

ИЗВЕСТИЯ

ТИМИРЯЗЕВСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

Научно–теоретический журнал
Российского государственного аграрного университета —
МСХА имени К.А. Тимирязева

Сообщаются результаты экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно–экономических зонах страны

Основан в 1878 году
6 номеров в год

Выпуск

1

январь–февраль

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: д.с.-х.н., д.э.н., академик РАН, проф. **В.И. Трухачев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., профессор **С.Л. Белопухов**; доктор наук, PhD, профессор **Р. Валентини** (Италия);
д.б.н., профессор **И.И. Васенев**; д.э.н., профессор **Р.С. Гайсин**;
д.э.н., профессор **А.В. Голубев**; д.с.-х.н., профессор **С.А. Грикшас**;
д.с.-х.н., профессор **Ж. Дананлов** (Болгария); д.б.н., профессор **Ф.С. Джалилов**;
профессор **Д.А. Джукич** (Сербия); д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Н.Н. Дубенок**;
д.в.н., профессор **Г.П. Дюльгер**; д.б.н., профессор **А.А. Иванов**;
д.б.н., профессор, академик РАН **В.И. Кирюшин**; д.б.н., профессор **В.Н. Корзун** (Германия);
д.в.н., профессор **Р.Г. Кузьмич** (Беларусь); д.б.н., профессор **Я.В. Кузяков** (Германия);
д.с.-х.н., профессор **Н.Н. Лазарев**; д.с.-х.н., профессор **В.И. Леунов**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **В.М. Лукомец**; д.б.н., профессор **А.Г. Маннапов**;
д.б.н., профессор, академик НАНУ и НААНУ **Д.А. Мельничук** (Украина);
к.э.н., PhD MSU, **Р.А. Мигунов**; к.с.-х.н. **Г.Ф. Монахос**; д.с.-х.н., профессор **С.Г. Монахос**;
д.б.н., профессор **В.Д. Наумов**; д.т.н., профессор, академик РАН **В.А. Панфилов**;
д.б.н., профессор **С.Я. Попов**; д.х.н., профессор **Н.М. Пржевальский**;
д.с.-х.н., профессор **А.К. Раджабов**; д.с.-х.н., профессор **Г.В. Родионов**;
д.б.н., профессор **В.С. Рубец**; д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН **Н.М. Светлов**;
д.б.н., профессор **М.И. Селионова**; к.б.н., доцент **О.В. Селицкая**;
д.б.н., профессор **А.А. Соловьев**; д.б.н., профессор **И.Г. Тараканов**;
д.б.н., профессор **С.П. Торшин**; д.в.н., профессор **С.В. Федотов**;
д.б.н., профессор **Л.И. Хрусталева**; д.с.-х.н., профессор **В.А. Черников**;
д.э.н., профессор **С.А. Шелковников**; д.т.н., профессор **И.Н. Шило** (Беларусь);
д.с.-х.н., профессор **А.В. Шитикова**; д.с.-х.н., профессор **А.С. Шуварики**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Ю.А. Юлдашбаев**

Редакция

Научный редактор – **Р.А. Мигунов**

Редактор – **В.И. Марковская**

Перевод на английский язык – **Н.А. Сергеева**

Компьютерная верстка – **А.С. Лаврова**

Журнал входит в перечень

ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базы данных BIOSIS (WoS), RSCI (WoS),

CA(pt), CrossRef, AGRIS, РИНЦ, ядро РИНЦ

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия ТСХА» размещены в Интернете (https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf)

Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023

© Издательство РГАУ-МСХА, 2023

IZVESTIYA

of

Timiryazev Agricultural Academy

Academic Journal
of Russian Timiryazev State Agrarian University

The journal publishes the results of experimental,
theoretical and procedural research in different areas
of agricultural science and practice carried out
in various natural and economic zones of the country

Founded in 1878
Six issues per year

Issue

1

January–February

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2023

EDITOR-IN-CHIEF: Prof. **Vladimir I. Trukhachev**,
DSc (Ag), DSc (Econ), Full Member of RAS

EDITORIAL BOARD

Prof. **Sergey L. Belopukhov**, DSc (Ag); Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy);
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio); Prof. **Rafkat S. Gaysin**, DSc (Econ);
Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ); Prof. **Styapas A. Grikshas**, DSc (Ag);
Prof. **Zhivko Danailov**, DSc (Ag) (Bulgaria); Prof. **Fevzi S. Dzhililov**, DSc (Bio);
Prof. **Dragutin A. Djukic** (Serbia); Prof. **Nikolai N. Dubenok**, DSc (Ag), Full Member of RAS;
Prof. **Georgy P. Dulger**, DSc (Vet); Prof. **Aleksei A. Ivanov**, DSc (Bio);
Prof. **Valerii I. Kiryushin**, DSc (Bio), Full Member of RAS; Prof. **Victor N. Korzun**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Rostislav G. Kuzmich**, DSc (Vet) (Belarus); Prof. **Yakov V. Kuzyakov**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Nikolay N. Lazarev**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir I. Leunov**, DSc (Ag);
Prof. **Vyacheslav M. Lukomets**, DSc (Ag), Full Member of RAS; Prof. **Alfir G. Mannapov**, DSc (Bio);
Prof. **Dmitrii A. Melnichuk**, DSc (Bio), Member of NASU and NAASU (Ukraine);
Rishat A. Migunov, CSc (Econ), PhD MSU; **Grigory F. Monakhos**, CSc (Ag);
Prof. **Sokrat G. Monakhos**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir D. Naumov**, DSc (Bio);
Prof. **Victor A. Panfilov**, DSc (Eng), Full Member of of RAS; Prof. **Sergei Ya. Popov**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Przhevalskiy**, DSc (Chem); Prof. **Agamagomed K. Radzhabov**, DSc (Ag);
Prof. **Gennady V. Rodionov**, DSc (Ag); Prof. **Valentina S. Rubets**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Svetlov**, DSc (Econ), Corresponding Member of RAS;
Prof. **Marina I. Selionova**, DSc (Bio); Assoc. Prof. **Olga V. Selitskaya**, CSc (Bio);
Prof. **Alexander A. Soloviev**, DSc (Bio); Prof. **Ivan G. Tarakanov**, DSc (Bio);
Prof. **Sergei P. Torshin**, DSc (Bio); Prof. **Sergei V. Fedotov**, DSc (Vet);
Prof. **Ludmila I. Khrustaleva**, DSc (Bio); Prof. **Vladimir A. Chernikov**, DSc (Ag);
Prof. **Sergey A. Shelkovnikov**, DSc (Econ); Prof. **Ivan N. Shilo**, DSc (Eng) (Belarus);
Prof. **Aleksandra V. Shitikova**, DSc (Ag); Prof. **Anatolii S. Shuvarikov**, DSc (Ag);
Prof. **Yusupzhan A. Yuldashbayev**, DSc (Ag), Full Member of RAS

EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **Rishat A. Migunov**

Editor – **Vera I. Markovskaya**

Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**

Computer design and making-up – **Anneta S. Lavrova**

The journal is listed in the VAK (Higher Attestation Commission) register
of the top peer reviewed journals and editions

The journal is also included in BIOSIS (WoS), RSCI (WoS), CA(pt), CrossRef, AGRIS,
Russian Index of Science Citation, Core Collection of Russian Index of Science Citation

Article submission guidelines of the journal “Izvestiya of TAA” are available
at https://izvestiia.timacad.ru/jour/manager/files/1603286771_treb_stat.pdf

Articles submitted by postgraduates are exempt from the processing charge

© Federal State Budget Establishment of Higher Education –
Russian Timiryazev State Agrarian University, 2023
© Publishing House of Russian Timiryazev Agrarian University, 2023

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ ТОМАТА И ОГУРЦА ПРИ МАЛООБЪЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ

В.М. ЛАПУШКИН^{1,2}, П.В. ДОБРИН¹⁽¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;² ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова)

Действие кремнийсодержащих препаратов: НаноКремния, Силипланта, Биостимулятора «Bona Forte» и силиката натрия – на рост, развитие и урожайность гибридов огурца Бьерн F1 и томата Мерлис F1 изучали в условиях малообъемной гидропоники. Исследования показали, что проведение некорневых подкормок томата обеспечивало получение более ранней продукции и формирование достоверной прибавки урожая 6,5–8,0 кг/м² за счет увеличения количества плодов на 10–12% и средней массы плода на 18–23%. Применение кремнийсодержащих удобрений при выращивании огурца в зимне-весеннем обороте способствовало увеличению площади ассимиляционного аппарата растений, количества сформированных плодов, их средней массы. Качество полученной продукции возросло за счет увеличения содержания сухих веществ и снижения содержания в плодах нитратного азота с 382 до 181–230 мг/кг. Максимальная прибавка урожайности огурца 5,3–6,5 кг/м² была достигнута при применении силипланта и кремнийсодержащего биостимулятора.

Ключевые слова: кремний, огурец, томат, малообъемная гидропоника, кремнийсодержащие удобрения, биостимуляторы, силиплант, НаноКремний, силикат натрия

Введение

Важнейшая задача отечественного овощеводства – это круглогодичное обеспечение населения свежей овощной продукцией. Она может быть решена только путем расширения площадей защищенного грунта и повышения продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур.

По данным Росстата, за период с 2010 по 2020 гг. площадь защищенного грунта в России увеличилась на 47% и достигла 4,3 тыс. га, уровень самообеспечения овощами в РФ возрос с 76,9 до 86,3%. При этом валовый сбор овощей защищенного грунта увеличился с 0,5 до 1,4 млн т, что составляет 35,9% общего производства овощной продукции в сельскохозяйственных организациях, или 10% сбора овощей по всем категориям хозяйств [4, 10].

Расчеты показывают, что по объемам производства 1 га современных теплиц заменяет собой 20–30 га открытого грунта [11]. Получение высоких урожаев надлежащего качества невозможно без комплексного применения средств химизации, что особенно касается столь интенсивной технологии выращивания сельхозкультур, как малообъемная гидропоника. Если при разработке системы применения удобрений большое внимание уделяют основным макроэлементам: азоту, фосфору и калию, железу и микроэлементам (Mn, Zn, B, Cu, Mo, Co), в условиях защищенного грунта учитывается потребность растений в мезоэлементах (сере, кальции и магнии), то такой макроэлемент,

как кремний, практически полностью игнорируется и считается условно необходимым. При этом его содержание в растениях может достигать 10% сухой массы.

Между тем в отечественной и зарубежной литературе опубликовано большое количество научных исследований, показывающих положительное влияние кремния на формирование урожая различных сельскохозяйственных культур, и в первую очередь – зерновых [1, 14]. Небольшое количество работ показывает эффективность кремнийсодержащих удобрений и при возделывании овощных культур [2, 9, 12]. Однако механизмы действия этого элемента на растения до настоящего времени изучены недостаточно. Есть мнение о том, что особую роль кремний играет в повышении устойчивости растений к неблагоприятным внешним факторам, биогенным и абиогенным стрессам [1, 6, 7, 12]. Отдельные авторы указывают на усиление использования растениями основных элементов питания (NPK) при применении кремнийсодержащих препаратов [13, 16].

Несмотря на распространенность этого элемента в природе и высокое содержание его в почве, доступность его растениям является крайне низкой, а применение различных кремнийсодержащих препаратов способно как увеличить урожай, так и улучшить его качество.

В широком ассортименте минеральных удобрений, в зависимости от состава и способа применения, выделяют: кремнийсодержащие мелиоранты (например, цеолиты, диатомиты и др.), которые используются для внесения в почву в больших количествах; кремниевые удобрения для внесения в почву, предпосевной обработки семян и подкормок (к ним относятся силикаты натрия и калия, аморфный SiO_2 и др.); кремнийсодержащие биостимуляторы для обработки растений в течение вегетации [5, 6]. Действие препаратов двух последних групп изучалось нами при выращивании двух наиболее распространенных в защищенном грунте овощных культур: томата и огурца, на долю которых, по данным ассоциации «Теплицы России», в сумме приходится 94% всей получаемой в теплицах продукции.

Материал и методика исследований

Влияние кремнийсодержащих препаратов на урожай огурца и томата проводили в тепличном комбинате АО Агрокомбинат «Южный» ОП Новгородское, г. Великий Новгород. Объектом исследования являлись партенокарпический гибрид огурца Бьерн F1 и гибрид томата Мерлис F1.

Растения выращивали в условиях гидропоники на минеральной вате. Размер мата составлял 15×100 см, на каждом мате располагали по 5 растений, густота стояния растений огурца – 2,4 шт/м², томата – 3,6 шт/м². Повторность опыта 4-кратная. Составы используемых питательных растворов, которые являлись единым фоном для всех вариантов опыта, приведены в таблице 1. Содержание микроэлементов в растворах составляло, мкмоль/л: Fe – 15; Mn – 10; Zn – 5; B – 30; Cu – 0,75; Mo – 0,5.

Посев томата был произведен 13 мая, пикировка – 26 мая, расстановка рассады на маты – 9 июня; посев огурца произвели 20 октября, расстановку – 17 ноября. В течение вегетации проводили 4 некорневые обработки кремнийсодержащими препаратами: НаноКремний (ООО «НаноКремний», 20% Si + Fe, Cu, Zn), Силиплант (ООО «НЭСТ М», 7% Si + K, Mg, Fe, B, Cu, Zn, Mn, Co), Биостимулятор роста «Bona Forte» (АО «Русинхим» 7,5% Si + экстракт хвои пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.)). В качестве одностороннего кремниевого удобрения использовали метасиликат натрия ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$). Дозы препаратов устанавливали в соответствии с рекомендациями производителя и применяли в эквивалентных по кремнию количествах (300 мг Si/л). Первую обработку проводили в фазу 2–3 настоящих листьев, далее, после расстановки кубиков, – с интервалом 2 недели.

Таблица 1

Составы питательных растворов

Фаза развития	N-NO ₃ ⁻	P	S	N-NH ₄ ⁺	K	Ca	Mg	EC
	ммоль/л							mSm/cm
Томат								
Полив рассады	13,75	1,45	3,90	1,25	8,75	4,15	2,00	1,8–3,0
Напитка матов	13,75	1,50	4,00	1,00	5,25	5,15	3,00	2,8
До 1 кисти	13,75	1,45	3,90	1,25	8,75	4,15	2,00	2,8
1–3 кисть	14,75	1,45	3,36	0,60	7,75	4,05	2,50	2,8
3–5 кисть	14,20	2,25	4,28	1,50	9,00	4,30	2,05	3,0
5–10 кисть	14,00	2,05	4,13	1,00	9,00	4,50	1,75	2,9
Огурец								
Полив рассады	16,00	1,45	1,53	1,25	8,00	3,90	1,38	1,8–2,7
Напитка матов	16,00	1,45	1,53	0,85	5,50	4,60	2,13	2,5
4–6 недель	16,00	1,45	1,53	1,25	7,00	4,40	1,38	2,5
Массовое плодоношение	18,70	1,82	1,95	0,94	9,90	4,85	1,84	3,0

Основные микроклиматические условия в теплице за период проведения исследований приведены в таблице 2. Важнейшим фактором, влияющим на продукционный процесс растений, является освещенность. Из представленных данных следует, что количество поступающей солнечной энергии превышало среднегодовое значения в отдельные месяцы на 3–29%. В период выращивания огурца наблюдалось отклонение фактической влажности воздуха и периодическое снижение температуры ниже оптимального уровня. Содержание CO₂ в воздухе поддерживали на уровне 800–900 ppm.

Анализ химического состава растительных образцов проводили по общепринятым методикам: содержание сухого вещества – термogravиметрически (ГОСТ 31640–2012); нитратного азота – потенциометрически (ГОСТ 34570–2019); общее содержание растворимых сухих веществ (сахаров) – рефрактометрически (ГОСТ ISO 2173–2013). Определение элементного состава проводили после мокрого озоления: азот – микрометодом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4–2019); фосфор – фотометрически (ГОСТ Р 51420–99); калий – пламенно-фотометрически (ГОСТ 30504–97). Статистическую обработку результатов опытов проводили методом однофакторного дисперсионного анализа с применением MS Excel.

