South" and scenarios of trans-regional integration] [e-resource] / Aleksandr Karavaev, Mandana Tishekhyar. 2019. URL: https://ru.valdaiclub.com/a/reports/transportnyy-koridor-sever-yug (date of reference: 06.05.2021). (In Russian.)

8. Fedorov A. Rossiya zapustit v Kitay "agroekspress" [Russia will launch "agroexpress" in China] [e-resource] // Natsional'noe agrarnoe agentstvo. 05.09.2019. URL: https://rosng.ru/post/rossiya-zapustit-v-kitay-agroekspress (date of reference: 16.02.2021). (In Russian.)

9. Pak E. Perspektivy realizatsii tranzitnogo potentsiala RF i Kazakhstana [Prospects for the implementation of the transit potential of the Russian Federation and Kazakhstan] // World Economy and International Relations. 2020. No. 11. T. 64. Pp. 132–138. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-11-132-138. (In Russian.)

10. Ruschitskaya O. A. K voprosu o marketinge na rynke organicheskikh prodovolstvennych tovarov [To the question of marketing on the market of organic food products] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 08 (150). Pp. 107–111. (In Russian.)

11. International Trade Center Trade Map (ITC Trade Map). 2019. Trade map database [e-resource]. URL: https://www.trademap.org/Index.aspx (date of reference: 06.05.2021).

12. Maslova V., Zaruk N., Avdeev M., et al. Competitiveness of Agricultural Products in the Eurasian Economic Union // Agriculture. 2019. Vol. 9. Iss. 3. P. 61.

13. National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook 2018, 2012, 2001 [e-resource]. URL: http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/AnnualData (date of reference: 06.05.2021).

14. OECD. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation. Paris: OECD Publishing, 2019. P. 103, 180.

15. Ullah N., Brohi M. A. International North-South Transport Corridor: Challenges and Opportunities for Pakistan [e-resource] // Stratagem. 2018. Vol. 1. No. 1. Pp. 100–113. URL: https://journal.cscr.pk/stratagem/index.php/stratagem/article/view/10 (date of reference: 06.05.2021).

Authors' information:

David R. Krichker[1], academic degree applicant, ORCID 0000-0001-9284-3950, AuthorID 1113373;
+7 965 505-70-03, vetkek@mail.ru
Olga A. Ruschitskaya[1], doctor of economic sciences, director of the institute of economics, finance and management, ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696; *olgaru-arbitr@mail.ru*
[1] Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

УДК 631.171
Код ВАК 08.00.05
DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-89-100

Технологические карты адаптивных технологий возделывания картофеля продовольственного (на примере Калужской области)

Л. В. Кузнецова[1]✉, **В. Н. Мазуров**[1]
[1] **Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха, Калуга, Россия**
✉*E-mail: torg.kniish@mail.ru*

Аннотация. **Цель исследования** – разработка научно и экономически обоснованных технологических карт возделывания картофеля продовольственного на основе современных адаптивных технологий, используемых в Калужском регионе. **Методы.** Типовые технологии производства продовольственного картофеля разработаны ведущими учеными Калужского НИИСХ. Технологические карты рассчитаны по двум видам технологий: базовой и с элементами голландской, на основе методик М. А. Бункова, В. М. Головач, а также Е. В. Фастова, О. А. Коваленко, Н. Г. Белова. Экономическая эффективность производства продукции рассчитана на основе методик В. Р. Боева и И. Г. Ушачева. **Научная новизна.** Впервые в условиях Калужской области произведен расчет экономически обоснованных типовых технологических карт возделывания картофеля продовольственного на основе адаптивных технологий, использования новейших районированных сортов, высокопроизводительных механизированных агрегатов, а также адаптированной системы применения минеральных удобрений и защиты растений, которые позволят производить конкурентоспособную на внутреннем и внешнем продовольственном рынке продукцию. **Научный результат.** При возделывании картофеля на площади 100 га по базовой технологии потребуется 946 нормосмен, а с элементами голландской – 906 нормосмен. На производство 1 ц картофеля по базовой технологии при плановой урожайности 40 т/га потребуется 581,6 руб., с элементами голландской технологии – 590 руб., экономическая эффективность производства картофеля по базовой технологии в зависимости от заданных параметров урожайности (от 350 до 450 ц/га) варьируется от 67,5 до 124,2 %, а по технологии с элементами голландской – от 64,5 до 120,6 %.

Ключевые слова: адаптивные технологии; картофель продовольственный; технологическая карта; экономическая эффективность.

Для цитирования: Кузнецова Л. В., Мазуров В. Н. Технологические карты адаптивных технологий возделывания картофеля продовольственного (на примере Калужской области) // Аграрный вестник Урала. 2021. № 06 (209). С. 89–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-89-100.

Дата поступления статьи: 15.03.2021, ***дата рецензирования:*** 27.05.2021, ***дата принятия:*** 01.06.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофель является одной из значимых продовольственных культур не только в России, но и в мире. С 1 га площади он дает наибольшее количество продукции и за более короткий срок, чем другие сельскохозяйственные культуры. Большое количество продукции получают при переработке клубней картофеля: крахмал, глюкозу, патоку, декстрин, спирт, жидкую углекислоту, мезгу и барду, используемые как корм для животных. Картофель относится к культурам многофункционального использования и находит применение в различных направлениях народного хозяйства [1, с. 123]. Учеными доказано, что в сухом веществе клубней содержится 26 видов химических элементов [2, с. 29]. При переработке 1 т клубней картофеля с содержанием крахмала 17,6 % можно получить 170 кг крахмала, или 55 кг жидкой углекислоты, или 112 л спирта, или 80 кг глюкозы. Несмотря на то что картофель имеет агроэкономическое значение, экономическая эффективность его до сих пор является недостаточной. Это связано с его высокой трудоемкостью, как следствие – с недополучением потенциальной урожайности и высокой себестоимостью [3, с. 85]. Картофель является источником восполнения энергии человека и животного, решением одного из важных вопросов энергетической проблемы существования человечества [4, с. 98]. При использовании картофеля на корм скоту необходимо отметить его питательную ценность: в 1 кг картофеля содержится 0,3 кормовой единицы [5, с. 29].