**Микроклиматические условия теплицы в период проведения исследований
(среднемесячные значения)**

Месяц	Температура воздуха, °C	Влажность воздуха, %	Количество солнечной энергии, Дж/см ²
Томат			
Июль	21,3	76	1982
Август	22,2	75	1808
Сентябрь	20,3	75	866
Октябрь	21,3	67	474
Огурец			
Ноябрь	21,4	60	152
Декабрь	20,6	71	109
Январь	20,2	70	130
Февраль	21,2	73	381

Результаты и их обсуждение

Влияние кремнийсодержащих препаратов на урожай томата. Учет морфобиометрических параметров показал, что применение кремнийсодержащих препаратов способствовало усилению роста растений томата на ранних этапах развития. Наибольшим действием обладал биостимулятор Bona Forte, что объясняется содержанием в составе препарата тритерпеновых кислот. В период от высадки рассады до вступления в плодоношение растения, выращенные в варианте с применением биостимулятора, превышали контроль по росту в среднем на 10%. При этом в течение месяца наблюдений, к началу формирования плодов разница в длине растений уменьшалась с 22 до 6%. Полученные данные согласуются с результатами исследований, проведенными в открытом грунте при обработке томата аналогичным препаратом на основе экстракта хвои пихты сибирской, содержащим тритерпеновые кислоты [8].

Применение кремния способствовало более раннему созреванию урожая. В среднем по опыту на контрольном варианте первый сбор плодов был произведен на 5 дней позже. Таким образом, в первую неделю прибавка урожая в вариантах с обработкой растений кремнием варьировалась в диапазоне от 1,2 до 1,6 кг/м² по сравнению с контролем.

Статистическая обработка результатов опыта показала, что применение кремния обеспечило получение достоверных прибавок урожая во все три месяца наблюдений. При этом наиболее выраженное действие кремнийсодержащих препаратов наблюдалось в первый месяц плодоношения, что, как сказано выше, связано с более ранним созреванием плодов (табл. 3).

В августе урожайность томата в вариантах с обработками кремнием была на 65–79% выше контроля, при этом действие биостимулятора существенно превосходило действие других препаратов. В сентябре влияние всех кремнийсодержащих препаратов на урожай плодов томата было одинаковым и обеспечивало получение достоверной

прибавки на уровне 30–35% относительно контрольного варианта. В октябре прибавки урожая снизились до 10–16%, но оставались статистически достоверными.

Как следует из данных таблицы 3, если в августе прирост урожайности во многом обуславливался бóльшим количеством убранных плодов, что подтверждается коэффициентом корреляции $r=0,97$, то на более поздних фазах развития растений основное влияние на урожайность оказывало увеличение средней массы плода $r=0,82–0,92$.

Таким образом, все изучаемые препараты оказали существенное воздействие на урожай плодов томата, увеличивая его с 22,1 кг/м² в контрольном варианте до 28,6–30,1 кг/м² (рис. 1). При этом следует отметить, что все удобрения оказали влияние, равное действию силиката натрия. Из этого можно сделать вывод о том, что прибавка урожая была обеспечена применением кремния, а не дополнительных компонентов, входящих в состав препаратов.

Таблица 3

**Динамика формирования урожая томата
при применении кремнийсодержащих препаратов**

Вариант	Урожай, кг/м ²			Количество плодов, шт/м ²			Средняя масса плода, г		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	4,7	8,1	9,3	38	61	60	123	132	155
НаноКремний	8,4	10,9	10,8	50	66	63	168	166	170
Силиплант	7,8	10,5	10,2	49	65	62	159	163	164
Биостимулятор	8,5	10,7	10,4	50	63	64	169	170	162
Силикат натрия	8,1	10,8	10,5	49	65	63	166	165	167
НСП ₀₅	0,5	0,5	0,4	3	4	3	2	3	2
r^{**}	-	-	-	0,97	0,69	0,84	0,98	0,92	0,82

*1 – август; 2 – сентябрь; 3 – октябрь.

**Коэффициент линейной корреляции между величиной урожая и количеством плодов/средней массой плода.

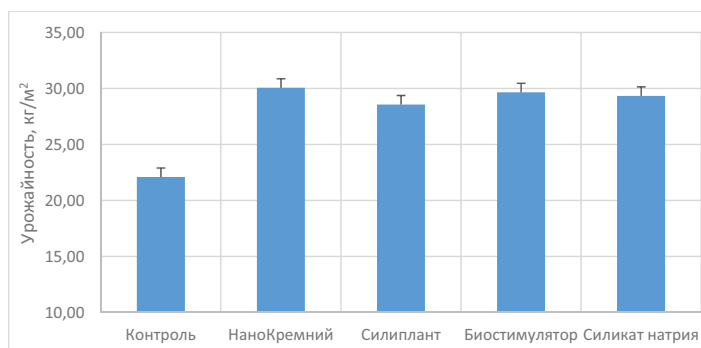


Рис. 1. Урожайность томата при применении кремнийсодержащих препаратов

Обработка растений томата кремнием способствовала увеличению количества убранных плодов на 10–12% вне зависимости от формы препарата (рис. 2). Между количеством плодов и общей урожайностью наблюдалась тесная корреляционная связь: $r=0,96$. Также общий урожай сильно зависел ($r=0,98$) от средней массы одного плода, которая увеличивалась при применении кремния на 18–23% (рис. 3).

За время проведения опыта суммарный расход действующего вещества удобрений составил: N – 80; P₂O₅–78; K₂O – 203 г/м². Расчет затрат питательных веществ на формирование единицы продукции показал, что применение всех изучаемых препаратов обеспечивало более эффективное использование удобрений (табл. 4).

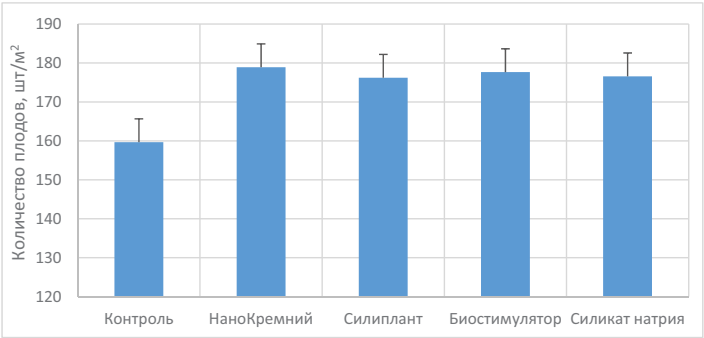


Рис. 2. Количество убранных плодов томата при применении кремнийсодержащих препаратов

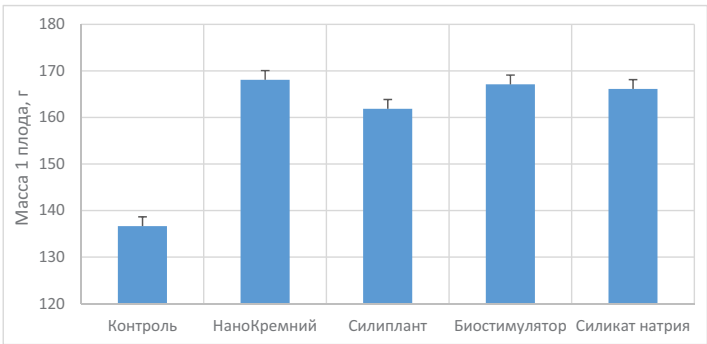


Рис. 3. Средняя масса одного плода томата при применении кремнийсодержащих препаратов

Таблица 4

Затраты д.в. удобрений на формирование 1 кг плодов томата

№	Вариант	Затраты д.в. удобрений, г/кг плодов		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль	3,6	3,5	9,2
2	НаноКремний	2,7	2,6	6,8
3	Силиплант	2,8	2,7	7,1
4	Биостимулятор	2,7	2,6	6,8
5	Силикат натрия	2,7	2,7	6,9

В среднем по опыту затраты азота, фосфора и калия под действием некорневых обработок снижались на 25% вне зависимости от вида используемого препарата.

Влияние кремнийсодержащих препаратов на урожай огурца. Учет морфобиометрических параметров показал, что применение кремнийсодержащих удобрений оказало положительное влияние на рост и развитие растений огурца (табл. 5). По сравнению с контрольным вариантом общее количество междоузлий на растении увеличивалось на 32–49%. При этом наибольшее количество междоузлий отмечалось в варианте с применением препаратов силиплант (79 шт.), НаноКремний (76 шт.) и биостимулятора (75 шт.).

Все изучаемые удобрения увеличивали облиственность растений на 20–25% по сравнению с контролем. Положительное действие кремния на формирование фотосинтетического аппарата растений огурца отмечается и другими исследователями [9].

Как известно, особую роль кремний играет в водном обмене растений. Установлено, что этот элемент принимает участие в формировании двойного кутикулярного слоя листовых пластин и, как следствие, повышает механическую прочность растительных тканей, снижает испарение влаги, а также способствует увеличению устойчивости растений к поражению болезнями и вредителями [3, 6, 15]. Анализ химического состава листьев огурца показал, что под действием кремнийсодержащих препаратов содержание сухого вещества в листьях возрастало с 8,2 до 9,5% (табл. 6).

В среднем по опыту наблюдался некоторый дефицит азота, причем его содержание в листьях увеличивалось с 3,1% на контроле до 3,2–4,6% при применении кремнийсодержащих препаратов. Опрыскивание растений биостимулятором способствовало поддержанию обеспеченности азотом на оптимальном уровне. Содержание в листьях фосфора во всех вариантах соответствовало средним значениям (1,7–2,2%), а концентрация калия была несколько выше оптимальных значений (4,2–4,7%). Также наблюдалась тенденция усиления потребления фосфора и калия под действием НаноКремния, Силипланта и Биостимулятора.

Учет полученного урожая показал, что все изучаемые удобрения оказали положительное влияние на продуктивность растений огурца, но максимальная прибавка урожая наблюдалась в вариантах с применением силипланта и биостимулятора Vona Forte (табл. 7).

Таблица 5

**Влияние кремнийсодержащих препаратов
на морфобиометрические показатели растений огурца**

Вариант	Высота растения, см	Количество междоузлий, шт.	Количество листьев, шт.	Количество листьев от макушки до 1-го цветущего плода, шт.	Длина листа, см	Ширина листа, см
Контроль	570	53	20	3	22	30
НаноКремний	578	76	25	9	23	32
Силиплант	581	79	25	9	22	29
Биостимулятор	598	75	25	7	22	30
Силикат натрия	550	70	24	6	23	30,5

Таблица 6

**Влияние кремнийсодержащих препаратов на содержание элементов питания
в листьях огурца, % на сухую массу**

Вариант	Месяц	Сухое в-во, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	Декабрь	8,2	2,28	2,40	5,74
	Январь	8,3	3,86	2,01	5,41
	Февраль	8,1	3,18	2,14	4,43
	$\bar{x}$	8,2	3,11	2,18	5,19
НаноКремний	Декабрь	8,9	2,14	2,59	5,96
	Январь	9,2	5,42	2,08	5,23
	Февраль	8,5	4,45	2,47	5,13
	$\bar{x}$	8,9	4,00	2,38	5,44
Силиплант	Декабрь	8,7	2,51	2,18	7,00
	Январь	8,8	2,79	1,79	5,42
	Февраль	8,5	4,25	2,79	5,03
	$\bar{x}$	8,7	3,18	2,25	5,82
Биостимулятор	Декабрь	9,5	4,77	2,13	5,54
	Январь	10,3	4,32	1,99	5,06
	Февраль	8,6	4,60	2,38	5,15
	$\bar{x}$	9,5	4,56	2,17	5,25
Силикат натрия	Декабрь	9,0	3,67	2,15	5,70
	Январь	9,4	4,05	1,81	4,95
	Февраль	8,6	3,56	2,10	4,80
	$\bar{x}$	9,0	3,76	2,02	5,15

В течение всех трех месяцев плодоношения применение кремнийсодержащих препаратов силиплант и биостимулятор обеспечивало получение существенных приростов урожая, что подтверждается результатами математической обработки результатов. Действие НаноКремния и силиката натрия было менее выраженным и не всегда достоверно значимым.

Урожайность огурца при применении кремнийсодержащих препаратов

Вариант	Урожай, кг/м ²				Количество плодов, шт/м ²				Средняя масса плода, г			
	1*	2	3	Σ	1	2	3	Σ	1	2	3	$\bar{x}$
Контроль	5,4	5,0	5,5	15,9	55	43	46	144	98	117	120	112
НаноКремний	6,4	5,4	5,7	17,4	61	45	47	154	104	118	120	114
Силиплант	7,2	7,3	7,8	22,4	62	59	60	181	116	124	129	123
Биостимулятор	7,0	7,0	7,2	21,2	64	58	59	181	110	121	122	118
Силикат натрия	6,2	5,0	5,9	17,2	59	42	48	149	106	119	124	116
НСР ₀₅	0,4	0,4	0,3	0,8	3	3	2	6	3	2	2	1
r**	-	-	-	-	0,90	1,00	0,99	0,99	0,87	0,84	0,77	0,89

*1 – декабрь; 2 – январь; 3 – февраль.

**Коэффициент линейной корреляции между величиной урожая и количеством плодов/средней массой плода.

Прирост урожайности был обусловлен влиянием препаратов на формирование двух основных компонентов структуры урожая: количества плодов и их едней массы. При этом наиболее тесная связь отмечалась между количеством плодов и урожайностью ($r = 0,90-1,00$).

В сумме за три месяца урожай в вариантах с применением кремнийсодержащих препаратов был достоверно выше по сравнению с контролем. Применение НаноКремния и силиката натрия обеспечивало получение прибавки урожая 1,3–1,5 кг/м². Наиболее выраженное действие на урожай оказали препараты силиплант и биостимулятор, которые способствовали формированию прибавки 5,3–6,5 кг/м², что, по-видимому, связано с влиянием входящих в их состав микроэлементов и биологически активных веществ.

Обработка растений огурца кремнием способствовала увеличению количества убранных плодов на 3–6% при использовании НаноКремния и силиката натрия и на 25–26% – от силипланта и биостимулятора. Между количеством плодов и общей урожайностью наблюдалась тесная корреляционная связь: $r=0,99$. В меньшей степени общий урожай зависел от средней массы одного плода ($r=0,89$), которая увеличивалась при применении кремния на 2–11%.

Все изучаемые кремнийсодержащие препараты оказали влияние на формирование химического состава плодов огурца, что согласуется с данными литературы [9]. Так, под влиянием некорневых обработок кремнием содержание сухого вещества в плодах возрастало с 3,3 до 3,7% (табл. 8).

Содержание нитратного азота ($N-NO_3^-$) в плодах огурца, выращенного в контрольном варианте, было в пределах ПДК, но на довольно высоком уровне, что объясняется неблагоприятными условиями зимнего периода, и в основном – дефицитом света. Применение кремния в свою очередь способствовало повышению качества полученной продукции за счет снижения содержания в плодах нитратов с 382 мг/кг на контроле до 181–230 мг/кг. Также следует отметить, что наиболее высокое содержание нитратного азота в плодах отмечалось в первый месяц плодоношения (в декабре) и снижалось с течением времени.

Таблица 8

Влияние кремнийсодержащих препаратов на химический состав плодов огурца и вынос элементов питания (в пересчете на естественную влажность)

Вариант	Месяц	Сухое в-во, %	Сахара, %	N-NO ₃ ⁻ , мг/кг	Сырой белок, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	Декабрь	2,78	1,89	340	0,84	0,13	0,04	0,12
	Январь	3,52	2,53	408	0,89	0,14	0,06	0,21
	Февраль	3,57	2,14	397	0,85	0,14	0,05	0,22
	$\bar{X}$	3,29	2,19	382	0,86	0,14	0,05	0,18
НаноКремний	Декабрь	3,67	2,50	282	0,51	0,08	0,04	0,16
	Январь	3,91	2,82	234	0,81	0,13	0,05	0,19
	Февраль	3,47	2,43	174	0,79	0,13	0,05	0,18
	$\bar{X}$	3,68	2,58	230	0,70	0,11	0,05	0,18
Силиплант	Декабрь	3,23	2,26	255	0,60	0,10	0,04	0,13
	Январь	3,78	2,72	225	0,82	0,13	0,06	0,19
	Февраль	3,57	2,43	187	0,68	0,11	0,05	0,18
	$\bar{X}$	3,53	2,47	222	0,70	0,11	0,05	0,17
Биостимулятор	Декабрь	2,78	1,78	199	0,67	0,11	0,05	0,17
	Январь	3,63	2,54	204	0,91	0,15	0,06	0,20
	Февраль	3,62	2,75	139	0,71	0,11	0,05	0,18
	$\bar{X}$	3,34	2,34	181	0,76	0,12	0,05	0,18
Силикат натрия	Декабрь	3,27	2,16	261	0,50	0,08	0,04	0,14
	Январь	3,72	2,68	153	0,94	0,15	0,06	0,20
	Февраль	3,67	2,35	178	0,64	0,10	0,05	0,23
	$\bar{X}$	3,55	2,39	197	0,69	0,11	0,05	0,19
НСР ₀₅	Декабрь	0,32	0,25	107	-			
	Январь	0,34	0,29	123				
	Февраль	0,23	0,22	93				

Применение всех кремнийсодержащих препаратов положительно сказалось на содержании в плодах огурца сахаров. В целом по опыту прослеживалась четкая тенденция увеличения сахаристости с 2,2% в контрольном варианте до 2,3–2,6% при проведении некорневых обработок.