© Kuznetsova L. V., Mazurov V. N., 2021

В настоящее время большое значение имеет продовольственная независимость страны. Одной из значимых в решении этой проблемы является финансовая устойчивость сельхозтоваропроизводителей картофеля, а также грамотная организация производства, реализации и переработки донной культуры [6, с. 301]. В России среди лидеров производства картофеля отмечены Брянская, Тульская, Нижегородская, Московская и Астраханская области, где производят более третьей части от общего объема производства по стране. Очень важна в ведении хозяйственной деятельности эффективность производства производимой культуры, а также максимальное соблюдение технологии ее возделывания, которая является основой технологической карты. С помощью адаптивных технологических карт, составленных с учетом зональных и почвенно-климатических условий, определяется необходимый набор машин в хозяйстве, из чего определяется потребность в технике, ремонте машин и оборудования, а также необходимый размер капиталовложений. На основе рассчитанной технологической карты формируется исходный материал для исчисления плановой себестоимости производимой продукции. На основе исходных данных каждая сельскохозяйственная организация или крестьянско-фермерское хозяйство подбирает наиболее перспективные технологические схемы выращивания сельскохозяйственных культур, наиболее экономически эффективные типы тракторов и сельскохозяйственных машин, которые отвечают конкретным условиям производства [7, с. 43]. В настоящее время в условиях изменения климата, характеризующиеся повышением температуры воздуха и другими погодными явлениями, а также частым проявлением различных катаклизмов, повышается значение технологий возделывания картофеля, из которых необходимо выбрать оптимальные, которые наилучшим образом проявляют себя в конкретных почвенно-климатических условиях [8, с. 20]. В наше время, в условиях изменения климата, характеризующегося повышением температуры воздуха, нестабильным распределением осадков во время вегетационного периода, увеличивается значение адаптивных технологий возделывания культур [9, с. 20]. Важным фактором производства продукции является эффективность как отношение прибыли к себестоимости продукции. Впервые термин «эффективность» Д. Рикардо стал относить к экономической категории [10, с. 132]. Сегодня важная проблема, которая стоит перед сельхозпроизводителями, – это повышение эффективности производства, что предусматривает максимальное получение продукции с минимальными затратами, а следовательно, получение максимальной прибыли [11, с. 20]. Один из путей достижения этой цели – использование интенсивных технологий производства, которые предусматривают максимальную механизацию, оптимизацию доз удобрений и средств химической защиты, а также рациональную организацию труда [12, с. 170].

В настоящее время сельскохозяйственные организации региона нередко испытывают дефицит денежных средств, что отражается на уровне рентабельности сельскохозяйственной отрасли. На наш взгляд, одним из рычагов оптимизации сельскохозяйственного производства может стать внедрение адаптивных для данного региона технологий возделывания сельскохозяйственных культур, опирающихся на экономически обоснованные технологические карты. Разработка адаптированных научно и экономически обоснованных технологических карт становится наиболее актуальной в связи с тем, что технологии производства сельскохозяйственных культур постоянно совершенствуются, появляются высокоэффективные агрегаты, а также приемы и методы выполнения отдельных операций, развиваются новые направления науки и практики, внедряются новые селекционные достижения ученых в виде высокопродуктивных сортов, отвечающих требованиям конъюнктуры рынка. В соответствии с этим возрастают и требования, предъявляемые к специалистам сельского хозяйства, которые должны уметь объективно оценивать процессы, происходящие в отраслях растениеводства, проводить экономический анализ производственно-хозяйственной деятельности предприятий и определять степень влияния предлагаемых мероприятий на конечные результаты производства путем оценки их эффективности. Главная цель расчета технологических карт по сельскохозяйственным культурам состоит в обосновании увеличения производства продукции при наименьших затратах труда и средств в расчете на единицу продукции. Работа по картам помогает наиболее рационально использовать материальные и трудовые ресурсы хозяйства, позволяет поднять культуру производства, широко внедрять передовую агротехнику, прогрессивные технологии, добиваться увеличения продукции при наименьших затратах труда и денежных средств, способствуя увеличению дохода от производимой продукции.

Результаты проведенных исследований и накопившийся хозяйственный опыт в этом направлении способствуют осуществлению расчета адаптивных технологических карт возделывания картофеля продовольственного в Калужском регионе, что позволит производить большее количество продукции и минимальными затратами.

Методология и методы исследования (Methods)

Типовые технологии производства продовольственного картофеля разработаны ведущими учеными Калужского НИИСХ. Технологические карты рассчитаны по двум видам технологий: базовой и с элементами голландской, на основе методик М. А. Бункова, В. М. Головач, а также Е. В. Фастова, О. А. Коваленко, Н. Г. Белова. Экономическая эффективность производства продукции рассчитана на основе методик В. Р. Боева и И. Г. Ушачева.

При разработке типовых технологических схем и расчете нормативов нами приняты следующие вводные параметры организационно-экономических условий производства:

© Кузнецова Л.В., Мазуров В.Н., 2021

1) объем работ определен на нормативную площадь 100 га, указана плановая урожайность продукции – 40 т/га, а также предшественник – пшеница озимая;

2) по базовым характеристикам производства для пахотных работ принята 4 группа, для непахотных – 3 группа норм выработки и расхода нефтепродуктов, тип почв – дерново-подзолистые и серые лесные;

3) расчет стоимости внутрихозяйственных транспортных работ произведен для расстояния 15 км по второй группе дорог;

4) в графе «Наименование работ и объем работ» в хронологическом порядке приведены виды работ и технологические требования по возделыванию каждой культуры;

5) по каждому виду работ приводятся объемы в физическом исчислении;

6) в графе «Сроки проведения работ» указаны ориентировочные месяцы их выполнения;

7) в качестве технической базы приведен наборов отечественных и зарубежных технических средств, с помощью которых выполняются полевые и транспортные работы;

8) нормы выработки, расход нефтепродуктов, суммы амортизационных отчислений в технологической карте приведены на основе данных бухгалтерского учета колхоза им. Ленина Жуковского района, а также рекомендаций специалистов хозяйства и ведущих ученых ФГБНУ «Калужский НИИСХ»;

9) количество исполнителей каждой операции подразделяются на механизаторов и вспомогательных рабочих, нормы выработки приведены в расчете на 8-часовую смену. Затраты труда определяются умножением количества нормосмен в объеме работы на 8 часов и на количество человек;

10) по ряду технологических схем предусматривается использование автомобильного транспорта;

11) нормы расхода нефтепродуктов приведены в весовых единицах;

12) затраты на текущий ремонт заложены с учетом норматива (из расчета 99 % от амортизационных отчислений);

13) в таблицах «Свод затрат по культуре» структурируется расшифровка прямых и распределяемых затрат по калькуляции себестоимости продукции;

14) по результатам расчетов приводится нормативная модель эффективности производства, показатели рентабельности и сумма прибыли.

Результаты (Results)

В сельскохозяйственных организациях Калужской области находят применение в основном два вида технологий: базовая (грядовая) и с элементами голландской технологии. На основе данных технологий, адаптированных для Калужской области, разработаны технологические схемы, которые построены в зависимости от предшественников и содержат системы удобрений; подготовки почвы; сроки; способы, нормы посадки; комплекс мероприятий по уходу за посадками; системы защиты растений от болезней и вредителей; сроки и способы уборки; комплекс послеуборочных работ. Безусловно, технология возделывания не только каждой культуры, но и сорта должна быть разработана для конкретного поля и даже рабочего участка, находящегося в севообороте. В данных типовых технологических картах предлагаются технологии и нормативы производства продукции растениеводства для усредненных по области почвенно-климатических и экономических условий.

Как и любой производственный процесс, производство картофеля предусматривает единство технологии, организации и управления [13, с. 131].

Представленные технологии возделывания сельскохозяйственных культур рекомендуются на основании многолетних исследований Калужского НИИСХ и опыта работы ведущих хозяйств области.

Базовая технология (грядовые посадки) была разработана в 80-е годы во ВНИИКХ. В основных рекомендациях по базовой технологии основным предшественником предусматриваются озимые зерновые культуры, а также зернобобовые, бобово-злаковые смеси. Основной обработкой является оборот пласта многолетних трав с междурядьями 70 см. Основные элементы ее следующие: осенняя вспашка почвы оборотным плугом, ранневесеннее боронование, культивация на глубину 12–14 см, безотвальная перепашка на глубину 28–30 см с предплужниками, нарезка гребней высотой 16–18 см, посадка картофеля на глубину 8–9 см. Система ухода за посадками включает в себя два рыхления до всходов ней после посадки и между обработками [14, с. 165].

Среди преимуществ грядовых посадок можно выделить более высокую степень задержания влаги, меньшую опасность эрозии почвы, более глубокое нахождение клубней в почвенном слое, что предотвращает их позеленение [15, с. 123].

Отличительными особенностями *возделывания картофеля с элементами голландской технологии* являются фрезерование почвы перед посадкой на глубину 15–18 см, довсходовое формирование гребней через 12–15 дней после посадки картофеля, формирование высокообъемных грядок, при этом формируется трапециевидный гребень [15, с. 23]. Основная задача голландской технологии – обеспечить рыхлую и оптимальную структуру [16, с. 121].

На основе методических рекомендаций возделывания картофеля продовольственного и опыта хозяйств области, с использованием современных технических средств, произведен расчет технологических карт по возделыванию картофеля продовольственного в расчете на 100 га возделываемой культуры (таблица 1, 2).

В результате полученных расчетов при возделывании картофеля по базовой технологии потребуется около 945 нормосмен, в том числе: около 444 нормосмены трактористов-машинистов и 501 нормосмена работников ручного труда, а также 33,4 т горюче-смазочных материалов.

В результате полученных расчетов при возделывании картофеля по технологии с элементами голланд-

ской потребуется около 906 нормосмен, в том числе около 406 нормосмен трактористов-машинистов и около 500 нормосмен работников ручного труда, а также 30,1 т горюче-смазочных материалов.

На основе предложенных технологий (таблицы 1, 2) в таблицах 3, 4 приведен расчет себестоимости продукции по статьям затрат.

Таблица 1

Типовая технологическая карта по возделыванию картофеля продовольственного по базовой (грядовой) технологии

Наименование работ	Объем работ		Срок, мес.	Марка трактора, с/х машины	Норма выработки	Нормосмен, мех/раб	ГСМ на ед. работы, л	ГСМ всего, л
	Ед. изм	В физ. выр.						
Лущение стерни	га	100	VIII	New Holland T8040, Catros-7,2	35	2,9	7,5	750
Погрузка органического удобрения	т	6000	IX	Т-75М, ПФП-1,2	125	48,0	0,4	2400
Внесение удобрения	т	6000	IX	К-701, ПРТ-16	109	55,0	1,39	8340
Вспашка зяби	га	100	IX	New Holland T8040, плуг RN100	12	8,4	23	2300
Боронование зяби	га	100	IV	Т-150К, ЗПГ-24	70	1,5	1,3	130
Погрузка минерального удобрения	т	50	IV	Погрузчик JCB	220	0,2	0,3	12
Внесение удобрения	га	100	IV	К-700, РУМ-16	53,1	2,0/2,0	3,77	377
Культивация с боронованием	га	100	V	К-700, КБМ 14,4	50	2,0	4,0	400
Формирование гребней	га	100	V	МТЗ-82, КРН-4,2	9,6	10,4	7,2	720
Подвоз семян на посев	т/км	860 в день посева		КамАЗ 55102 (7 т)	–	12,8	32/100	275
Посадка картофеля	га	100	V	Fend 310,Л-207	6,7	14,9/ 14,9	8,3	830
Обработка посадок до всходов	га	200	V	МТЗ-82, КРН-4,2	9,6	20,8	7,2	1440
Обработка посадок по всходам	га	100	V, VI	МТЗ-82, КРН-4,2	9,4	10,6	6,2	620
Окучивание	га	200	VI	МТЗ-82, КРН-4,2	9,4	21,3	6,2	1240
Подвоз воды	т	150	VI	Т-150К, МЖТ 10	54	2,8	0,5	75
Опрыскивание посевов	га	500	VI	МТЗ-82, ПРИМУС 35	67	7,5	0,5	250
Скашивание ботвы	га	100	VIII	Fend 310, Grimme KS-3000	14.4	7,2	17,6	1760
Уборка картофеля	га	100	IX	JD 8220, Grimme DR-1500	5,8	17,3/ 69,2	56 л/ч	7750
Перевозка картофеля с поля	т/км	11 440 в день уборки		КамАЗ 55102 (7 т)	–	17,3	32 /100	3660
Сортировка картофеля	т	4000	IX	ТЗК-30А, КСП-15Б	90	44,5/ 178,0	16,05 кВт	–
Затаривание картофеля в сетки	т	2850	IX	ТЗК-30А, БЗК-2 (НЗК-2)	24	118,8/ 237,6	12,75кВт	–
Перевоз фуражного картофеля	т/км	950 т / 7т = 136 т × 2 км = 272 т/км в день сортировки		КамАЗ 55102 (7 т)	55	17,2	32/100	84
Перевоз отходов и земли	т/км	58 т/км IX		КамАЗ 55102 (7 т)	72	0,8	32/ 100	19
Итого	–	–	–	–	–	444,2/ 501,7	–	33 432

Table 1

Typical technological map for the cultivation of food potatoes according to the basic (ridge) technology