Исходя из того, что за период проведения опыта израсходованное количество элементов питания составило: N – 103; P₂O₅ 44; K₂O – 160 г/м², – затраты действующего вещества удобрений на формирование 1 кг продукции варьировались в диапазоне N=4,6–6,5; P₂O₅=2,0–2,8; K₂O=7,2–10,1 г/кг (табл. 9).

Расчеты показали, что применение всех изучаемых препаратов способствовало повышению коэффициентов использования элементов питания и снижению затрат на формирование товарной части урожая. При этом наиболее эффективное использование питательных веществ отмечалось в вариантах с применением силипланта и биостимулятора.

Таблица 9

Вынос и нормативы затрат д.в. удобрений на формирование 1 кг плодов огурца в зависимости от применения кремнийсодержащих препаратов

№	Вариант	Вынос элементов питания плодами, г/м ²			Вынос элементов питания г/кг плодов			Затраты д.в. удобрений, г/кг плодов		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль	21,9	7,8	29,1	1,38	0,49	1,83	6,5	2,8	10,1
2	НаноКремний	19,6	8,3	30,8	1,13	0,48	1,77	5,9	2,5	9,2
3	Силиплант	25,0	11,5	37,1	1,12	0,52	1,66	4,6	2,0	7,2
4	Биостимулятор	25,9	10,9	39,0	1,22	0,51	1,84	4,9	2,1	7,6
5	Силикат натрия	19,0	8,4	32,5	1,11	0,49	1,89	6,0	2,6	9,3

Выводы

Исследования показали, что применение кремнийсодержащих препаратов оказывает положительное влияние на рост, развитие, продуктивность и использование питательных веществ растениями томата и огурца при выращивании в защищенном грунте в условиях гидропоники. Некорневые подкормки растений томата кремнием обеспечивали получение достоверной прибавки урожая на 6,5–8,0 кг/м² за счет увеличения количества плодов на 10–12% и средней массы плода на 18–23%. Также применение кремнийсодержащих препаратов способствовало ускорению созревания урожая на 5 дней. Затраты питательных веществ на формирование урожая при этом снижались на 25%.

Некорневые обработки огурца кремнием усиливали усвоение растениями элементов питания и оказали положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата растений. Количество междоузлий увеличивалось на 32–49%, а число листьев – на 20–25%. Наиболее выраженное воздействие на урожай оказали препараты силиплант и биостимулятор Bona Forte, которые способствовали формированию прибавки 5,3–6,5 кг/м², что, по-видимому, связано с влиянием входящих в их состав

микроэлементов и биологически активных веществ. Все изучаемые препараты положительно повлияли на формирование качества урожая, снижая содержание нитратного азота в плодах и повышая содержание сухого вещества и сахаров. Снижение затрат элементов питания на формирование единицы урожая снижалось при применении силиката натрия и НаноКремния на 8 и 10%, а при обработке растений биостимулятором Vona Forte и силиплантом – на 25 и 29% соответственно.

Библиографический список

1. *Верниченко И.В.* Влияние селена и кремния на азотное питание растений ячменя и их устойчивость к засухе и алюминию (опыты с изотопом ^{15}N) / И.В. Верниченко, Л.В. Осипова, Т.Л. Курносова, А.А. Лапушкина, И.А. Быковская // *Агрохимический вестник*. – 2021. – № 6. – С. 38–44. DOI: 10.24412/1029–2551–2021–6–008. EDN AVAMAX.
2. *Дудникова С.А., Лапина В.В., Дорожкина Л.А.* Пути совершенствования защиты огурца при выращивании по малообъемной технологии // *Агрохимический вестник*. – 2022. – № 6. – С. 74–77. DOI: 10.24412/1029–2551–2022–6–014. EDN ZJDSTQ.
3. *Ефимова Г.В.* Докучан, С.А. Анатомо-морфологическое строение эпидермиса листьев риса и повышение его защитной функции под влиянием кремния // *Сельскохозяйственная биология*. – 1986. – № 3. – С. 57–61.
4. *Королькова А.П.* Экономические аспекты развития овощеводства России: Научное издание / А.П. Королькова, Н.А. Кузнецова, М.И. Иванова, М.В. Шатилов, И.И. Ирков, А.В. Ильина, В.Н. Кузьмин, Т.Е. Маринченко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 204 с.
5. *Малявин А.С., Миносьянц С.В., Аксенчик К.В., Лапушкин В.М.* Производство минеральных удобрений // *Энциклопедия технологий 2.0: Химический комплекс*. – Москва; Санкт-Петербург: Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», 2022. – С. 11–88. EDN GOVKBI.
6. *Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Пироговская Г.В., Ермолович И.Е.* Перспективы использования кремниевых препаратов в сельском хозяйстве (обзор научной литературы) // *Почвоведение и агрохимия*. – 2022. – № 1 (68). – С. 219–234. DOI: 10.47612/0130–8475–2022–1(68)–219–234. EDN RMUZPG.
7. *Осипова Л.В.* Влияние кремния на онтогенетическую адаптацию ярового ячменя при действии оксидативного стресса / Л.В. Осипова, И.В. Верниченко, Л.В. Ромодина, Т.Л. Курносова, А.А. Лапушкина, И.А. Быковская // *Плодородие*. – 2020. – № 1 (112). – С. 18–21. DOI: 10.25680/S19948603.2020.112.06. EDN SYMWXI.
8. *Полякова Е.В., Ш.Б. Байрамбеков, О.Г. Корнева, Г.Ф. Соколова.* Выращивание безрассадного томата с применением биостимуляторов // *Вестник КрасГАУ*. – 2021. – № 6 (171). – С. 3–10. DOI: 10.36718/1819–4036–2021–6–3–10. EDN DJDXMV.
9. *Селиванова М.В.* Эффективность применения кремнийсодержащих удобрений при малообъемной технологии выращивания огурца Киборг F1 / М.В. Селиванова, Е.С. Романенко, Т.С. Айсанов, Е.А. Миронова, Н.А. Есаулко, М.С. Герман // *Овощи России*. – 2020. – № 6. – С. 25–30. DOI: 10.18619/2072–9146–2020–6–25–30. EDN AWSCLP.
10. *Сельское хозяйство в России. 2021: Статистический сборник / Росстат-С 29*. – М., 2021. – 100 с.
11. *Солдатенко А.В.* Тепличное хозяйство – обзор текущего состояния отрасли АПК России / А.В. Солдатенко, В.Ф. Пивоваров, А.Ф. Разин, Р.А. Мещерякова, О.А. Разин, Т.Н. Сурихина, Г.А. Телегина // *Овощи России*. – 2020. – № 2. – С. 3–11.

12. Хорошилов А.А., Фролова С.А. Использование удобрения минерального с микроэлементами «НаноКремний» в технологии возделывания огурца закрытого грунта // Научный журнал молодых ученых. – 2017. – № 2 (9). – С. 10–13. EDN XTDLVJ.

13. Combined silicon-phosphorus fertilization affects the biomass and phytolith stock of rice plants / Z. Li et al. // Frontiers in plant science. – 2020. – Vol. 11. – P. 67.

14. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants under soil drought / Y.I. Enakiev, A.A. Lapushkina, V.M. Lapushkin, I.V. Vernichenko // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2021. – Vol. 27, № 2. – Pp. 328–332. EDN WKMDSF.

15. Epstein E. Silicon // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1999. – № 50. – Pp. 641–664.

16. Silicon promotes agronomic performance in Brassica napus cultivated under field conditions with two nitrogen fertilizer inputs / P. Laine et al. // Plants. – 2019. – Vol. 8, № 5. – P. 137.

EFFECT OF SILICON-CONTAINING FERTILIZERS ON TOMATO AND CUCUMBER YIELDS UNDER CONDITIONS OF LOW-VOLUME HYDROPONICS

V.M. LAPUSHKIN^{1,2}, P.V. DOBRIN¹

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The effect of different silicon-containing fertilizers (NanoKremniy, Siliplant, biostimulant “Bona Forte” and sodium silicate) on the growth, development and yield of hybrids of cucumber Byorn F1 and tomato Merlis F1 was studied under conditions of low-volume hydroponics. The studies showed that carrying out foliar feeding of tomato resulted in earlier production and reliable yield increase of 6.5–8.0 kg/m² by increasing the number of fruits by 10–12% and the average fruit weight by 18–23%. Using of silicon-containing fertilizers in the cultivation of cucumber in the winter-spring turnover increased the area of the assimilation apparatus of plants, the number of formed fruits, and their average weight. The quality of the yield improved by increasing the dry matter content and by decreasing the content of nitrate nitrogen in fruits from 382 to 181–230 mg/kg. The maximum increase in cucumber yield of 5.3–6.5 kg/m² was achieved with the use of a siliplant and a silicon-containing biostimulant.

Key words: silicon, cucumber, tomato, low-volume hydroponics, silicon-containing fertilizers, biostimulants, siliplant, NanoKremniy, sodium silicate.

References

1. Vernichenko I.V., Osipova L.V., Kurnosova T.L., Lapushkina A.A., Bykovskaya I.A. Vliyaniye seleniya i kremniya na azotnoye pitaniye rasteniy yachmenya i ikh ustoychivost' k zasuhke i alyuminiyu (opyty s izotopom ¹⁵N) [Effect of selenium and silicon on nitrogen nutrition of barley and their resistance to drought and aluminum (experiments with ¹⁵N isotope)]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2021; 6: 38–44. DOI: 10.24412/1029–2551–2021–6–008 – EDN AVAMAX (In Rus.)

2. Dudnikova S.A., Lapina V.V., Dorozhkina L.A. Puti sovershenstvovaniya zashchity ogurtsa pri vyrashchivaniy po maloob'emnoy tekhnologii [Ways to improve cucumber protection in low-volume hydroponics]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2022; 6: 74–77. DOI: 10.24412/1029–2551–2022–6–014 – EDN ZJDSTQ (In Rus.)

3. Efimova G.V., Dokuchan S.A. Anatomico-morphological structure of rice leaf epidermis and enhancement of its protective function under the influence of silicon. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 1986; 3: 57–61. (In Rus.)

4. Korol'kova A.P., Kuznetsova N.A., Ivanova M.I., Shatilov M.V., Irkov I.I., Il'ina A.V., Kuz'min V.N., Marinchenko T.E. Ekonomicheskie aspekty razvitiya ovoshchevodstva Rossii: nauch. izd. [Economic aspects of the development of vegetable growing in Russia: a scientific publication.]. M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2021: 204. (In Rus.)

5. Malyavin A.S., Minos'yants S.V., Aksenichik K.V., Lapushkin V.M. Proizvodstvo mineral'nykh udobreniy [Mineral fertilizer production]. *Entsiklopediya tekhnologii 2.0: Khimicheskii kompleks*. Moskva, Sankt-Peterburg: Nauchno-issledovatel'skii institut "Tsentr ekologicheskoy promyshlennoy politiki". 2022: 11–88. EDN GOVKBI (In Rus.)

6. Matychenkov V.V., Bocharnikova E.A., Pirogovskaya G.V., Ermolovich I.E. Perspektivy ispol'zovaniya kremnievykh preparatov v sel'skom khozyaystve (obzor nauchnoy literatury) [Prospects for the use of silicon preparations in agriculture (scientific literature review)]. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2022; 1(68): 219–234. DOI: 10.47612/0130–8475–2022–1(68)–219–234 – EDN RMUZPG (In Rus.)

7. Osipova L.V., Vernichenko I.V., Romodina L.V., Kurnosova T.L., Lapushkina A.A., Bykovskaya I.A. Vliyanie kremniya na ontogeneticheskuyu adaptatsiyu yarovogo yachmenya pri deystvii oksidativnogo stressa [Effect of silicon on ontogenetic adaptation of spring barley under oxidative stress]. *Plodorodie*. 2020; 1(112):18–21. DOI: 10.25680/S19948603.2020.112.06 – EDN SYMWXI (In Rus.)

8. Polyakova E.V., Bayrambekov Sh.B., Korneva O.G., Sokolova G.F. Vy-rashchivanie bezrassadnogo tomata s primeneniem biostimulyatorov [Cultivating a seedless tomato using biostimulants] *Vestnik KrasGAU*. 2021; 6(171): 3–10. DOI: 10.36718/1819–4036–2021–6–3–10 – EDN DJDXMV (In Rus.)

9. Selivanova M.V., Romanenko E.S., Aysanov T.S., Mironova E.A., Esaulko N.A., German M.S. Effektivnost' primeneniya kremniysoderzhashchikh udobreniy pri malo-ob'emnoy tekhnologii vyrashchivaniya ogurtsa Kiborg F1 [Efficiency of silicon-containing fertilisers in low-volume hydroponics technology of Kiborg F1 cucumber]. *Ovoshchi Rossii*. 2020; 6: 25–30. DOI: 10.18619/2072–9146–2020–6–25–30 – EDN AWSCLP (In Rus.)

10. Sel'skoe khozyaystvo v Rossii. 2021 [Agriculture in Russia. 2021]. *Stat. sb./Rosstat* – S29, M., 2021: 100. (In Rus.)

11. Soldatenko A.V., Pivovarov V.F., Razin A.F., Meshcheryakova R.A., Razin O.A., Surihina T.N., Telegina G.A. Teplichnoe khozyaystvo – obzor tekushchego sostoyaniya otrasli APK Rossii [Greenhouse farming – an overview of the current state of the agribusiness sector in Russia]. *Ovoshchi Rossii*. 2020; 2: 3–11. (In Rus.)

12. Khoroshilov A.A., Frolova S.A. Ispol'zovanie udobreniya mineral'nogo s mikroelementami "NanoKremniy" v tekhnologii vzdelyvaniya ogurtsa zakrytogo grunta [Use of mineral fertilizer with microelements "NanoKremniy" in indoor cucumber cultivation technology]. *Nauchnyy zhurnal molodykh uchenykh*. 2017; 2(9): 10–13. EDN XTDLVJ (In Rus.)

13. Li Z. *et al.* Combined silicon-phosphorus fertilization affects the biomass and phytolith stock of rice plants. *Frontiers in plant science*. 2020; 11: 67.

14. Enakiev Y.I., Lapushkina A.A., Lapushkin V.M., Vernichenko I.V. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants

under soil drought. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2021; 27; 2: 328–332. EDN WKMDSF

15. *Epstein E.* Silicon. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1999; 50: 641–664.

16. *Lainé P. et al.* Silicon promotes agronomic performance in *Brassica napus* cultivated under field conditions with two nitrogen fertilizer inputs. Plants. 2019; 8; 5: 137.

Лапушкин Всеволод Михайлович, канд. биол. наук, доцент ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, старший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: lapushkin@rgau-msha.ru; тел.: (916) 583–57–36

Добрин Петр Владиславович, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dobrinpeterrp@yandex.ru; тел.: (921) 190–66–06

Vsevolod M. Lapushkin, CSc (Bio), Senior Research Associate, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (916) 583–57–36; E-mail: lapushkin@rgau-msha.ru)

Petr V. Dobryn, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (921) 190–66–06; E-mail: dobrinpeterrp@yandex.ru)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
РОДА *OSIMUM* (БАЗИЛИК) В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

И.Е. АНИЩЕНКО, О.Ю. ЖИГУНОВ

(Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук)

В статье представлены результаты интродукционного исследования трех представителей пряно-ароматических растений из рода *Ocimum* (Базилик): *O. x africanum* Lour. (б. лимонный); *O. basilicum* var. *purpurascens* Benth. (б. обыкновенный пурпурный); *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* (L.) Benth. (б. тайский). Выполнено изучение особенностей наступления основных фенологических фаз, биоморфологических, репродуктивных показателей, приведены сведения об агротехнике выращивания базилика в условиях культуры в Башкирском Предуралье (г. Уфа). Исследования биологических особенностей выше указанных таксонов базилика проводились в 2021–2022 гг. в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН на коллекционном участке пряно-ароматических растений (Ароматный сад). Установлено, что в условиях интродукции в Башкирском Предуралье таксоны базилика проходят полный цикл жизненного развития включая образование полноценных семян. Растения прекрасно растут, развиваются, формируют хорошо развитую надземную массу. Изученные таксоны базилика могут широко использоваться для создания пряных ароматных садов, применяться в качестве лекарственного сырья и в кулинарии как приправа.