Name of works	Volume of works		Term, month	Tractor brand, agricultural machine	Norm of making	Changing	Fuel, on unit, litres	Fuel, all, litres
	Unit	Volume						
Shelling of stubble	ha	100	VIII	New Holland T8040, Catros-7.2	35	2.9	7.5	750
Loading of organic fertilizer	tons	6000	IX	T-75M, PFP-1.2	125	48.0	0.4	2400
Top-dressing	tons	6000	IX	K-70, PRT-16	109	55.0	1.39	8340
Ploughing	ha	100	IX	New Holland T80-40, plough RN100	12	8.4	23	2300
Harrowing	ha	100	IV	T-150K, ZPG-24	70	1.5	1.3	130
Loading of mineral fertilizer	tons	50	IV	Loader JCB	220	0.2	0.3	12
Top-dressing	ha	100	IV	K-700, RUM-16	53.1	2.0/2.0	3.77	377
Cultivation with harrowing	ha	100	V	K-700, KBM 14.4	50	2.0	4.0	400
Forming of combs	ha	100	V	MTZ-82, KRN-4.2	9.6	10.4	7.2	720
Transport of seed on sowing	tons/km	860 on sowing day		KamAZ 55102 (7 tons)	–	12.8	32/100	275
Landing of potato	ha	100	V	Fend 310, L-207	6.7	14.9/14.9	8.3	830
Treatment of land-ings to the shoots	ha	200	V	MTZ-82, KRN-4.2	9.6	20.8	7.2	1440
Treatment of landings on shoots	ha	100	V, VI	MTZ-82, KRN-4.2	9.4	10.6	6.2	620
Earthing up	ha	200	VI	MTZ-82, KRN-4.2	9.4	21.3	6.2	1240
Transport of water	tons	150	VI	T-150K, MGT 10	54	2.8	0.5	75
Sprinkling of sowing	ha	500	VI	MTZ-82, PRIMUS-35	67	7.5	0.5	250
Mowing of tops	ha	100	VIII	Fend 310, Grimme KS-3000	14.4	7.2	17.6	1760
Cleaning up of potato	ha	100	IX	JD 8220, Grimme DR-1500	5.8	17.3/69.2	56l/hour	7750
Transportation of potato	tons/km	11 440 on the day of cleaning		KamAZ 55102 (7 tons)	–	17.3	32/100	3660
Sorting of potato	tons	4000	IX	TZK-30, KSP-15B	90	44.5/178.0	16.05 kVt	–
Packaging of potato in nets	tons	2850	IX	TZK-30A, BZK-2	24	118.8/237.6	12.75 kVt	–
Transportation of feed-stuff potato	tons/km	272 tons/km, on the day of sorting		KamAZ 55102 (7 tons)	55	17.2	32/100	84
Transportation of wastes and earth	tons/km	58 tons/km IX		KAMAZ 55102 (7 tons)	72	0.8	32/100	19
Total	–	–	–	–	–	444.2/501.7	–	33 432

В результате проведенных расчетов на производство 1 ц картофеля по базовой технологии при плановой урожайности 40 т/га потребуется 581,6 руб., а на производство картофеля с элементами голландской технологии – на 12 руб. больше. Обобщая полученные данные, необходимо отметить, что себестоимость продовольственного картофеля по двум видам технологий находится на одном уровне, отклонение в пределах математической погрешности.

По каждой технологии приведена оценка вариантов удельных производственных издержек в сопоставлении с прогнозными показателями рыночной конъюнктуры. Экономические индикаторы сориентированы на стабильное ведение агробизнеса и служат основой для разработки внутрихозяйственных стандартов затрат, являясь важным элементом планирования и бюджетирования отдельных видов продукции, отраслей, подразделений и в целом по предприятию.

На основе расчета себестоимости продовольственной фракции картофеля при заданных вариантах урожайности от 350 до 450 ц/га себестоимость продукции варьирует: по базовой технологии – от 6,69 руб/кг до 7,76 руб/кг; с элементами голландской технологии – от 6,80 руб/кг до 7,90 руб/кг. Данные расчетов показывают, что по себестоимости показатели находятся на одном уровне. С целью рассмотрения эффективности производства с учетом погодного риска и конъюнктуры рынка произведен расчет получения прибыли по различным технологиям производства картофеля (таблица 5) с учетом изменения урожайности (по трем вариантам) и изменения цены реализации продукции (по двум вариантам).

Таблица 2

Типовая технологическая карта по возделыванию картофеля продовольственного с элементами голландской технологии

Наименование работ	Объем работ		Срок, месяц	Марка трактора, с/х машины	Норма выработки	Нормосмен, мех/раб	ГСМ на ед. работы, л	ГСМ всего, л
	Ед. изм.	В физ. выр.						
Лущение стерни	га	100	VIII	New Holland T8040, Catros 7,2	35	2,9	7,5	750
Погрузка органического удобрения	т	6000	IX	Т-75М, ПФП-1,2	125	48,0	0,4	2400
Внесение удобрения	т	6000	IX	К-701, ПРТ-16	109	55,0	1,39	8340
Вспашка зяби	га	100	IX	New Holland T8040, плуг RN-100	12	8,4	23	2300
Погрузка минерального удобрения	т	50	IV	Погрузчик JCB	220	0,2	0,3	12
Внесение удобрения	га	100	IV	К-700, РУМ-16	53,1	2,0/2,0	3,77	377
Фрезерование почвы	га	100	V	JD 3650, Zirkon 7/300	7,0	14,3	10,4	1040
Формирование гребней	га	100	V	Fend 310, Grimme GF 4-75	11,9	8,4	1,2	120
Подвоз семян на посев	т/км	800 в день посадки		КамАЗ 55102 (7 т)	–	12,8	32/ 100	256
Посадка картофеля	га	100	V	Fend 310 Grimme GL-34T	7,8	12,8/ 12,8	8,2	820
Междурядная обработка с фрезерованием	га	100	V, VI	Fend 310 Grimme GF 4-75	10,7	8,6	1,2	120
Подвоз воды	т	150	VI	Т-150К, МЖТ 10	54	2,8	0,5	75
Опрыскивание посевов	га	500	VI	МТЗ-82, ПРИМУС 35	67	7,5	0,5	250
Скашивание ботвы	га	100	VIII	Fend 310 Grimme KS-3000	14.4	7,2	17,6	
Уборка картофеля	га	100	IX	JD 8220 Grimme DR-1500	5,8	17,3/ 69,2	56 л/ч	7750
Перевозка картофеля с поля	т/км	11 440 в день уборки		КамАЗ 55102(7 т)	–	17,3	32/ 100	3660
Сортировка картофеля	т	4000	IX	ТЗК-30А КСП-15Б	90	44,5/ 178,0	16,05 кВт	–
Затаривание картофеля в сетки	т	2850	IX	ТЗК-30А БЗК-2 (НЗК2)	24	118,8/ 237,6	12,75кВт	–
Отвоз фуражного картофеля	т/км	272		КамАЗ 55102 (7 т)	55	17,2	32/ 100	84
Отвоз отходов и земли	т/км	58 т/км, IX		КамАЗ 35510212,8	72	0,8	32/ 100	19
Итого	–	–	–	–	–	–406,8/ 499,6	–	30 133

Table 2

Typical technological map for the cultivation of food potatoes with elements of Dutch technology

Name of works	Volume of works		Term, month	Tractor brand, agricultural machine	Norm of making	Changing	Fuel, on unit, litres	Fuel, all, M
	Unit	Volume						
Shelling of stubble	ha	100	VIII	New Holland T8040, Catros 7.2	35	2.9	7.5	750
Loading of organic fertilizer	tons	6000	IX	T-75M PFP-1.2	125	48.0	0.4	2400
Top-dressing	tons	6000	IX	K-701 PRT-16	109	55.0	1.39	8340
Ploughing	ha	100	IX	New Holland T 8040, plough RN100	12	8.4	23	2300
Loading of mineral fertilizer	tons	50	IV	Loader JCB	220	0.2	0.3	12
Top-dressing	ha	100	IV	K-700, RUM-16	53.1	2.0/2.0	3.77	377
Milling of soil	ha	100	V	JD 3650, Zirkon 7/300	7.0	14.3	10.4	1040
Forming of combs	ha	100	V	Fend 310 GR IMME GF 4-75	11.9	8.4	1.2	120
Transport of seed on sowing	tons/ km	800 on sowing day		KamAZ 55102	–	12.8	32/ 100	256
Landing of potato	ha	100	V	Fend 310 GR IMME GL-34T	7.8	12.8/ 12.8	8.2	820
Treatment of spaces between rows with milling	ha	100	V, VI	Fend 310 Grimme GF 4-75	10.7	8.6	1.2	120
Transport of water	tons	150	VI	T-150K, MGT-10	54	2.8	0.5	75
Sprinkling of sowing	ha	500	VI	MTZ-82, PRIMUS-35	67	7.5	0.5	250
Mowing of tops	ha	100	VIII	Fend 310, Grimme KS-3000	14.4	7.2	17.6	
Cleaning up of potato	ha	100	IX	JD 8220, Grimme DR-1500	5.8	17.3/ 69.2	56l/ hour	7750
Transportation of potato	tons/ km	11 440 on the day of cleaning		KamAZ 55102	-	17.3	3l/ 100	3660
Sorting of potato	tons	4000	IX	TZK-30A, KSP-15B	90	44.5/ 178.0	16.05	–
Packaging of potato in nets	tons	2850	IX	TZK-30A, BZK-2	24	118.8/ 237.6	12.75	–
Transportation of feed-stuff potato	tons/ km	272 tons/km, on the day of sorting		KamAZ 55102	55	17.2	32/ 100	84
Transportation of wastes and earth	tons/ km	58 tons/km, IX		KamAZ 55102 12,8	72	0.8	32/ 100	19
Total	–	–	–	–	–	–406.8/ 499.6	–	30133

Результаты исследований эффективности производства с учетом погодного риска и конъюнктуры рынка показали, что уровень рентабельности производства картофеля по базовой технологии в зависимости от заданных параметров урожайности (от 350 до 450 ц/га) варьирует от 67,5 до 124,2 % , а по технологии с элементами голландской – от 64,5 до 120,6 %. Эти показатели указывают на высокую эффективность производства картофеля при соблюдении технологии и стабильности ценового предложения на данную продукцию. Полученные показатели положительно характеризуют данную культуру как коммерчески привлекательную в Калужской области.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Разработанные типовые технологические карты по возделыванию картофеля по двум основным технологиям, применяемым в Калужской области, дают возможность характеризовать обе технологии как адаптивные в регионе, с высокой экономической эффективностью возделывания (от 64 % до 124 % рентабельности) при условии соблюдения технологического процесса.

2. По результатам исследования технология с элементами голландской практически не уступает базовой технологии по сумме затрат и является наиболее энергоэффективной и коммерчески привлекательной для сельскохозяйственных производителей области

Таблица 3

Свод затрат по типовой технологической карте производства картофеля по базовой технологии

Наименование затрат	Потребность на ед. (площади, объема)	Всего потребность	Цена единицы, руб.	Стоимость всего, тыс. руб.
Семена	3000 кг/га	300 т	25 000	7500,0
Органическое удобрение	60 т/га	6000 т	800	4800,0
Удобрение – азофоска	500 кг/га	50 т	20 000	1000,0
Протравливание семян фунгицидом «Престиж»	1 л/т × 300 т, (1 л на 20 л воды) = 6 т воды	300 л	3000	900,0
Фунгицид «Акробат» (1–2 обработки)	2 кг/га (300 л воды на 1 га) = 30 т воды × 2 раза = 60 т	200 кг	2000	400,0
Фунгицид «Инфинито» (3–4 обработки)	1,5 л/га, (300 л воды на 1 га) = 30 т воды × 2 раза = 60 т	150 л	3160	474,0
Фунгицид «Ширлан» (5 обработок)	0,4 л/га (300 л воды на 1 га) = 30 т воды	40 л	7800	312,0
Сетки	2 850 000 кг / 30 кг = 95 000 шт.	95 000 шт.	6	570,0
ГСМ	*x*	33 432 + 10 % = 36775 л	43	1581,3
Оплата труда	Количество нормосмен: трактористы/рабочие	444,2/501,7	2400/1440	1066,1/722,4
Оплата труда с отчислениями	% отчислений – 30,2	540,1	x	2328,6
Амортизация	согласно расчетам	–	–	1077,6
Текущий ремонт	99 % от амортизации (по нормативу)	–	–	1066,8
Вода	5 обработок × 300 л/га × 100 га =	150 м^3	60	9,0
Электроэнергия	365,4 + 5714 + 12 118 кВт	18 197,4	7,54	137,2
ИТОГО ЗАТРАТ:	–	–	–	22 156,5
Общехозяйственные и общепроизводственные расходы	в % к затратам	5	–	1107,8
ВСЕГО ЗАТРАТ:	–	–	–	23 264,3
Затрат на 1 ц, руб.	–	–	–	581,6

Table 3

Summary of costs for a typical technological map of potato production using basic technology