Ключевые слова: род *Ocimum*, базилик, пряно-ароматические растения, таксон, фенология, морфометрические и репродуктивные показатели

Введение

Расширение ассортимента пряно-ароматических растений, обладающих высокими хозяйственно-ценными признаками, определяет необходимость их изучения для выявления адаптивных видов, разновидностей, сортов и форм. С этой целью в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН (г. Уфа) на базе коллекции пряно-ароматических растений (Ароматный сад), состоящей из более 70 таксонов из семейств *Lamiaceae* Lindl., *Asteraceae* Dumort., *Apiaceae* Lindl., *Rosaceae* Juss. и др., проводилось интродукционное изучение некоторых представителей, принадлежащих роду *Ocimum* L. (Базилик).

Род Базилик в настоящее время включает в себя более 300 видов, сортов, разновидностей, имеющих различный аромат с перечным, гвоздичным, анисовым, лимонным оттенками. Представители рода происходят из тропических районов Африки и Азии. Это в основном однолетние травянистые растения, достигающие 70 см в высоту. Характеризуются наличием прямого четырехгранного сильно разветвленного от основания стебля, на котором супротивно расположены черешковые листья. Окраска листьев варьирует от светло-зеленого до фиолетово-черного цвета. Цветки

собраны в мутовки (в основном по 6 шт.) на концах побегов в пазухах листьев, белого или розово-фиолетового цвета. Плод – орешек, семена яйцевидно-удлиненные, коричнево-черные [2].

В надземной части базиликов содержатся эфирные масла, дубильные вещества, гликозиды, сахара, каротин, фитонциды, витамины С, группы В, РР. Растения имеют лекарственные свойства: используются как противовоспалительные, спазмолитические, возбуждают аппетит и тонизируют. В консервной, мясо-молочной и винодельческой промышленности растения базилика используются в свежем и сушеном виде. Кроме того, базилик является прекрасным медоносным растением [5].

Поскольку культура базилика – родом из тропиков и является теплолюбивой, возделывается она большей частью на юге России. Но при этом базилик можно успешно культивировать в условиях средней полосы России и Сибири. Интродукция новых для Южного Урала разновидностей базилика в условиях Башкирского Предуралья позволит расширить ассортимент пряно-ароматических растений.

Цель исследований: изучение особенностей наступления основных фенологических фаз, биоморфологических, репродуктивных показателей трех таксонов группы ароматических растений из рода *Ocimum* (Базилик): *O. x africanum* Lour. (б. лимонный); *O. basilicum* var. *purpurascens* Benth. (б. обыкновенный пурпурный); *O. basilicum* var. *thrysiflorum* (L.) Benth. (б. тайский).

Материал и методика исследований

Исследования некоторых особенностей биологии вышеуказанных таксонов базилика проводились в условиях культуры в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН в 2022 г. на материале коллекции «Ароматный сад». Исходный посадочный материал растений базилика был выращен рассадным способом из семян, полученных по программе обмена семян ботанических садов: *O. x africanum* (Страсбург, Франция); *O. basilicum* var. *thrysiflorum* (Германия); *O. basilicum* var. *purpurascens* (г. Сыктывкар, Россия).

Климатические условия района интродукции (г. Уфа, Башкирское Предуралье):

- среднегодовая температура воздуха составляет +3,7°C;
- сумма осадков – 590 мм;
- отрицательные средние месячные температуры – 5 мес. в году;
- средняя январская температура –14,5°C;
- абсолютный минимум – 55°C;
- средняя температура июля составляет 19°C;
- абсолютный максимум достигает 40°C;
- безморозный период в среднем составляет 135 дней.

Город находится в переходных условиях: от достаточного к недостаточному увлажнению, максимальное количество осадков выпадает в начале июля, минимум – в марте. Снежный покров устанавливается в ноябре и держится в среднем 155 сут. [3].

Изучение трех представителей рода *Ocimum* выполнено согласно методическим рекомендациям для ботанических садов [6, 7, 9, 10]. Изучение проводилось на 15 модельных растениях каждого таксона базилика. Растения высаживались на участке рядами по схеме 25 × 30 см.

O. x africanum Lour. – гибрид между *O. basilicum* (базилик душистый) и *O. americanum* (базилик американский). Представляет собой травянистое однолетнее растение высотой до 40 см, обладающее ярко выраженным лимонным запахом. Стебель слабоопушенный, листья овальные серо-зеленые, мельче, чем у остальных разновидностей базилика, цветки белые. Этот базилик широко распространен в культуре

в странах северо-восточной Африки, Южной Азии в качестве приправы, эфирное масло используют как дезинфицирующее и дезодорирующее средство, является природным антиоксидантом. Благодаря наличию у этого гибрида лимонного аромата, растения могут быть рекомендованы к использованию в качестве ароматических растений в садах и огородах [1, 12].

O. basilicum var. *thyrsiflorum* – разновидность базилика, достигающая до 50 см высоты, стебли у растений прямые зеленые с фиолетовым оттенком, опушенные, несут округло-яйцевидные соцветия с белыми цветками. Этот базилик имеет аромат гвоздики. Поскольку в основном он широко культивируется в Тайланде, его называют тайским базиликом, где он используется в кулинарии (в сочетаниях с морепродуктами, свининой, курицей, и соусами карри) [11, 13].

O. basilicum var. *purpurascens* – все растения отличаются фиолетовым цветом, имеет сильно опушенные стебли (до 40 см высоты) и листья, цветки фиолетовые [4, 8].

Результаты и их обсуждение

Изученные три таксона базилика выращены нами из семян, посеяны в третьей декаде марта в условиях зимней теплицы, всходы появились через 4–7 дней. В открытый грунт на коллекционный участок растения высажены во второй декаде мая.

При оценке успешности интродукции растений в определенных условиях их важным показателем является прохождение полного жизненного цикла развития. Наступление основных фаз таксонов растений подчинено конкретным климатическим особенностям новых мест произрастания.

Изучены особенности развития исследованных таксонов базилика в условиях Южно-Уральского ботанического сада и установлены календарные даты основных фаз. Выявлено, что наступление основных фаз развития у изученных базиликов является различным. Фаза бутонизации у *O. x africanum* отмечена 15.06, у *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* – 20.06, у *O. basilicum* var. *purpurascens* – 17.07. Период массового цветения у *O. x africanum* и *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* – 30.06, у *O. basilicum* var. *purpurascens* – 30.07. Продолжительность цветения у изученных таксонов в среднем составляет 38 дней. Начало созревания семян у *O. x africanum* и *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* отмечено 05.09, у *O. basilicum* var. *purpurascens* – 15.09.

Показатели исследования морфометрических признаков трех таксонов базилика отражены в таблице.

Согласно табличным данным по таким морфометрическим параметрам, как высота растения, толщина побега, число и длина соцветия, число побегов II порядка, наибольшими значениями отличается *O. basilicum* var. *thyrsiflorum*. Самые крупные листья образуются у *O. basilicum* var. *purpurascens*, также у него наибольшие показатели длины цветка. Самый низкорослый *O. x africanum* отличается узкими листьями и соцветиями с мелкими цветками.

Было установлено, что большинство морфометрических параметров характеризуется нормальной степенью варьирования (C_v -5,2–38,0%). Такие признаки, как высота растения, число побегов I порядка, ширина листа, число цветков в мутовке, число мутовок в соцветии и длина цветка, характеризуются небольшим варьированием (C_v -0,0–4,8%).

Был проведен анализ семенной продуктивности трех изученных таксонов базилика. У *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* потенциальная семенная продуктивность (ПСП) соцветия составляет $459,9 \pm 4,98$ шт., реальная семенная продуктивность (РСП) – $183,3 \pm 14,88$ шт., у *O. basilicum* var. *purpurascens* показатели ПСП и РСП составляют $202,0 \pm 22,18$ и $84,9 \pm 9,53$ шт. соответственно, у *O. x africanum* – ПСП и РСП составляют

370,9±2,18 и 139,9±5,22 шт. соответственно. Масса 100 шт. семян у *O. x africanum* составляет 0,2 г, у *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* – 0,15 г, у *O. basilicum* var. *purpurascens* – 0,21 г. В условиях Башкирского Предуралья биомасса одного растения *O. x africanum* составляет в среднем 75 г, у *O. basilicum* var. *purpurascens* – 91 г, у *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* – 110 г.

Таблица

Морфологические признаки трех представителей базилика

Параметры	<i>O. x africanum</i>		<i>O. basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>		<i>O. basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i>	
	M±m	C _v , %	M±m	C _v , %	M±m	C _v , %
Высота растения, см	30,9±1,18	10,2	34,1±0,67	5,2	45,3±0,52	3,0
Число побегов I порядка, шт.	3,0±0,22	19,2	2,6±0,20	2,8	1,3±0,18	38,0
Число побегов II порядка, шт.	8,7±0,52	15,8	11,4±0,20	4,7	13,4±0,53	10,4
Толщина побега I порядка, см	0,4±0,01	7,2	0,3±0,01	6,5	0,7±0,02	6,7
Толщина побега II порядка, см	0,2±0,01	12,0	0,2±0,01	13,1	0,3±0,01	11,3
Длина листа, см	4,5±0,12	6,9	6,7±0,13	5,3	4,5±0,12	7,2
Ширина листа, см	1,9±0,03	4,0	2,9±0,10	8,8	2,1±0,03	3,6
Число соцветий, шт.	59,4±1,19	5,3	32,7±0,87	7,0	69,4±1,36	5,2
Длина соцветия, см	14,9±0,56	10,0	7,5±0,33	11,7	17,4±0,44	6,7
Ширина соцветия, см	2,2±0,08	9,2	2,4±0,05	5,9	2,4±0,06	6,6
Число мутовок в соцветии, шт.	12,7±0,36	7,5	10,6±0,57	14,3	17,0±0,31	4,8
Число цветков в мутовке, шт.	6,0±0,00	0,0	6,0±0,00	0,0	6,0±0,00	0,0
Длина цветка, см	0,7±0,02	7,2	1,5±0,15	19,2	1,1±0,02	4,7
Ширина цветка, см	0,5±0,02	9,2	0,4±0,03	16,3	0,5±0,03	9,2

Примечание. М – среднее значение параметра; m – ошибка среднего значения параметра; C_v – коэффициент вариации.

Выводы

По результатам интродукционного исследования трех представителей базилика: *O. x africanum*, *O. basilicum* var. *purpurascens*, *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* – в условиях Башкирского Предуралья (г. Уфа) выявлено, что они проходят полный цикл жизненного развития включая образование полноценных семян. Растения хорошо растут, развиваются, формируют хорошо развитую надземную массу. Изученные таксоны базилика могут широко использоваться для создания пряных ароматных садов, применяться в качестве лекарственного сырья и в кулинарии как приправа.

Работа выполнена по теме ЮУБСИ УФИЦ РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» в рамках государственного задания на 2022 г. УФИЦ РАН № 075–03–2022–001 от 14.01.2022 г.

Библиографический список

1. Алексеева Е.В., Козлова В.А., Чередниченко М.Ю. Получение асептических растений и индукция каллусогенеза в культуре *in vitro* базилика лимонного (*Ocimum × africanum* Lour.) сорта лимонные дольки // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии: Сборник тезисов докладов XX Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева. – Москва, 2020. – С. 53–54.
2. Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Опыт культивирования базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) в Башкирском Предуралье // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Естественные науки». – 2012. – № 3 (122). – С. 74–77.
3. Атлас Республики Башкортостан. – Уфа: Изд-во Башкортостан, 2005. – 420 с.
4. Величко К.А., Попов И.В. *Ocimum basilicum* L. в мировой культуре (краткий обзор) // 90 лет – от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы: Сборник материалов юбилейной Международной научной конференции. – Москва, 2021. – С. 20–28.
5. Воронина Е.П., Горбунов Ю.Н., Горбунова Е.О. Новые ароматические растения для Нечерноземья. – М.: Наука, 2001. – 173 с.
6. Догадина М.А. Новое в методике декоративных растений // Аграрная наука – основа инновационного развития растениеводства: Материалы Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов. – Орел, 2020. – С. 56–59.
7. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике: Учебник. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
8. Кисничан Л. Некоторые результаты селекции базилика (*Ocimum basilicum* L.) в условиях Республики Молдова // Овощи России. – 2019. – № 3 (47). – С. 18–20.
9. Минин А.А. Рекомендации по унификации фенологических наблюдений в России / А.А. Минин, А.А. Ананин, Ю.А. Буйволов, Е.Г. Ларин, П.А. Лебедев, Н.В. Поликарпова, И.В. Прокошева, М.И. Руденко, И.И. Сапельникова, В.Г. Федотова, Е.А. Шуйская, М.В. Яковлева, О.В. Янцер // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2020. – Т. 5, № 4. – С. 89–110.
10. Черемушкина В.А., Барсукова И.Н. Ритм сезонного развития и малый жизненный цикл *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) в Хакасии // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 94–108.
11. Boveiri Dehsheikh A. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of thai basil as response to biofertilizers and humic acid / A. Boveiri Dehsheikh M. Mahmoodi Sourestani M. Zolfaghari, N. Enayatizamir // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 256. – P. 120439.
12. Majdi C. Phytochemical characterization and bioactive properties of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* cv. 'cinnamon') and lemon basil (*Ocimum x citriodorum*) / C. Majdi, C. Pereira, M.I. Dias, R.C. Calhelha, M.J. Alves, B. Frih, L. Barros, J.S. Amaral I.C.F.R. Ferreira Z. Charrouf // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9, № 5. – P. 369.
13. Tangpao T., Sommano S.R., Chung H.H. Aromatic profiles of essential oils from five commonly used thai basil // Foods. – 2018. – Vol. 7, № 11. – P. 175.

BIOLOGICAL FEATURES OF SOME REPRESENTATIVES OF THE *OCIMUM* GENUS IN THE BASHKIR CIS-URALS

I.E. ANISHCHENKO, O.YU. ZHIGUNOV

(South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences)

This paper presents the results of an introductory study of three representatives of aromatic plants from the Ocimum genus: O. x africanum, O. basilicum var. purpurascens, O. basilicum var. thyrsiflora. The peculiarities of the main phenological phases, biomorphological and reproductive indicators are studied, the information on agrotechnics of basil cultivation in culture in the Bashkir Cis-Urals (Ufa) is given. The studies of the biological features of the above basil taxa were carried out in 2021–22. in the South Ural Botanical Garden-Institute of the UFRC RAS at the collection site of aromatic plants (Aromatic Garden). It has been established that under conditions of introduction in the Bashkir Cis-Urals, basil taxa undergo a complete cycle of life development, including the formation of full-fledged seeds. Plants grow perfectly, develop, form a well-developed aboveground mass. The studied basil taxa can be widely used to create aromatic gardens, used as medicinal raw materials and in cooking as a spice.

Key words: genus *Ocimum*, basil, aromatic plants, taxon, phenology, morphometric and reproductive indices.

References

1. Alekseeva E.V., Kozlova V.A., Cherednichenko M.Yu. Poluchenie asepticheskikh rasteniy i induktsiya kallusogeneza v kul'ture in vitro bazilika limonnogo (*Ocimum*×*africanum* Lour.) sorta limonnye dol'ki [Preparation of aseptic plants and induction of callusogenesis in an in vitro culture of lemon wedge basil (*Ocimum*×*africanum* Lour.) variety]. V kn.: “Biotekhnologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i sel'skokhozyaystvennoy mikrobiologii”. Sb. tezisov dokladov XX Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy pamyati akademika RASKhN Georgiya Sergeevicha Muromtseva. Moskva. 2020: 53–54. (In Rus.)
2. Anishchenko I.E., Zhigunov O.Yu. Opyt kul'tivirovaniya bazilika obyknovennogo (*Ocimum basilicum* L.) v Bashkirskom Predural'e [Experience of cultivation of *Ocimum basilicum* L. in the Bashkir Cis-Urals]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2012; 3(122): 74–77. (In Rus.)
3. Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Izd-vo Bashkortostan, 2005: 420. (In Rus.)
4. Velichko K.A., Popov I.V. *Ocimum basilicum* L. v mirovoy kul'ture (kratkiy obzor) [*Ocimum basilicum* L. in world culture (brief review)]. Moskva: Sb. mater. yubileynoy mezhd. nauchnoy konferentsii “90 let – ot rasteniya do lekarstvennogo preparata: dostizheniya i perspektivy”. 2021: 20–28. (In Rus.)
5. Voronina E.P., Gorbunov Yu.N., Gorbunova E.O. Novye aromatische rastiya dlya Nechernozem'ya [New aromatic plants for the Non-Black Earth Region]. M.: Nauka, 2001: 173. (In Rus.)
6. Dogadina M.A. Novoe v metodike dekorativnykh rasteniy [New points in the method of ornamental plants]. Agrarnaya nauka – osnova innovatsionnogo razvitiya rastenievodstva. Materialy Natsional'noy (Vserossiyskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov, molodykh uchenykh i spetsialistov. Orel. 2020: 56–59. (In Rus.)