Naming of expenditures	*Necessity on unit*	*Total need*	*Cost of unit, rubles*	*Total cost, thousand rubles*
Seed	*3000 km*	*300 tons*	*25 000*	*7500.0*
Organic fertilizer	*60 tons/ha*	*6000 tons*	*800*	*4800.0*
Fertilizer – azophoska	*500 kg/ha*	*50 tons*	*20 000*	*1000.0*
Seed treatment with fungicide "Prestige"	*6 tons of water*	*300 l*	*3000*	*900.0*
Fungicide "Acrobat" (1–2 treatments)	*60 tons*	*200 kg*	*2000*	*400.0*
Fungicide "Infinito" (3–4 treatments)	*60 tons*	*150 l*	*3160*	*474.0*
Fungicide "Shirlan" (5 treatments)	*30 tons of water*	*40 l*	*7800*	*312.0*
Grids	*95 000*	*95 000*	*6*	*570.0*
Fuel	*x*	*33432 x 10 % = 36 775 l*	*43*	*1581.3*
Remuneration of labour	*Changing*	*444.2/501.7*	*2400/1440*	*1066.1/722.4*
Remuneration of labour with withholdings	*% with holdings – 30.2*	*540.1*	*x*	*2328.6*
Depreciation	*x*	*–*	*–*	*1077.6*
Permanent repair	*99 % from depreciation*	*–*	*–*	*1066.8*
Water	*x*	*150 m^3*	*60*	*9.0*
Electric power	*365.4 + 5714 + 12 118*	*18 197.4*	*7.54*	*137.2*
TOTAL EXPENSES:	*–*	*–*	*–*	*22 156.5*
General and general production costs	*x*	*5 %*	*–*	*1107.8*
IN ALL EXPENSES:	*–*	*–*	*–*	*23 264.3*
Expenses on 1 c, rub.	*–*	*–*	*–*	*581.6*

Таблица 4

Свод затрат по типовой технологической карте производства картофеля (с элементами голландской технологии)

Наименование затрат	Потребность на ед. (площади, объема)	Всего потребность	Цена единицы, руб.	Стоимость всего, тыс. руб.
Семена	3000 кг/га	300 т	25 000	7500,0
Органическое удобрение	60 т/га	6000 т	800	4800,0
Удобрение – азофоска	500 кг/га	50 т	20 000	1000,0
Протравливание семян фунгицидом «Престиж»	Норма внесения раствора – 1 л/т × 300 т (1 л на 20 л воды) = 6 т воды	300 л	3000	900,0
Фунгицид «Акробат» (1-2 обработки)	Норма внесения раствора – 2 кг/га, (300 л воды на 1 га) = 30 т воды × 2 раза = 60 т	200 кг	2000	400,0
Фунгицид «Инфинито» (3–4 обработки)	Норма внесения раствора – 1,5 л/га, (300 л воды на 1 га) = 30 т воды × 2 раза = 60 т	150 л	3160	474,0
Фунгицид «Ширлан» (5 обработок)	0,4 л/га, (300 л воды на 1 га) = 30 т воды	40 л	7800	312,0
Сетки	2 850 000 кг / 30 кг = 95 000 шт.	95 000 шт.	6	570,0
ГСМ	*x*	30 133 × 10 % = 33 146	43	1425,3
Оплата труда	Количество нормосмен: трактористы/рабочие	406,8/499,6	2400/1440	976,3/719,4
Оплата труда с отчислен.	% отчислений – 30,2	512,1	x	2207,8
Амортизация	согласно расчетам	–	–	1448,5
Текущий ремонт	99 % от амортизации (по нормативу)	–	–	1434,0
Вода	5 обработок × 300 л/га × 100 га =	150 м^3	60	9,0
Электроэнергия	365,4 + 5714 + 12 118 кВт	18 197,4	7,54	137,2
ИТОГО ЗАТРАТ:	–	–	–	22 617,8
Общехозяйственные и общепроизводственные расходы	в % к затратам	5	–	1130,9
ВСЕГО ЗАТРАТ:	–	–	–	23 748,7
Затрат на 1 ц, руб.	–	–	–	593,7

Table 4

Summary of costs for a typical technological map of potato production (with elements of Dutch technology)

Naming of expenditures	*Necessity on unit*	*Total need*	*Cost of unit, rubles*	*Total cost, thousand rubles*
Seed	*3000 km*	*300 tons*	*25 000*	*7500.0*
Organic fertilizer	*60 tons/ha*	*6000 tons*	*800*	*4800.0*
Fertilizer - azofoska	*500 kg/ha*	*50 tons*	*20 000*	*1000.0*
Seed treatment with Prestige fungicide	*6 tons of water*	*300 l*	*3000*	*900.0*
Fungicide "Acrobat" (1-2 treatments)	*60 tons*	*200 kg*	*2000*	*400.0*
Fungicide "Infinito" (3-4 treatments)	*60 tons*	*150 l*	*3160*	*474.0*
Fungicide "Shirlan" (5 treatments)	*30 tons of water*	*40 l*	*7800*	*312.0*
Grids	*95 000*	*95 000*	*6*	*570.0*
Fuel	*x*	*30 133 × 10 % = 33 146*	*43*	*1425.3*
Remuneration of labour	*Changing*	*406.8/499.6*	*2400/1440*	*976.3/719.4*
Remuneration of labour with withholdings	*% with holdings – 30.2*	*512.1*	*x*	*2207.8*
Depreciation	*x*	–	–	*1448.5*
Permanent repair	*99 % from depreciation*	–	–	*1434.0*
Water	*x*	*150 m^3*	*60*	*9.0*
Electric power	*365.4 + 5714 + 12 118 kW*	*18 197.4*	*7.54*	*137.2*
TOTAL EXPENSES:	–	–	–	*22 617.8*
Other charges	*x*	*5*	–	*1130.9*
IN All EXPENSES:	–	–	–	*23 748.7*
Expenses on1, rub.	–	–	–	*593.7*

Таблица 5

Эффективность производства картофеля с учетом погодного риска и конъюнктуры рынка

Вариант технологии	Урожайность, ц/га	Себестоимость ед. продукции, руб.	Вариант 1			Вариант 2		
			Цена реализации 1 кг, руб.	Прибыль с 1 кг, руб.	Уровень рентабельности, %	Цена реализации 1 кг, руб.	Прибыль с 1 кг, руб.	Уровень рентабельности, %
Базовая	350	7,76	15,0	7,24	93,3	13,0	5,24	67,5
	400	7,16	15,0	7,84	109,5	13,0	5,84	81,5
	450	6,69	15,0	8,31	124,2	13,0	6,31	94,3
С элементами голландской	350	7,90	15,0	7,10	89,9	13,0	5,10	64,5
	400	7,28	15,0	7,72	106,0	13,0	5,72	78,6
	450	6,80	15,0	8,20	120,6	13,0	6,20	91,2

Table 5

Efficiency of potato production, taking into account weather risk and market conditions

Variant of technology	*Productivity, c/ha*	*Prime price of unit of products, rubles*	*Option 1*			*Option 2*		
			Selling price of 1 kg, rubles	*Profit of 1 kg, rubles*	*Level of profitability, %*	*Selling price of 1 kg, rubles*	*Profit of 1 kg, rubles*	*Level of profitability, %*
Base	*350*	*7.76*	*15.0*	*7.24*	*93.3*	*13.0*	*5.24*	*67.5*
	400	*7.16*	*15.0*	*7.84*	*109.5*	*13.0*	*5.84*	*81.5*
	450	*6.69*	*15.0*	*8.31*	*124.2*	*13.0*	*6.31*	*94.3*
With elements of Dutch	*350*	*7.90*	*15.0*	*7.10*	*89.9*	*13.0*	*5.10*	*64.5*
	400	*7.28*	*15.0*	*7.72*	*106.0*	*13.0*	*5.72*	*78.6*
	450	*6.80*	*15.0*	*8.20*	*120.6*	*13.0*	*6.20*	*91.2*

Библиографический список

1. Девяткина Л. Н. Производство картофеля: глобальные и национальные дискурсы // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 122–134.
2. Bayar-Erdene B., Buyanbaatar A. The effect of liquid organic fertilizer with ionized water on plant germination and soils humus and potato yield // Евразийский союз ученых. Серия: междисциплинарный. 2017. № 4-1 (37). С. 29–33.
3. Патшина М. В. Эффективность производства картофеля в России // Интерактивная наука. 2018. № 6 (28). С. 85–87.
4. Бряков В. К., Бряков И. В., Курков Ю. Б. Картофель как перспективный источник энергии и высококонцентрированного корма для сельскохозяйственных животных // Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник научных трудов. Благовещенск, 2013. С. 98–102.
5. Keita F., Karpukhin M. Yu. Improvement of potato cultivation technology in conditions of Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 10 (201). Pp. 29–34.
6. Смирнов Н. А., Шамин А. Е., Груздев Г. В. Эффективность картофелеводческого подкомплекса и его значимость в системе продовольственного обеспечения населения // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. № 3 (20). С. 301–305.
7. Кузнецова Л. В. Экономически обоснованные технологические карты возделывания зерновых колосовых на основе адаптивных технологий, используемых в Калужском регионе // Аграрная Россия. 2020. № 5. С. 42–48.
8. Karpukhin M. Yu., Keita F. Economic and energy efficiency of potato cultivation in different feeding areas and the use of fungicides in the Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue “Biology and biotechnologies”. Pp. 19–23.
9. Тимошина Н. А., Федотова Л. С., Князева Е. В. Факторы формирования урожайности и качества картофеля // Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля: материалы научно-практической конференции. Москва, 2017. С. 19–26.
10. Шаламова В. В., Самойлов В. Н. Анализ эффективности производства картофеля в сельскохозяйственном предприятии // Молодежь и наука. 2017. № 6. С. 132–136.
11. Степанов Д. А., Самойлов В. Н. Производство картофеля в свердловской области и его экономическая эффективность // Молодежь и наука. 2017. № 4-2. С. 20–26.
12. Асадуллин Н. М, Гильмутдинов И. Т. Пути повышения эффективности производства картофеля // Аллея науки. 2018. Т.6. № 11 (27). С. 169–171.
13. Смирнов Н. А. Факторы развития и кластерный подход к повышению эффективности производства картофеля // Социальные и экономические системы. 2018. № 1. С. 130–147.

14. Амелюшкина Т. А. Основные показатели отрасли картофелеводства Калужской области и организация оригинального семеноводства в Калужском НИИСХ – филиале «ФГБНУ ФИЦ картофеля им. А. Г. Лорха» // Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 100-летию института. Калуга, 2020. С. 161–166.
15. Пашуков С. А., Чхетиани А. А. Современные технологии возделывания картофеля и их теоретический анализ [Электронный ресурс] // Novainfo. 2015. № 32-1. URL: https://novainfo.ru/article/3269 (дата обращения: 04.02.2021).
16. Ленский А. В., Жешко А. А. Технологические особенности возделывания картофеля в различных почвенных условиях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. Минск, 2018. С. 120–126.

Об авторах:
Любовь Васильевна Кузнецова[1], кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник,
ORCID 0000-0001-6225-1663, AuthorID 822041; *+7 961 006-57-48*, *torg.kniish@mail.ru*
Владимир Николаевич Мазуров[1], кандидат сельскохозяйственных наук, директор,
ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413; *+7 910 913-98-71*, *knipti.mazurov@mail.ru*
[1] Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха, Калуга, Россия

Technological maps of adaptive technologies of cultivation of food potato (on the example of the Kaluga region)

L. V. Kuznetsova[1]✉, V. N. Mazurov[1]
[1] Kaluga Research Agriculture Institute – Branch of Russian Potato Research Centre, Kaluga, Russia
✉*E-mail: torg.kniish@mail.ru*

Abstract. **Purpose of research.** Development of scientifically and economically sound technological maps for the cultivation of food potatoes based on modern adaptive technologies used in the Kaluga region. **Research methods.** Typical technologies for the production of food potatoes were developed by leading scientists of the Kaluga Research Institute of Agriculture. Technological maps are calculated for two types of technologies: basic and with elements of Dutch, based on the methods of M. A. Bunkov, V. M. Golovach, as well as E. V. Fastova, O. A. Kovalenko, N. G. Belova. The economic efficiency of production is calculated on the basis of the methods of V. R. Boev and I. G. Ushachev. **Results.** According to the technological maps and calculations carried out, when cultivating food potatoes on an area of 100 hectares, 946 normosmen will be required according to the basic technology, and with elements of the Dutch one – 906 normosmen. For the production of 1 c of potatoes according to the basic technology, with a planned yield of 40 t/ha, it will take 581.6 rubles (in 2020 prices), with elements of the Dutch technology – 590 rubles. The economic efficiency of potato production according to the basic technology, depending on the specified yield parameters (from 350 to 450 c/ha), varies from 67.5 to 124.2 %, and according to the technology with elements of Dutch – from 64.5 to 120.6 %. **Scientific novelty.** For the first time in terms of Kaluga region, the calculation scientifically and economically sound model routings of potato cultivation of food-based adaptive technologies, the use of new cultivars, highly productive mechanized units, as well as science-based system application of mineral fertilizers and means of plant protection, for the production of competitive on the domestic and foreign food market products.
Keywords: technological map; adaptive technologies; food potatoes; economic efficiency.

For citation: Kuznetsova L. V., Mazurov V. N. Tekhnologicheskie karty adaptivnykh tekhnologiy vozdelyvaniya kartofelya prodovol'stvennogo (na primere Kaluzhskoy oblasti) [Technological maps of adaptive technologies of cultivation of food potato (on the example of the Kaluga region)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 06 (209). Pp. 89–100. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-89-100. (In Russian.)