7. Zaytsev G.N. Matematika v eksperimental'noy botanike [Mathematics in experimental botany]. M.: Nauka, 1990: 296. (In Rus.)
8. Kisnichan L. Nekotorye rezul'taty selektsii bazilika (*Ocimum basilicum* L.) v usloviyakh Respubliki Moldova [Some results of basil selection (*Ocimum basilicum* L.) under the conditions of the Republic of Moldova]. Ovoshchi Rossii. 2019; 3 (47): 18–20. (In Rus.)
9. Minin A.A., Ananin A.A., Buyvolov Yu.A., Larin E.G., Lebedev P.A., Polikarpova N.V., Prokosheva I.V., Rudenko M.I., Sapel'nikova I.I., Fedotova V.G., Shuyskaya E.A., Yakovleva M.V., Yantser O.V. Rekomendatsii po unifikatsii fenologicheskikh nablyudeniy v Rossii [Recommendations for unification of phenological observations in Russia]. Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka. 2020; 5; 4: 89–110. (In Rus.)
10. Cheremushkina V.A., Barsukova I.N. Ritm sezonnogo razvitiya i maliy zhiznennyi tsikl *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) v Khakassii [Rhythm of seasonal development and small life cycle of *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) in Hacassia]. Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya Biologiya. 2020; 13; 1: 94–108. (In Rus.)
11. Boveiri Dehsheikh A., Mahmoodi Sourestani M., Zolfaghari M., Enayatizamir N. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of thai basil as response to biofertilizers and humic acid. Journal of Cleaner Production. 2020; 256: 120439.
12. Majdi C., Pereira C., Dias M.I., Calhelha R.C., Alves M.J., Frih B., Barros L., Amaral J.S., Ferreira I.C.F.R., Charrouf Z. Phytochemical characterization and bioactive properties of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* cv. 'cinnamon') and lemon basil (*Ocimum x citriodorum*). Antioxidants. 2020; 9; 5: 369.
13. Tangpao T., Sommano S.R., Chung H.H. Aromatic profiles of essential oils from five commonly used thai basils. Foods. 2018; 7; 11: 175.

Анищенко Ирина Евгеньевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: irina6106@mail.ru; тел.:(347) 286–12–55

Жигунов Олег Юрьевич, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: zhigunov2007@yandex.ru; тел.:(347) 286–12–55

Irina E. Anishchenko, CSc (Bio), Leading Research Associate of the Laboratory of Wild Flora and Herbaceous Plant Introduction, South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendelev Str., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–55; E-mail: irina6106@mail.ru)

Oleg Yu. Zhigunov, CSc (Bio), Senior Research Associate of the Laboratory of Wild Flora and Herbaceous Plant Introduction, South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendelev Str., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–55; E-mail: zhigunov2007@yandex.ru)

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИЗ СЕМЯН И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РЕДКОГО ЭНДЕМА СРЕДНЕЙ АЗИИ *ALLIUM BACKHOUSIANUM* REGEL

Л.А. ТУХВАТУЛЛИНА

(Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского
федерального исследовательского центра Российской академии наук)

Приведены результаты интродукционного изучения *Allium backhousianum* Regel: особенностей развития из семян, фенологии, морфометрии, репродуктивности и размножения. Редкое эндемичное растение Узбекистана произрастает в среднем поясе гор Средней Азии. Прегенеративный период составляет 7–8 лет. По феноритмотипу – коротковегетирующий, весенне-раннелетнецветущий эфемероид. Цветение ежегодное, происходит в основном в 3-й декаде мая. Фаза цветения особи по годам составляет 8–15 дней. Семена созревают в июле. Период от начала отрастания до полного созревания семян по годам в среднем составляет 88–92 дня. Вегетация длится 2,5–3,0 мес. Средние показатели морфометрических параметров лука Бакхауза в молодом генеративном возрасте за годы исследования: высота стебля составляет $89,0 \pm 7,18$ см (71,7–106,7 см); толщина стебля – $0,8 \pm 0,07$ см (0,7–1,0 см); длина листа – $25,0 \pm 1,95$ см (19,6–28,5 см); ширина листа – $7,2 \pm 0,34$ см (6,5–8,1 см); диаметр соцветия – $6,48 \pm 0,70$ см (4,5–7,5 см), высота соцветия – $4,4 \pm 0,57$ см (3,56,0); диаметр цветка – $1,9 \pm 0,02$ см (1,9–2,0 см). Средние репродуктивные показатели: число цветков составляет $117,9 \pm 16,08$ шт. (90,7–164,4 шт.); число плодов – $70,9 \pm 9,65$ шт. (55,3–95,0 шт.); плодообразование – 62% (47–85%); реальная семенная продуктивность – $220 \pm 61,19$ шт. семян (124,6–381,2 шт.); число семян в плоде – $3,0 \pm 0,62$ шт. (2,2–4,8 шт.); семенификация плода – 48,6% (37,5–76,2%); потенциальная семенная продуктивность – $707,6 \pm 96,4$ шт. семян (544,0–986,4 шт.); коэффициент продуктивности – 29,3% (19,6–37,7%). Реальная семенная продуктивность лука Бакхауза удовлетворительная, потенциальные возможности реализуются в среднем на 29%. Размножение семенное, масса 1000 семян составляет 5,4 г.

Ключевые слова: род *Allium* L., *A. backhousianum*, морфометрические показатели, сезонный ритм, цветение, семенная продуктивность

Введение

Род *Allium* L. (лук) – один из крупных родов сосудистых растений Северного полушария. В соответствии с современной классификацией цветковых растений он рассматривается в семействе Amaryllidaceae J. St. – Hil. и насчитывает около 1000 видов [20, 21]. Почти 1/3 их произрастает в горной Средней Азии, крупнейшем мировом центре разнообразия луков. Только в горах Тянь-Шаня, отличающихся высоким уровнем эндемизма, в числе 16 крупных родов упоминается род *Allium* с 56 тянь-шанскими эндемиками [5, 19].

Интродукция видов рода *Allium*, известного многими полезными растениями: пищевыми, лекарственными, декоративными и кормовыми, а также редкими видами, нуждающимися в охране, – актуальна также в связи с принадлежностью видов этого рода диким родичам культурных растений [8, 13].

Изучение биологии, ресурсных качеств, размножения их в культуре позволяет рекомендовать наиболее устойчивые виды в более широкую культуру, а также для использования в селекционных целях [16].

В настоящее время род *Allium* в коллекционном фонде Южно-Уральского ботанического сада-института включает в себя более 100 таксонов: 90 видов, ряд образцов и форм лука. В коллекции 7 видов, включены в Красную книгу Республики Башкортостан [9], 35 редких видов других регионов бывшего СССР, 2 редких вида Красной книги РФ [11], 20 эндемичных видов Средней Азии.

На базе коллекции проводятся исследования биологических особенностей (сезонного ритма роста и развития, хозяйственно-полезных и декоративных качеств, семенной продуктивности, размножения, культивирования *in vitro*) [1]. Изучается биохимический состав интродуцентов. Особое значение придается культивированию редких луков как одному из методов сохранения их биоразнообразия. На этой основе возможна реинтродукция их в природные местообитания [14, 15, 17].

Цель исследований: изучить в условиях интродукции лук Бакхауза: особенности развития из семян, фенологии, морфологии, репродуктивности, размножения, устойчивости и перспективности в культуре.

Лук Бакхауза представляет значительный интерес как редкий вид и как ранне-летнецветущее декоративное растение.

Материал и методика исследований

Работа по интродукции *A. backhousianum* проводилась на коллекционном участке Южно-Уральского ботанического сада-института. Интродукционному изучению подвергались растения, выращенные из семян, полученные по делектусному обмену из Тарту (2011 г.).

При ботанических исследованиях (фенология, морфометрия, репродуктивность, устойчивость) использованы методики [2–4, 6, 12]. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики [7].

Результаты и их обсуждение

Allium backhousianum Regel (лук Бакхауза) – травянистый луковичный многолетник. Редкое эндемичное растение Узбекистана произрастает в среднем поясе гор – Средней Азии: Памиро-Алай (Алайский хр.), Тянь-Шань (Ферганский хр.) [10].

Морфологическое описание: луковица яйцевидно-шаровидная, 3–5 см толщины, с черноватыми оболочками; стебель мощный, 90–150 см высоты, гладкий; листья в количестве 5–6 ремневидные, 4–8 см ширины, значительно короче стебля; чехол коротко заостренный, в 1,5 раза короче зонтика. Зонтик шаровидный, многоцветковый, густой; цветоножки неравные, внутренние в 1,5 раза более длинные, в 2–3 раза длиннее околоцветника; листочки звездчатого околоцветника белые с зеленой жилкой, 11 мм длины, нитевидно-линейные, от основания к верхушке постепенно суженные, позднее вниз отогнутые, скрученные; нити тычинок немного короче листочков околоцветника, шиловидные; завязь сидячая, шероховатая; коробочка шаровидная, около 6 мм в диаметре [18].

Особенности развития из семян: посев семян лука Бакхауза производили под зиму в 2011 г. в количестве 30 шт. в открытый грунт *endemic*. Всходы лука появились на следующий год весной, во второй декаде апреля (22.04) в количестве 17 растений. В анализ включено 15 особей.

В первый год жизни растения образуют 1 нитевидный лист длиной до 4–6 см и луковицу диаметром до 0,4–0,5 см, вегетация их продолжается до 25 дней.

Число листьев лука Бакхауза зависит от возраста особей (от 1 до 6 шт.). До генеративного периода исследуемый лук образует только 1 лист.

Прегенеративный период составляет 7–8 лет.

На 2–3 годы жизни длина листьев составляет 12–17 см, ширина – 0,8–1,0 см, диаметр луковицы – 10 мм. На 4–5 годы вегетации диаметр луковицы увеличивается до 1,0–2,0 см, длина листьев – до 14–19 см, ширина – 1,2–2,3 см. На 6–7 годы жизни луковица укрупняется до 2,0–2,5 см, длина листьев – до 15–25 см, ширина – до 3–5,5 см.

На 8-й год вегетации лук Бакхауза вступает в генеративное состояние. В первый год генерации исследуемый лук образует мало цветущих растений, массово начинают цвести со 2 года генерации.

Цветущие растения первый год генерации имеют по 3 листа длиной 21–27 см, шириной 5,5–9,0 см, толщина луковицы составляет 3,0–4,0 см, высота цветоноса – 64–77 см, толщина их – 0,6–0,8 см.

Сезонный ритм развития: по фенологическим наблюдениям в условиях Башкирского Предуралья лук Бакхауза ежегодно проходит полный цикл развития побегов и формирует полноценные семена. Фенологический ритм развития устойчивый. По феноритмотипу он относится к коротковегетирующим, весенне-раннелетнецветущим эфемероидам, то есть для него характерны быстрое завершение сезонного развития в наиболее благоприятное весенне-раннелетнее время и отмирание надземного побега до наступления летней засухи.

Вегетация лука Бакхауза начинается во 2-й декаде апреля (табл. 1). Появление цветоноса наблюдается в конце апреля-начале мая. Фаза бутонизации приходится на май. Цветение данного лука ежегодное, и оно происходит в основном в 3-й декаде мая.

Самое раннее цветение наблюдалось в 2021 г. (15 мая). Растения массово начинают цвести на 5–6 сутки. Фаза цветения особи по годам составляет 8–15 дней. В 2021 г. (засушливом) лук Бакхауза отличался более коротким периодом цветения (8 дней). В фазу массового цветения листья начинают желтеть, в фазу плодоношения – отмирают. Семена созревают в июле. Раннее созревание происходило в 2021 г. (в 3-й декаде июня). Созревание семян происходит в сжатые сроки. Период от начала отрастания до полного созревания семян по годам в среднем составляет 88–92 дня. В 2021 г. период от отрастания до созревания семян был очень коротким и составил 72–77 дней. Вегетировать лук Бакхауза прекращает в фазе плодоношения, семена дозревают на сухих цветоносах. Вегетация лука Бакхауза длится 2,5–3,0 мес.

Таблица 1

Фенологические данные *A. backhousianum* (2019–2022 гг.)

Фенофазы	2019	2020	2021	2022
Начало весеннего отрастания	12.04	14.04	15.04	13.04
Начало отрастания цветоноса	03.05	24.04	20.04	20.04
Начало раскрытия чехлика	18.05	16.05	14.05	24.05
Начало цветения	22.05	24.05	15.05	27.05
Конец цветения	03.06	04.06	22.05	12.06
Начало созревания семян	15.07	08.07	25.06	19.07
Конец созревания семян	20.07	13.07	30.06	23.07
Период от отрастания до полного созревания семян, дней	95–100	86–91	72–77	98–102
Продолжительность цветения, дней	13	12	8	15

Морфометрические параметры генеративных особей *A. backhousianum* по годам цветения представлены в таблице 2.

Из таблицы следует, что средние значения морфометрических параметров в молодом генеративном возрасте лука Бакхауза увеличиваются с его возрастом. Только в третьем году цветения некоторые параметры (длина и ширина листа, диаметр соцветия) по сравнению с предыдущим годом снижаются, так как 2021 год был очень засушливым.

Средние морфометрические параметры Лука Бакхауза в молодом генеративном возрасте за годы исследования (2019–2022 гг.) таковы: высота стебля составляет $89,0 \pm 7,18$ см (71,7–106,7 см); толщина стебля – $0,8 \pm 0,07$ см (0,7–1,0 см); длина листа – $25,0 \pm 1,95$ см (19,6–28,5 см); ширина листа – $7,2 \pm 0,34$ см (6,5–8,1 см); диаметр соцветия – $6,48 \pm 0,70$ см (4,5–7,5 см); высота соцветия – $4,4 \pm 0,57$ см (3,5–6,0); диаметр цветка – $1,9 \pm 0,02$ см (1,9–2,0 см).

Регулярность плодоношения и жизнеспособность семян, производимых растением, определяют выживаемость видов. Качественные показатели семенной продуктивности растений – один из важнейших критериев успешности интродукции.

Анализируя данные таблицы 3, можно констатировать, что у молодых генеративных особей лука Бакхауза наблюдается следующая тенденция: с увеличением их возраста повышаются отдельные репродуктивные показатели, но это также зависит от конкретных метеоусловий года.

Таблица 2

**Морфометрические параметры *A. backhousianum*
в молодом генеративном возрасте**

Параметры	Годы цветения							
	1-й год (2019)		2-й год (2020)		3-й год (2021)		4-й год (2022)	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Высота стрелки, см	71,7 ±4,33	10,5	87,0 ±7,02	13,9	90,3 ±3,71	7,12	106,7 ±4,39	8,8
Толщина стебля, см	0,7 ±0,03	8,6	0,8 ±0,02	3,5	0,8 ±0,02	4,6	1,05 ±0,03	10,8
Длина листа, см	19,6 ±1,21	17,7	27,0 ±0,79	6,5	24,3 ±0,70	7,1	28,5 ±1,52	15,1
Ширина листа, см	6,5 ±0,24	9,8	7,4 ±0,42	12,7	6,9 ±0,28	11,1	8,1 ±0,59	21,9
Диаметр соцветия, см	4,5 ±0,29	11,1	7,4 ±0,33	8,9	6,5 ±0,12	2,7	7,5 ±0,22	6,67
Высота соцветия, см	3,5 ±0,32	15,6	4,2 ±0,03	1,7	3,8 ±0,17	7,5	6,05 ±0,28	11,4
Диаметр цветка, см	1,9 ±0,04	4,3	1,9 ±0,02	2,6	1,9 ±0,02	3,2	2,0 ±0,02	2,1

Примечание. М – среднее значение параметра; m – ошибка среднего; Cv – коэффициент вариации, %.

**Показатели семенной продуктивности *A. backhousianum*
в молодом генеративном возрасте**

Продуктивность одного соцветия	1-й год цветения (2019)	2-й год цветения (2020)	3-й год цветения (2021)	4-й год цветения (2022)
Число цветков, шт.	90,7±1,76	111,0±7,51	105,6±8,01	164,4±11,24
Число плодов, шт.	55,3±2,85	95,0±5,57	55,3±3,28	78,0±11,53
Плодоцветение, %	60,9±1,97	85,8±3,48	52,5±1,83	47,0±5,29
Реальная семенная продуктивность, шт.	125,0±7,01	248,6±38,80	124,6±9,53	381,2±77,24
Число семян в плоде, шт.	2,2±0,07	2,6±0,33	2,2±0,08	4,8±0,54
Семенификация плода, %	37,5±1,17	43,3±5,42	37,6±1,39	76,2±10,10
Потенциальная семенная продуктивность, шт.	544,0±10,58	666,0±45,03	634,0±48,04	986,4±67,45
Коэффициент продуктивности, %	22,9±0,88	36,9±3,29	19,6±0,03	37,7±6,47

Продуктивность семян снизилась в засушливом 2021 году, когда все репродуктивные параметры были более низкими: число плодов меньше по сравнению с 2020 г. в 1,7 раза, плодообразование – на 33,3%, реальная семенная продуктивность – в 2 раза. В 2022 г. весна была дождливой и прохладной, поэтому некоторые репродуктивные показатели тоже были низкими по сравнению с 2020 г.: число плодов меньше в 1,2 раза, плодообразование – на 38,5%.

Средние репродуктивные показатели лука Бакхауза в молодом генеративном возрасте за годы изучения таковы: число цветков составляет 117,9±16,08 шт. (90,7–164,4 шт.); число плодов – 70,9±9,65 шт. (55,3–95,0 шт.); плодоцветение – 62% (47–85%); реальная семенная продуктивность – 220±61,19 шт. семян (124,6–381,2 шт.); число семян в плоде – 3,0±0,62 шт. (2,2–4,8 шт.); семенификация плода – 48,6% (37,5–76,2%); потенциальная семенная продуктивность – 707,6±96,4 шт. семян (544,0–986,4 шт.); коэффициент продуктивности – 29,3% (19,6–37,7%).

Реальная семенная продуктивность лука Бакхауза является удовлетворительной, потенциальные возможности реализуются в среднем на 29%.

Размножается лук Бакхауза семенами, масса 1000 семян составляет 5,4 г. Грунтовая всхожесть семян – 87%. За годы изучения (2012–2022) данный вид лука оказался зимостойким, устойчивым растением.

Выводы

Изученный редкий вид Средней Азии рода *Allium* L. *A. backhousianum* в условиях выращивания в Башкирском Предуралье (в лесостепной зоне) оказался устойчивым. Размножается семенами, цветение происходит через 7–8 лет. В молодом генеративном возрасте образует полноценные семена абсолютным весом 5,4 г, грунтовой всхожестью 87%. Реальная семенная продуктивность – удовлетворительная (220±61,19 шт.

семян). Заслуживает внимания как редкий вид и как декоративное весенне- раннелетнецветущее растение. По оценке интродукционной устойчивости относится к группе перспективных растений (сумма баллов – 17).

Работа выполнена по теме ЮУБСИ УФИЦ РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» в рамках государственного задания на 2022 г. УФИЦ РАН № 075–03–2022–001 от 14.01.2022 г.

Библиографический список

1. Ахметова А.Ш., Зарипова А.А., Тухватуллина Л.А. Особенности регенерации и размножения *Allium neriniflorum* (Herb.) Backer in vitro // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2019. – 29 (2). – С. 17–24.
2. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1974. – С. 40–46.
3. Былов В.Н., Карпионов Р.А. Принципы создания и изучения коллекции малораспространенных декоративных многолетников // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. – 1978. – Вып. 107. – С. 77–82.
4. Вайнагий И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.
5. Гемеджиева Н.Г., Токенова А.М., Фризен Н.В. Обзор современного состояния и перспективы изучения казахстанских видов рода *Allium* L. // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2021. – № 20 (1). – 97–101.
6. Голубев В.Н. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи: М. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета. – 1962. – 511 с.
7. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике: М. – М.: Наука, 1990. – 256 с.
8. Каталог мировой коллекции ВИР. – Вып. 766. Дикie родичи культурных растений России. – Санкт-Петербург: ВИР, 2005.
9. Красная книга Республики Башкортостан. – Уфа: Медиа Принт, 2011. – 384 с.
10. Красная книга Республики Узбекистан. – Т. 1. Растения. Ташкент. – 2019. – 356 с.
11. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Отв. ред. Н.В. Бардунов, В.С. Новиков. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
12. Методические указания по изучению коллекции многолетних кормовых трав [Текст] / ВАСХНИЛ, Всесоюз. НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова; [Сост.: д.с.-х.н., проф. П.А. Лубенец, д.с.-х.н. А.И. Иванов, к.с.-х.н. Ю.И. Кириллов и др.]. – Ленинград: ВИР, 1979. – 42 с.; 20 см.
13. Мифтахова С.Р., Абрамова Л.М. Редкие виды диких родичей культурных растений Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – № 16–1. – С. 66–68.
14. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Биологические особенности редкого вида *Allium grande* Lipsky в Башкирском Предуралье // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 23–28.
15. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Биохимический состав листьев у дикорастущих луков в Республике Башкортостан // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 3. – С. 109–113.
16. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. К биологии и биохимии *Allium obliquum* L. в Башкирском Предуралье // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 8. – С. 19–26.

17. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М., Мустафина А.Н. Экология и биология *Allium flavescens* (Alliaceae) в природе и условиях культуры // Экосистемы. – 2019. – № 19. – С. 71–77.
18. Флора Европейской части СССР. – Т. IV. – Л.: Наука, 1979. – С. 261–276.
19. An Annotated Checklist of Endemic Vascular Plants of the Tian-Shan Mountains in Central Asian Countries // Phytotaxa. – 2020. – № 464(2). DOI: 10.11646/phytotaxa.464.2.1.
20. Govaerts R., Kington S., Friesen N., Fritsch R., Snijman D.A., Marcucci R., Silverstone-Sopkin P.A., Brullo S. World checklist of Amaryllidaceae. – 2005–2020.
21. Seregin A., Anackov G., Friesen N. Molecular and morphological revision of the *Allium saxatile* group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation // *Botanical Journal of the Linnean Society*. – 2015. – № 178 (1). – Pp. 67–101.

DEVELOPMENT FEATURES FROM SEEDS AND SEED PRODUCTIVITY OF THE RARE CENTRAL ASIAN ENDEMIC SPECIES *ALLIUM BACKHOUSIANUM* REGEL

L.A. TUKHVATULLINA

(South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences)

The article presents the results of an introductory study of Allium backhousianum Regel: development features from seeds, phenology, morphometry, reproductivity and reproduction. This rare endemic plant of Uzbekistan grows in the middle belt of the mountains of Central Asia. The pregenerative period is 7–8 years. According to the phenorythmotype, it is a short-tagging, spring-early-lethally flowering ephemeroid. Flowering is annual, taking place mainly in the 3rd decade of May. The flowering phase is 8–15 days. The seeds ripen in July. The period from the beginning of re-growth to the complete ripening of seeds averages 88–92 days. The vegetation lasts 2.5–3.0 months. Mean rates of A. backhousianum morphometric parameters at young generative age over the study years are the following: stem height – 89.0 ± 7.18 cm (71.7–106.7 cm), stem thickness – 0.8 ± 0.07 cm (0.7–1.0 cm), leaf length – 25.0 ± 1.95 cm (19.6–28.5 cm), leaf width – 7.2 ± 0.34 cm (6.5–8.1 cm), inflorescence diameter – 6.48 ± 0.70 cm (4.5–7.5 cm), inflorescence height – $4.4 \pm .57$ cm (3.5–6.0), flower diameter – 1.9 ± 0.02 cm (1.9–2.0 cm). Average reproductive indicator are the following: the number of flowers – 117.9 ± 16.08 pcs. (90.7–164.4 pcs.), the number of fruits – 70.9 ± 9.65 pcs. (55.3–95.0 pcs.), fruiting – 62% (47–85%), real seed productivity – 220 ± 61.19 pcs. (124.6–381.2 pcs.), number of seeds in the fruit – 3.0 ± 0.62 pcs. (2.2–4.8 pcs.), fetal semenification – 48.6% (37.5–76.2%), potential seed productivity – 707.6 ± 96.4 pcs. (544.0–986.4 pcs.), productivity coefficient – 29.3% (19.6–37.7%). The real seed productivity of A. backhousianum is satisfactory, potential opportunities are realized by an average of 29%. Propagation is seeded, mass of 1000 seeds is 5.4 g.

Key words: genus *Allium* L., *A. backhousianum*, morphometric indices, seasonal rhythm, flowering, seed productivity.

References

1. Akhmetova A.Sh., Zaripova A.A., Tukhvatullina L.A. Osobennosti regeneratsii i razmnzheniya *Allium neriniflorum* (Herb.) Backer in vitro [Features of regeneration and reproduction of *Allium neriniflorum* (Herb.) Backer in vitro]. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2019; 29(2): 17–24. (In Rus.)

2. *Beydeman I.N.* Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitel'nykh soobshchestv. [Methodology for studying the phenology of plants and plant communities]. Novosibirsk: Nauka. Sib. Otdelenie, 1974: 40–46. (In Rus.)
3. *Bylov V.N., Karpisonova R.A.* Printsipy sozdaniya i izucheniya kollektzii malorasprostranennykh dekorativnykh mnogoletnikov [Principles of creation and study of a collection of rare ornamental perennials]. Byul. Gl. botan. sada AN SSSR. 1978; 107: 77–82. (In Rus.)
4. *Vaynagiy I.V.* O metodike izucheniya semennoy produktivnosti rasteniy [On the method of studying the seed productivity of plants]. Botan. zhurn. 1974; 59; 6: 826–831. (In Rus.)
5. *Gemedzhieva N.G., Tokenova A.M., Frizen N.V.* Obzor sovremennogo sostoyaniya i perspektivy izucheniya kazakhstanskikh vidov roda *Allium* L. [Review of the current state and prospects for the study of Kazakh species of the genus *Allium* L.]. Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii. 2021; 20(1): 97–101. (In Rus.)
6. *Golubev V.N.* Osnovy biomorfologii travyanistyykh rasteniy tsentral'noy lesostepi [Fundamentals of biomorphology of herbaceous plants of the central forest-steppe]. Voronezh: Izd-vo Voronezh. un-ta, 1962: 511. (In Rus.)
7. *Zaytsev G.N.* Matematika v eksperimental'noy botanike [Mathematics in experimental botany]. M.: Nauka, 1990: 256. (In Rus.)
8. Katalog mirovoy kollektzii VIR. Vypusk 766. Dikie rodichi kul'turnykh rasteniy Rossii [Catalog of the world collection of VIR. Issue 766. Wild relatives of cultivated plants in Russia]. St. Petersburg: VIR; 2005. (In Rus.)
9. Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan [Red Book of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Media Print, 2011: 384.
10. Krasnaya kniga Respubliki Uzbekistan. T. 1. Rasteniya [Red Book of the Republic of Uzbekistan. Vol. 1. Plants]. Tashkent, 2019: 356. (In Rus.)
11. Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby) [Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Ed. by N.V. Bardunov, V.S. Novikov. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008: 855. (In Rus.)
12. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollektzii mnogoletnikh kormovykh trav [Guidelines for the study of the collection of perennial fodder grasses]. Leningrad, 1979. (In Rus.)
13. *Miftakhova S.R., Abramova L.M.* Redkie vidy dikikh rodichey kul'turnykh rasteniy Respubliki Bashkortostan [Rare species of wild relatives of cultivated plants of the Republic of Bashkortostan]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2014; 16; 1: 66–68. (In Rus.)
14. *Tukhvatullina L.A., Abramova L.M.* Biologicheskie osobennosti redkogo vida *Allium grande* Lipsky v Bashkirskom Predural'e [Biological features of the rare species *Allium grande* Lipsky in the Bashkir Cis-Urals]. Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2020; 134: 23–28. (In Rus.)
15. *Tukhvatullina L.A., Abramova L.M.* Biokhimicheskiy sostav list'ev u dikorastushchikh lukov v Respublike Bashkortostan [Biochemical composition of leaves in wild-growing onions in the Republic of Bashkortostan]. Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2012 b; 3: 109–113. (In Rus.)
16. *Tukhvatullina L.A., Abramova L.M.* K biologii i biokhimii *Allium obliquum* L. v Bashkirskom Predural'e [On the biology and biochemistry of *Allium obliquum* L. in the Bashkir Cis-Urals]. Vestnik KrasGAU. 2021; 8: 19–26. (In Rus.)
17. *Tukhvatullina L.A., Abramova L.M., Mustafina A.N.* Ekologiya i biologiya *Allium flavescens* (Alliaceae) v prirode i usloviyakh kul'tury [Ecology and biology of *Allium flavescens* (Alliaceae) in nature and culture]. Ekosistemy. 2019; 19: 71–77. (In Rus.)

18. Flora Evropeyskoy chasti SSSR. T. IV. [Flora of the European part of the USSR. V. IV]. L.: Nauka, 1979: 261–276. (In Rus.)
19. An Annotated Checklist of Endemic Vascular Plants of the Tian-Shan Mountains in Central Asian Countries. Phytotaxa. 2020; 464; 2. DOI: 10. 11646/ phytotaxa.464.2.1
20. Govaerts R., Kington S., Friesen N., Fritsch R., Snijman D.A., Marcucci R., Sil-verstone-Sopkin P.A., Brullo S. World checklist of Amaryllidaceae. 2005–2020.
21. Seregin A., Anackov G., Friesen N. Molecular and morphological revision of the *Allium saxatile* group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation. Botanical Journal of the Linnean Society. 2015. 178(1): 67–101.

Тухватуллина Ленвера Ахнафовна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: lenvera1@yandex.ru; тел.: (347) 286–12–55

Lenvera A. Thukhvatullina, CSc (Bio), Senior Research Associate of the Laboratory of Wild Flora and Herbaceous Plant Introduction, South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleev Str., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–55; E-mail: lenvera1@yandex.ru)

ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОРГАНОГЕНЕЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ИХ БИОПРЕПАРАТАМИ

О.В. ПАВЛОВА¹, Л.А. МАРЧЕНКОВА¹, Р.Ф. ЧАВДАРЬ¹, Т.Г. ОРЛОВА¹,
Н.Ю. ГАРМАШ¹, С.И. ЧЕБАНЕНКО², О.А. САВОСЬКИНА²

(¹ ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Приведены результаты лабораторных исследований по влиянию биопрепаратов Гумат 7+, Матрица роста, Экорост, Азотовит и Фосфатовит на посевные качества и ростовые параметры наземных и подземных органов растений сорта озимой пшеницы Немчиновская 57. В процессе исследований выявлено стимулирующее влияние изучаемых биологических соединений на начальные ростовые процессы проростков. Отмечено существенное ростостимулирующее воздействие на развитие корневой системы. Превышение по длине корешков в сравнении с контролем составило 0,7–21,0 мм (102–145%). Эффективность препаратов на увеличение линейных размеров наземных органов растений была ниже. Различия по длине ростков по сравнению с контрольным вариантом составили 0,9–3,5 мм (91–118%). Прибавка к контролю по массе 100 ростков составила 0–1,1 г. с максимальными показателями на вариантах Азотовит и Гумат 7+. Максимальный индекс эффективности отмечен у препарата Гумат 7+.

Ключевые слова: пшеница, биопрепараты, ростовые процессы, энергия прорастания, всхожесть, длина ростков, длина корневых волосков (корешков), масса ростков, масса корневых волосков (корешков)

Введение

В последние годы во всех странах мира проблемы органического земледелия привлекают к себе большое внимание исследователей ввиду перспектив получения экологически чистых продуктов питания и охраны окружающей среды. Такой интерес обусловлен стремительным развитием сельскохозяйственного производства и негативными экологическими последствиями применения химических веществ.

На фоне привлекательности решения данной проблемы ее практическая реализация в нашей стране происходит крайне медленно несмотря на то, что Россия имеет огромный потенциал для внедрения и использования органического сельского хозяйства. С его внедрением страна может выйти на качественно новый уровень, который позволит обеспечивать внутренние потребности в органической продукции и значительно увеличить возможности ее экспорта.

В системе органического земледелия особая роль отводится комплексной органической системе защиты растений и новым агротехнологиям, альтернативным применению химических препаратов, негативно влияющих на экосистему. Основными

элементами в таких технологиях являются биологические препараты, обладающие ростостимулирующим действием и положительно влияющие на рост и развитие растений. Их внедрение в производство позволяет получать высококачественную экологически чистую сельскохозяйственную продукцию и способствует снижению загрязнения окружающей среды [1, 7].

Почвенная структура изменяется со временем. Ее состояние зависит от разных факторов, которыми необходимо управлять должным образом для поддержания почвы в правильном структурном состоянии [11].

Для повышения урожайности выращиваемых культур необходимо поддерживать почвенную структуру в оптимальном состоянии, применять органические удобрения, снижать воздействие на почву сельскохозяйственных орудий труда [9, 10].

На протяжении последних лет создано и внедрено в производство большое количество эффективных биологических средств. Наиболее известно их влияние на продуктивность, урожайность и подавление развития болезней, вредителей и сорняков [2, 3]. Исследования на семенном материале проводятся в меньшем объеме, хотя выявлено положительное действие биопрепаратов на всхожесть, жизнеспособность и некоторые ростовые процессы проростков [4, 8].