Date of paper submission: 15.03.2021, ***date of review:*** 27.05.2021, ***date of acceptance:*** 01.06.2021.

References

1. Devyatkina L. N. Proizvodstvo kartofelya: globalnye i natsionalnye diskursy [Potato production: global and national discourses] // Bulletin NGIEI. 2018. No. 5 (84). Pp. 122–134. (In Russian.)
2. Bayar-Erdene B., Buyanbaatar A. The effect of liquid organic fertilizer with ionized water on plant germination and soils humus and potato yield // Eurasian Union of Scientists. Series: Interdisciplinary. 2017. No. 4–1 (37). Pp. 29–33.

3. Patshina M. V. Effektivnost' proizvodstva kartofelia v Rossii [Efficiency of potato production in Russia] // Interactive science. 2018. No. 6 (28). Pp. 85–87. (In Russian.)
4. Bryakov V. K., Bryakov I. V., Kurkov Yu. B. Kartofel' kak perspektivnyy istochnik energii i vysokokontsentrirovannogo korma dlya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Potatoes as a promising source of energy and highly concentrated feed for farm animals] // Tekhnologiya proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: sbornik nauchnykh trudov. Blagoveshchensk, 2013. Pp. 98–102. (In Russian.)
5. Keita F., Karpukhin M. Yu. Improvement of potato cultivation technology in conditions of Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 10 (201). Pp. 29–34.
6. Smirnov N. A., Shamin A. E., Gruzdev G. V. Effektivnost' kartofelevodcheskogo podkompleksa i ego znachimost' v sisteme prodovol'stvennogo obespecheniya naseleniya [The effectiveness of the potato subcomplex and its significance in the food supply system of the population] // Azimuth of scientific research: economics and administration. 2017. No. 3 (20). Pp. 301–305. (In Russian.)
7. Kuznetsova L. V. Ekonomicheski obosnovannye tekhnologicheskie karty vozdelyvaniya zernovykh kolosovykh na osnove adaptivnykh tekhnologiy, ispolzuemykh v Kaluzhskom regione [Economically justified technological maps of grain ear cultivation based on adaptive technologies used in the Kaluga region] // Agrarian Russia. 2020. No. 5. Pp. 42–48. (In Russian.)
8. Karpukhin M. Yu., Keita F. Economic and energy efficiency of potato cultivation in different feeding areas and the use of fungicides in the Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. Special issue "Biology and biotechnologies". Pp. 19–23.
9. Timoshina N. A., Fedotova L. S., Knyazeva E. V. Faktory formirovaniya urozhaynosti i kachestva kartofelya // Sovremennye tekhnologii proizvodstva, khraneniya i pererabotki kartofelya: materialy nauchno–prakticheskoy konferentsii. Moscow, 2017. Pp. 19–26. (In Russian.)
10. Shalamova V. V., Samoylov V. N. Analiz effektivnosti proizvodstva kartofelya v sel'skokhozyaystvennom predpriyatii [Analysis of the efficiency of potato production in an agricultural enterprise] // Molodezh' i nauka. 2017. No. 6. Pp. 132–136. (In Russian.)
11. Stepanov D. A., Samoylov V. N. Proizvodstvo kartofelya v Sverdlovskoy oblasti i ego ekonomicheskaya effektivnost' [Potato production in the Sverdlovsk region and its economic efficiency] // Molodezh' i nauka. 2017. No. 4–2. Pp. 20–26. (In Russian.)
12. Asadullin N. M, Gilmutdinov I. T. Puti povysheniya effektivnosti proizvodstva kartofelya [Ways to improve the efficiency of potato production] // Alleya nauki. 2018. No. 11 (27). Pp. 169–171. (In Russian.)
13. Smirnov N. A Faktory razvitiya i klasternyy podkhod k povysheniyu effektivnosti proizvodstva kartofelya // Social and economic systems. 2018. No. 1. Pp. 130–147. (In Russian.)
14. Amelyushkina T. A. Osnovnye pokazateli otrasli kartofelevodstva Kaluzhskoy oblasti i organizatsiya original'nogo semenovodstva v Kaluzhskom NIISKh – filiale "FGBNU FITs kartofelya im. A. G. Lorkha" [The main indicators of the potato growing industry of the Kaluga region and the organization of original seed growing in the Kaluga Research Institute of Agriculture – a branch of the FGBNU FRITS of potatoes named after] // Sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno–prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, priurochennoy k 100–letiyu instituta. Kaluga, 2020. Pp. 161–166. (In Russian.)
15. Pashukov S. A., Chkhetiani A. A. Sovremennye tekhnologii vozdelyvaniya kartofelya i ikh teoreticheskiy analiz [Modern technologies of potato cultivation and their theoretical analysis] [e–resource] // Novainfo. 2015. No. 2–1. URL: https://novainfo.ru/article/3269 (date of reference: 02.04.2021). (In Russian.)
16. Lenskiy A. V., Zheshko A. A. Tekhnologicheskie osobennosti vozdelyvaniya kartofelya v razlichnykh pochvennykh usloviyakh [Technological features of potato cultivation in different soil conditions] // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. Mezhvedomstvennyy tematicheskiy sbornik. Minsk, 2018. Pp. 120–126. (In Russian.)

Authors' information:

Lyubov V. Kuznetsova[1], candidate of economic sciences, leading researcher, ORCID 0000-0001-6225-1663, AuthorID 822041; *+7 961 006–57–48*, *torg.kniish@mail.ru*
Vladimir N. Mazurov[1], candidate of agricultural sciences, director, ORCID 0000-0003-3427-0116, AuthorID 178413; *+7 910 913–98–71*, *knipti.mazurov@mail.ru*
[1] Kaluga Research Agriculture Institute – Branch of Russian Potato Research Centre, Kaluga, Russia

Аграрный вестник Урала
№ 06 (209), 2021 г.

Agrarian Bulletin of the Urals
No. 06 (209), 2021

Учредитель и издатель:
Уральский государственный аграрный университет
Адрес учредителя, издателя и редакции:
620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42

Founder and publisher:
Ural State Agrarian University
Address of founder, publisher and editorial board:
620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:
А. В. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор
О. А. Багрецова – ответственный редактор
А. В. Ерофеева – редактор
Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:
A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor
O. A. Bagretsova – executive editor
A. V. Erofeeva – editor
N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.
Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.
Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.
E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).
Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.
Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.
620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.
Отпечатано в Типографии «Амирит».
410004, г. Саратов, ул. им Чернышевского Н. Г., д. 88, литер У.
Подписано в печать: 10.06.2021 г. Усл. печ. л. 11,8. Авт. л. 10,2.
Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

© Аграрный вестник Урала / Agrarian Bulletin of the Urals, 2021