Выявление препаратов, стимулирующих прорастание семян и ростовые процессы растений, является актуальной и весьма важной частью селекционно-семеноводческого процесса, так как до сих пор значительные площади в стране засеваются низкокачественным семенным материалом, существенно влияющим на формирование урожайности сельскохозяйственных культур [5, 6]. Изучение данных вопросов должно осуществляться с учетом районированных сортов и местных условий выращивания.

Материал и методика исследований

Работа проведена в ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» в лаборатории семеноведения и сертификации семян. Объект изучения – растения сорта озимой пшеницы Немчиновская 57. В качестве биопрепаратов использовали водные растворы 5 разных биологических соединений Гумат 7+ и Экорост, полученные на основе калиевых и натриевых солей гуминовых кислот, биоудобрения с живыми культурами бактерий: Азотовит – с *Azotobacter chroococcum*, Фосфатовит – с *Bacillus mucilaginosus*, а также биологически активное полифункциональное полимерное соединение Матрица роста.

Работу осуществляли путем замачивания семян в течение 24 ч в водных растворах препаратов с нормами применения, рекомендованными производителями: Азотовит – 2,0 л/т; Фосфатовит – по 2,0 л/т; Гумат 7+ – 1,0 л/т; Экорост – 10 л/т; Матрица роста – 0,3 л/т.

После обработки семена проращивали в рулонах фильтровальной бумаги в термостате при температуре + 20°C в течение 3 сут.

Посевные показатели определяли по ГОСТу 12038–84, морфометрические – по общепринятым методикам. В качестве контроля использовали обработку дистиллированной водой.

Для изучения ростостимулирующего действия препаратов применяли биологические показатели: энергию прорастания, всхожесть, длину ростков, корешков и массу 100 зеленых ростков.

Определение суммарного эффекта от воздействия биопрепаратов на процессы роста наземных и подземных органов проростков озимой пшеницы сорта Немчиновская 57 проводили по сумме всех показателей, приведенных к единице.

Результаты и их обсуждение

В процессе работы выявлено стимулирующее влияние изучаемых биологических соединений на начальные ростовые процессы проростков: более существенное на энергию прорастания и слабое – на всхожесть (табл. 1). Прибавка к контролю по первому показателю составила 6–19%, по второму – 0–2%.

Установлено, что изучаемые препараты в разной степени влияли на развитие проростков, ускоряя начальные ростовые процессы в одних вариантах – наземных органов растений, в других – подземных. Наиболее существенное ростостимулирующее воздействие биопрепараты оказали на развитие корневой системы озимой пшеницы. На всех вариантах отмечено превышение над контролем в пределах 0,7–21,0 мм. Существенное увеличение длины корешков (в среднем на 16,2 мм) по сравнению с контролем отмечено при обработке семян препаратами Гумат 7+, Матрица роста и Азотовит при наиболее высокой интенсивности роста на варианте Гумат 7+ (на 20,6 мм, или на 44,7%) (табл. 2).

Воздействие на длину ростков оказалось менее эффективным. Различия с контрольным вариантом составили от –0,9 до +3,5 мм, что составило 91–118% соответственно. Наибольшая прибавка на 3,5 и 2,8 мм отмечена на вариантах Гумат 7+ и Матрица роста.

Существенные различия по накоплению биомассы ростков не выявлены. Этот показатель варьировал в пределах от 6,5 г на препарате Азотовит до 7,6 г на варианте Гумат 7+.

На вариантах Матрица роста и Экорост отмечено более существенное превышение над контролем по длине ростков. Вариант Азотовит обеспечил ускорение роста корней за счет азотфиксирующих бактерий, снабжающих растения дополнительным количеством легкоусвояемого невысокого азота, а Фосфатовит показал самые низкие результаты.

На рисунке показана эффективность биопрепаратов по отношению к контролю. Максимальный индекс эффективности отмечен у препарата Гумат 7+.

В настоящее время, в связи с нарастающим дефицитом экологически безопасных продуктов питания в Российской Федерации, вопросы развития органического сельского хозяйства являются весьма актуальными.

Таблица 1

Влияние биопрепаратов на энергию прорастания и всхожесть сорта озимой пшеницы Немчиновская 57

Варианты	Энергия прорастания, %	% к контролю	Всхожесть, %	% к контролю
Контроль	78	-	97	-
Гумат 7+	93	+19,2	98	+1,0
Матрица роста	89	+14,1	98	+1,0
Экорост	83	+6,4	99	+2,1
Азотовит	86	+10,3	97	-
Фосфатовит	86	+10,3	99	+2,1

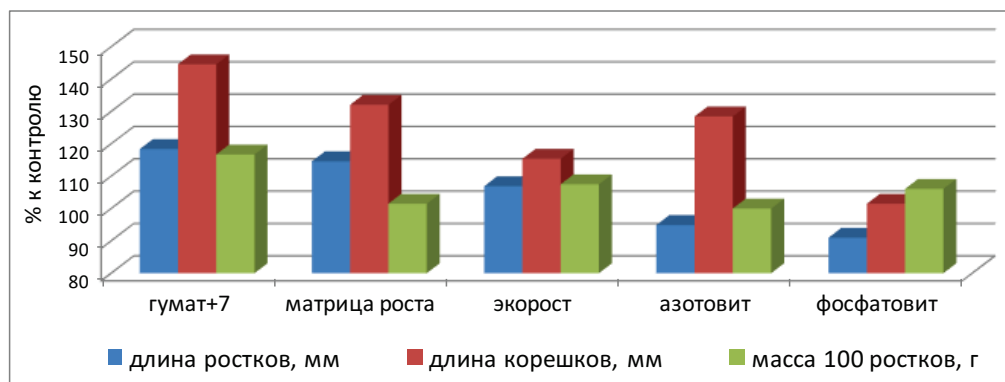


Рис. Влияние биопрепаратов на изменение ростовых процессов по сравнению с контролем (гистограмма по таблице 1)

Таблица 2

Влияние биопрепаратов на ростовые процессы наземных и подземных органов растений сорта Немчиновская 57

Варианты	Длина ростков, мм	% к контролю	Длина корешков, мм	% к контролю	Масса 100 ростков, г	% к контролю	Индекс эффективности
Контроль	18,8	-	46,1	-	6,5	-	0,72
Гумат 7+	22,3	+18,6	66,7	+44,7	7,6	+16,9	0,97
Матрица роста	21,6	+14,9	60,9	+32,1	6,6	+1,5	0,89
Экорост	20,1	+6,9	53,2	+15,4	7,0	+7,7	0,80
Азотовит	17,9	-4,8	59,3	+28,6	6,5	0	0,84
Фосфатовит	17,1	-9,0	46,8	+1,5	6,9	+6,2	0,71
НСР ₀₅	2,3		9,2		0,4		

Методы ведения органического сельского хозяйства должны быть разработаны с учетом местных условий выращивания с ограничением использования химических средств защиты растений, минеральных удобрений, негативно воздействующих на окружающую среду. Для производства экологически чистых сельскохозяйственных продуктов на раннем этапе развития применяются органические биостимуляторы, которые способствуют повышению иммунитета, ускорению времени цветения и созревания, увеличению урожайности и продуктивности сельскохозяйственных культур.

В лаборатории семеноведения и сертификации семян ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» изучено влияние биостимуляторов на ростовые процессы и накопление биомассы.

Выводы

На основании результатов лабораторных исследований выявлено, что физиологическая активность используемых биологических соединений зависит от действующих веществ. Установлено, что изучаемые препараты в разной степени влияли на развитие проростков, ускоряя начальные ростовые процессы в одних вариантах – наземных органов растений, в других – подземных.

Выявлено положительное влияние биопрепаратов на начальные ростовые процессы проростков: более существенное на энергию прорастания и слабое – на всхожесть.

Наиболее существенное ростостимулирующее воздействие биопрепараты оказали на развитие корневой системы озимой пшеницы. Более слабый стимулирующий эффект препараты оказали на увеличение высоты проростков, и особенно – на накопление вегетативной массы. Стимулирующее воздействие на посевные качества: энергию прорастания и всхожесть – не выявлено. Максимальный индекс эффективности отмечен у препарата Гумат 7+. Полученные данные свидетельствуют о возможности его использования для предпосевной обработки семян с целью улучшения ростовых процессов растений озимой пшеницы.

Библиографический список

1. Биктимирова З.З. Качество жизни: продовольственная безопасность // Экономист. – 2004. – № 2. – С. 81.
2. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай: М. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – С. 33.
3. Кирсанова Е.В. Изучение эффективности использования биопрепаратов на зерновых, зернобобовых и крупяных культурах // Вестник Орел-ГАУ. – 2011. – № 5. – С. 111.
4. Корягин Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементов на посевные качества семян яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 29–30.
5. Мамсиоров Н.И., Благополучная О.А., Мамсиоров Н.А. // Эффективность применения биопрепаратов при возделывании зерновых культур // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 24.
6. Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г. О посевных качествах семян в Центральном федеральном округе России и Федеральном исследовательском центре «Немчиновка» // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 4. – С. 1–13.
7. Оказова З.П. Биопрепараты в современной земледелии // Научное обозрение. Сельскохозяйственные науки. – 2014. – № 1. – С. 27–28.
8. Сергеев В.С., Дмитриев А.М. Влияние гуминовых препаратов и пестицидов на урожайность яровой пшеницы // Живые и биокосные системы. – 2015. – № 11.
9. Реакция линий яровой пшеницы с чужеродным генетическим материалом на воздействие искусственно создаваемых стрессов / О.В. Павлова, Л.А. Марченкова, Р.Ф. Чавдарь, С.И. Чебаненко, О.А. Савоськина, Т.Г. Орлова // Сборник трудов агробиотехнология-2021. – М., 2021. – С. 193–198. DOI: 10.22124/cjes.2021.5263.
10. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the non-chernozem zone of the russian federation / O.A. Savoskina, N.A. Kudryavtsev, S.I. Chebanenko, A.V. Shitikova, Z.K. Kurbanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects»: International Symposium. – 2020. – С. 012055.
11. Tisdall J.M. & J.M. Oades. Organic matter and water-stable aggregates in soils // Journal of Soil Science. – 1982. – № 33. – Pp. 141–163.

SEED QUALITY AND GROWTH PROCESSES AT EARLY STAGES OF WINTER WHEAT ORGANOGENESIS DEPENDING ON THEIR BIOLOGICAL TREATMENT

O.V. PAVLOVA¹, L.A. MARCHENKOVA¹, R.F. CHAVDAR'¹, T.G. ORLOVA¹,
N.YU. GARMASH¹, S.I. CHEBANENKO², O.A. SAVOS'KINA²

(¹ Federal Research Center "Nemchinovka",

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The article presents the results of laboratory studies on the effect of biopreparations Humate 7+, Growth Matrix, Ecorost, Azotovite and Phosphatovite on the sowing qualities and growth parameters of terrestrial and underground plant organs of the winter wheat variety Nemchinovskaya 57. The work revealed the stimulating effect of the studied biological compounds on the initial growth processes of seedlings. A significant growth-stimulating effect on root system development was observed. The excess in the root length compared to the control was 0.7–21.0 mm (102–145%). The effectiveness of the biopreparations on increase of the linear size of terrestrial plant organs was lower. The differences in the sprout length compared to the control were 0.9–3.5 mm (91–118%). The increase in weight of 100 sprouts compared to the control was 0–1.1 g, with maximum values in the variants Azotovite and Humate 7+. The maximum efficiency index was observed for the biopreparation Humate 7+.

Key words: wheat, biopreparations, growth processes, germination energy, germination, sprout length, root length, sprout mass, root mass.

References

1. Biktimirova Z.Z. Kachestvo zhizni: prodovol'stvennaya bezopasnost' [Quality of life: food security]. Economist. 2004; 2: 81. (In Rus.)
2. Zavalin A.A. Biopreparaty, udobrenia i urozhay [Biopreparations, fertilizers and crops]. M.: Izd-vo VNIIA, 2005: 33. (In Rus.)
3. Kirsanova E.V. Izuchenie effektivnosti ispol'zovaniya biopreparatov na zernovykh, zernobobovykh i krupyanykh kul'turakh [Studying the effectiveness of biopreparations on cereals, legumes and cereal crops]. Vestnik Orel-GAU. 2011; 5: 111. (In Rus.)
4. Koryagin Yu.V. Vliyaniye primeneniya biopreparatov i mikroelementov na posevnie kachestva semyan yarovoy pshenitsy [Effect of biopreparations and micronutrients application on sowing qualities of spring wheat seeds]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014; 10: 29–30. (In Rus.)
5. Mamsirov N.I., Blagopoluchnaya O.A., Mamsirov N.A. Effektivnost' primeneniya biopreparatov pri vozdeleyvanii zernovykh kul'tur [Effectiveness of biopreparations in the cultivation of crops]. Zemledelie. 2014; 5: 24. (In Rus.)
6. Marchenkova L.A., Pavlova O.V., Chavdar' R.F., Orlova T.G. O posevnykh kachestvakh semyan v Tsentral'nom federal'nom okruge Rossii i Federal'nom issledovatel'skom tsentre "Nemchinovka" [On seed quality in the Central Federal District of Russia and the Federal Research Centre "Nemchinovka"]. AgroEkoInfo. 2018; 4: 1–13. (In Rus.)
7. Okazova Z.P. Biopreparaty v sovremennoy zemledelii [Biopreparations in modern farming]. Nauchnoye obozreniye. Sel'skokhozyaystvennyye nauki. 2014; 1: 27–28. (In Rus.)
8. Sergeev V.S., Dmitriyev A.M. Vliyaniye guminovykh preparatov i pestitsidov na urozhaynost' yarovoy pshenitsy [Effect of humic preparations and pesticides on spring wheat yields]. Zhivyye i biokosnyye sistemy. 2015; 11. (In Rus.)

9. Pavlova O.V., Marchenkova L.A., Chavdar' R.F., Chebanenko S.I., Savos'kina O.A., Orlova T.G. Reaktsiya liniy yarovoy pshenitsy s chuzherodnym geneticheskim materialom na vozdeystvie iskusstvenno sozdavaemykh stressov [Reaction of spring wheat lines with alien genetic material to the impact of artificially created stresses]. Agrobiotekhnologiya-2021. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Moskva. 2021: 193–198. (In Rus.)

10. Savoskina O.A., Kudryavtsev N.A., Chebanenko S.I., Shitikova A.V., Kurbanova, Z.K. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the non-chernozem zone of the Russian Federation. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects"". 2020: 012055.

11. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. Journal of Soil Science. 1982; 33: 141–163.

Павлова Ольга Викторовна, ведущий научный сотрудник, канд. с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: silyanova69@mail.ru; тел.: (495) 107–40–00

Марченкова Людмила Александровна, ведущий научный сотрудник, канд. с.-х. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: ludmila.marchenkova@yandex.ru; тел.: (495) 107–40–00

Чавдарь Раиса Федоровна, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; тел.: (495) 107–40–00

Орлова Татьяна Григорьевна, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; тел.: (495) 107–40–00

Гармаш Нина Юрьевна, д-р биол. наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»; 143026, Российская Федерация, Московская область, г. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6; e-mail: niicrnz@mail.ru; тел.: (495) 107–40–00

Чебаненко Светлана Ивановна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: svchebanenko@yandex.ru; тел.: (917) 500–58–99

Савоськина Ольга Алексеевна, д-р с.-х. наук, профессор кафедры земледелия и МОД РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Ol'ga V. Pavlova, CSc (Ag), Leading Research Associate, Federal Research Center "Nemchinovka" (6 Agrokhimikov Str., worker's settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (495) 107–40–00; E-mail: silyanova69@mail.ru)

Lyudmila A. Marchenkova, CSc (Ag), Leading Research Associate, Federal Research Center "Nemchinovka" (6 Agrokhimikov Str., worker's settlement

Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; E-mail: ludmila.marchenkova@yandex.ru)

Raisa F. Chavdar', Senior Research Associate, Federal Research Center "Nemchinovka" (6 Agrokhimikov Str., worker's settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00)

Tatyana G. Orlova, Senior Research Associate, Federal Research Center "Nemchinovka" (6 Agrokhimikov Str., worker's settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00)

Nina Yu. Garmash, DSc (Bio), Federal Research Center "Nemchinovka" (6 Agrokhimikov Str., worker's settlement Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, 143026, Russian Federation; phone: (495) 107-40-00; E-mail: niicrnz@mail.ru)

Svetlana I. Chebanenko, CSc (Ag), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (917) 500-58-99; E-mail: svchebanenko@yandex.ru)

Ol'ga A. Savos'kina, DSc (Ag), Associate Professor, Professor of the Department of Agriculture and Experimental Methodology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation)

ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТА ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПРЕПАРАТАМИ

А.А. МАРТЫНОВ, Н.А. БОМЕ, В.А. ЮРКОВА, Д.А. БАЗЮК

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Тюменский государственный университет»)

*Изучено влияние предпосевной обработки семян двух сортов (Тюменская 25 и Шортандинская 95 улучшенная) яровой мягкой пшеницы биопрепаратами на полевую всхожесть семян, биологическую устойчивость и выживаемость растений в течение вегетационного периода во взаимосвязи с продуктивностью. Исследование проводилось в полевых условиях (экспериментальный участок биостанции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак») на дерново-подзолистой почве, супесчаной по гранулометрическому составу. Погодные условия по годам исследования характеризовались как засушливые в 2020 г. (ГТК=0,86), очень засушливые в 2021 г. (ГТК=0,39) и слабо засушливые в 2022 г. (ГТК=1,0). Биопрепараты способствовали повышению полевой всхожести семян (до 16,1%, сорт Тюменская 25) и биологической устойчивости растений (до 14,1%, сорт Шортандинская 95 улучшенная). Наибольший эффект получен в варианте с Консорциумом штаммов *Bacillus simplex* 948 P-1 TS и *Bacillus megaterium* 312 TS. Инокуляция семян способствовала повышению выживаемости растений в период вегетации, при этом большей отзывчивостью на действие биопрепаратов характеризовался сорт Шортандинская 95 улучшенная. У этого сорта в среднем за три года получена максимальная урожайность зерна в вариантах с применением Цитогумата (2,27 т/га) и Консорциума штаммов (2,14 т/га) (выше контроля на 28,9 и 21,5% соответственно). После обработки семян биологическими препаратами снижалась распространенность мучнистой росы и бурой ржавчины на естественном фоне. На опытных делянках с АФГ, Альбитом (Тюменская 25), АФГ, Бисолбисаном, Бисолбифитом и Консорциумом штаммов (Шортандинская 95 улучшенная) в отличие от контроля не обнаружены признаки поражения растений мучнистой росой.*

Ключевые слова: биопрепараты, обработка семян, биологический эффект, полевая всхожесть, фитопатогены, продуктивность, устойчивость

Статья подготовлена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FEWZ-2021–0007 «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Завуралья».

Введение

Ухудшение состояния окружающей среды вызывает острую необходимость замены химических препаратов, используемых при обработке как семян, так и вегетирующих растений сельскохозяйственных культур, на эффективные биопрепараты разнонаправленного действия. Следует отметить, что до настоящего времени для снижения инфекционного фона, обеспечения устойчивости растений к болезням используется обработка семян перед посевом различными фунгицидами (протравливание). Применение химических средств защиты растений в условиях холодного климата нередко бывает малоэффективным для борьбы с грибными болезнями, что связано с замедлением химических реакций и медленной деградацией пестицидов [17, 21].

В связи с этим поиск биопрепаратов для улучшения роста растений, повышения устойчивости к фитопатогенам и повышения урожайности даже в неблагоприятных температурных условиях является одной из важных задач.

Предпосевная обработка рассматривается как агрономический рычаг для активации процессов прорастания семян, формирования и укоренения всходов, повышения урожайности [15, 19]. Начальные процессы онтогенеза у многих сельскохозяйственных растений являются наиболее чувствительными к воздействию стресс-факторов (засуха, засоление почв, температурный режим) [16, 20, 23]. Для минимизации неблагоприятного абиотического и биотического воздействия окружающей среды рекомендован ряд биологических препаратов, обеспечивающих защиту от грибных заболеваний, активацию и регуляцию ростовых процессов растений [1, 2]. Многообразие отечественных биопрепаратов способно к обеспечению реализации потенциала сортовых свойств сельскохозяйственных растений и сведению к минимуму наносимого ущерба от неблагоприятных погодных условий [12].

Цель исследований: изучение влияния биопрепаратов на способность семян яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к прорастанию, выживаемость и биологическую устойчивость растений во взаимосвязи с урожайностью.

В задачи исследований входило изучение потенциала предпосевной обработки семян биопрепаратами для повышения полевой всхожести, абиотической и биотической устойчивости, продуктивности растений пшеницы в условиях вегетационных периодов 2020–2022 гг.

Материал и методика исследований

Исследование проведено на кафедре ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Института биологии Тюменского государственного университета.

Биопрепараты, использованные для обработки семян, различались по механизму действия на растительный организм (информация о биопрепаратах взята с сайтов производителей).

Альбит – комплексный биопрепарат (состав: естественный биополимер поли-бета-гидроксимасляная кислота из почвенных бактерий *Bacillus megaterium*, магний сернокислый, калий фосфорнокислый, калий азотнокислый, карбамид, хвойный экстракт). Цитогумат – универсальный, низкомолекулярный гуминовый высокочастотный хелатор (фульвовая кислота, фосфор, кальций, калий, сера, ненасыщенные жирные кислоты). Экстрасол – биофунгицид, созданный на основе бактерий *Bacillus subtilis*, штамма Ч-13 и их метаболитов (антибиотики, ферменты). Бисолбифит – микробиологическое удобрение (сухая форма препарата Экстрасол), дополнительный эффект обеспечивает доступный кремний. Бисолбисан – фунгицид и бактерицид контактного действия, действующее вещество – *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13. АФГ – бактериально-гуминовый комплекс бактерицидного действия, в составе которого – споровая биомасса бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus amyloliquefaciens*. АФГ-В – бактериально-гуминовый комплекс (состав: споровая биомасса бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus amyloliquefaciens*, дополнена гуминовыми веществами, фульвокислотами, азотом, фосфором, калием, кальцием).

Препараты Альбит, Бисолбисан разрешены к применению на территории Российской Федерации в 2023 г.

Консорциум штаммов *Bacillus simplex* 948 P-1 TS и *Bacillus megaterium* 312 TS – бактерии, выделенные из мерзлых пород, Западной Сибири, Ямало-Ненецкого автономного округа (район Тарко-Сале), подавляют рост фитопатогенов [7]. Видовая идентификация этих штаммов проводилась по культурально-морфологическим

и физиолого-биохимическим свойствам. Для подтверждения таксономического статуса штаммы бактерий идентифицировали путем анализа последовательностей фрагментов гена 16SpPHK, полученных в реакции ПЦР с использованием праймеров 8f (AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG), 926r (CCG TCA ATT CCT TTR AGT TT) и 1492r (GGT TAC CCT TGT TAC GAC TT). Секвенирование осуществляли в ГосНИИгенетики (Москва). Полученные нуклеотидные последовательности сравнивали с последовательностями из международного банка данных NCBI с помощью пакета программ BLAST (URL: <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Для редактирования и выравнивания нуклеотидных последовательностей генов 16SpPHK использовали программу ClustalW2, а для филогенетического анализа – программу MEGA, версия 5.2 [8].

Для приготовления рабочих растворов биопрепараты растворяли в дистиллированной воде в следующих соотношениях: АФГ, АФГ-В, Цитогумат, Альбит, Бисолбисан и Экстрасол – 80 мл (вода): 20 мл (препарат); Бисолбифит – 0,5 г (порошок): 100 мл (вода). Концентрации растворов подбирали с учетом рекомендаций производителей и источников литературы.

Штаммы бактерий выращивали на питательной среде – мясо-пептонном агаре (МПА) в термостате при температуре 28 °С в течение 2 сут. Затем путем смыва стерильной дистиллированной водой готовили бактериальную суспензию, содержащую 10⁶ кл/мл с использованием камеры Горяева. Консорциум представлял собой водную суспензию двух бактериальных штаммов *Bacillus simplex* 948 P-1 TS и *Bacillus megaterium* 312 TS в соотношении 1:1 (50 мл: 50 мл).

Исследование проведено на двух сортах яровой мягкой пшеницы: Тюменская 25 и Шортандинская 95 улучшенная. Сорт Тюменская 25 селекции ФИЦ «Тюменский научный центр СО РАН» включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону, рекомендован для возделывания в зонах Подтайги и Северной лесостепи низменности Тюменской области. Сорт Шортандинская 95 – улучшенная селекции НППЗ Зернового хозяйства им. А.И. Бараева – рекомендован для возделывания в Акмолинской и Северо-Казахстанской областях. По результатам экологического испытания сорт предложен для включения в селекционные программы по Северному Зауралью по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Лабораторная всхожесть семян, полученных от оригинаторов сортов, была определена в соответствии с ГОСТ 12038-84 и составила в годы исследования 92,5–94,0%. Семена выдерживали в растворах биопрепаратов в течение 3 ч, контроль – в дистиллированной воде.

Полевое испытание проведено на экспериментальном полигоне для изучения генетического разнообразия культурных растений (Тюменская область, Нижнетавдинский район, биостанция Тюменского государственного университета «Озеро Кучак», 57°20'57.3"N66°03'21.8"E в 2020–2022 гг. Экспериментальные данные получены в модельных опытах на делянках с учетной площадью 1 м², повторность опыта 4-кратная, количество высеванных семян на 1 м²–600 шт. (из расчета 6,0 млн всхожих семян/га), междурядье – 20 см. Посев проводили во второй декаде мая, уборку – в фазе полной спелости зерна ручным способом. Почва дерново-подзолистая, супесчаная по гранулометрическому составу, содержание гумуса – 3,67%, кислотность в солевой вытяжке – близкая к нейтральной (рН 6,6); подвижных форм фосфора 433,3 мг/кг почвы, обменного калия – 234,0 мг/кг. Предшественник – лен-долгунец. Минеральные удобрения и химические средства защиты растений в опыте не применялись.

Полевую всхожесть рассчитывали как процентное отношение числа всходов к числу высеванных семян [10]; выживаемость растений – отношением числа растений, сохранившихся к уборке, к числу полных всходов [4]; биологическую

устойчивость – отношением числа растений, сохранившихся к уборке, к числу высеянных семян [6]. Масса 1000 семян определялась по двум навескам из 500 семян (ГОСТ-12042–80) [5].

Поражение растений листостебельными болезнями на естественном фоне определяли одновременным осмотром каждой делянки в период максимального проявления болезни по количеству пораженных растений и степени поражения листьев больных растений. Для сравнения опытных вариантов использовали 5-балльную шкалу: 1 – признаки поражения болезнью на единичных растениях (до 10%); 2 – поражено 10–15% растений; 3 – поражено 25–50%; 4 – поражено 40–75%; 5 – поражено свыше 75% растений [3].

Данные по среднесуточной температуре воздуха и осадкам получены со справочно-информационного портала «Погода и климат» (URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/>) и профессиональной локальной метеостанции IMetos IMT300, установленной на экспериментальном участке биостанции «Озеро Кучак». Для характеристики вегетационных периодов по увлажнению использовали гидротермический коэффициент (ГТК) [14].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по апробированным методикам [9, 12] с использованием табличного процессора Microsoft Excel и программного обеспечения STATISTICA 6.0 («StatSoft», Inc., США). Рассчитаны средние значения ($\bar{X}$), ошибки средних (S_x), коэффициент вариации (CV , %), достоверности различий между средними значениями вариантов с использованием t -критерия Стьюдента; выполнен корреляционный анализ.

Результаты и их обсуждение

Вегетационные периоды по гидротермическому режиму можно характеризовать в 2020 г. как засушливый (ГТК=0,89), 2021 г. – очень засушливый (ГТК=0,39), в 2022 г. – слабо засушливый (ГТК=1,0). Для выявления особенностей каждого вегетационного периода проведено сравнение метеорологических характеристик со средними многолетними значениями («Условная норма»). В 2020 г. существенный недостаток влаги растения испытывали в июле (21% к среднему многолетнему значению; май, июнь, август – 91–123%), при этом среднесуточная температура воздуха составила 21,5⁰С (превышение – 2,7⁰С). Период с мая по август в 2021 г. характеризовался повышенной температурой по сравнению со средним многолетним значением на 1,0–5,6⁰С на фоне существенного недостатка осадков (10–57% по отношению к условной норме). Анализ среднесуточной температуры воздуха за вегетационный период 2022 г. выявил отклонение от средних многолетних значений в июне (ниже на 1,3⁰С), июле (выше на 0,9⁰С), августе (выше на 1,8⁰С). Количество осадков только в мае было близким к условной норме, в остальные месяцы отношение изменялось от 46,7 (август) до 91,6% (июль).

Прорастание семян, скорость появления всходов, количество всходов на единице площади в дальнейшем определяют рост и развитие растений и урожайность. Анализ экспериментальных данных показал, что влияние предпосевной обработки на полевую всхожесть семян зависело от препарата, генотипа и метеорологических характеристик вегетационного периода.

В среднем за 3 года исследований наибольший эффект на начальном этапе онтогенеза был получен в варианте обработки Консорциумом штаммов *Bacillus simplex* 948 P-1 TS и *Bacillus megaterium* 312 TS (табл. 1).

В ранее проведенном исследовании на озимой пшенице положительный эффект от обработки семян каждым штаммом *B. simplex* 948 P1 и *B. megaterium* 312 отдельно получен не был. Увеличение урожайности было зафиксировано после использования на семенах суспензии консорциума штаммов [18].

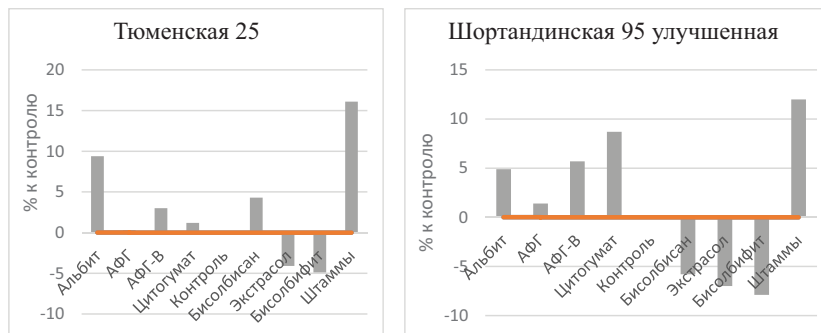
Таблица 1

**Влияние биопрепаратов на прорастание семян, устойчивость
к факторам окружающей среды и продуктивность**

Биопрепарат	Полевая всхожесть семян, %	Биологическая устойчивость, %	Выживаемость растений, %	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
Тюменская 25					
Контроль	68,4±3,9	52,6±3,1	77,0±2,8	31,58±2,6	1,91±0,08
АФГ	68,7±4,6	49,6±1,9	76,0±1,8	30,30±1,5	1,83±0,11
АФГ-В	71,4±3,8	62,1±1,7***	86,0±2,1*	28,73±0,5	2,12±0,20
Цитогумат	69,6±5,6	64,5±2,1***	87,5±2,2**	30,51±1,5	2,14±0,08*
Альбит	77,8±2,1*	55,8±2,9	70,1±1,4*	29,23±4,4	1,82±0,13
Бисолбисан	72,7±1,8	65,9±1,9***	76,2±1,1	28,98±2,9	1,81±0,13
Экстрасол	64,3±4,6	61,1±2,4*	85,2±2,3*	28,65±2,2	1,66±0,10*
Бисолбифит	63,5±5,8	56,7±2,5	77,1±1,7	27,64±1,5	1,63±0,11*
Штаммы	84,5±4,7**	68,7±2,8***	86,6±1,4**	26,24±1,1	1,96±0,27
Шортандинская 95 улучшенная					
Контроль	68,3±1,7	54,5±2,8	70,9±1,8	31,39±1,7	1,76±0,11
АФГ	69,7±3,7	54,4±2,4	80,8±2,9**	29,42±0,3	2,03±0,14
АФГ-В	74,0±3,1	61,9±2,4*	75,3±2,0	31,29±1,5	2,05±0,11
Цитогумат	77,0±3,4*	62,3±2,1*	81,2±2,5**	30,85±0,2	2,27±0,12**
Альбит	73,2±3,3	58,1±3,5	75,7±1,9	31,88±2,4	2,05±0,10
Бисолбисан	62,5±1,4**	57,4±2,3	86,0±2,1***	27,95±0,1*	1,81±0,18
Экстрасол	61,3±2,7*	60,4±2,7	78,2±2,1***	31,10±3,8	1,54±0,09
Бисолбифит	60,4±5,4	53,3±2,9	76,6±2,6	28,49±0,6	1,67±0,15
Консорциум штаммов	80,3±3,6***	69,1±3,0***	80,5±2,0***	26,26±0,7**	2,14±0,07*

Примечание. Достоверность различий с контролем: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

Применение бактерий на семенах яровой пшеницы обеспечило увеличение полевой всхожести на 16,1% у сорта Тюменская 25 и на 12,0% у сорта Шортандинская 95 улучшенная (рис. 1, табл. 1). При этом больше действие бактерий у первого сорта было выражено в 2020 и 2022 гг., у второго – в 2022 г. Возможно, это связано с тем, что штаммы, выделенные из многолетних мерзлых пород, обладают высокой каталазной активностью, позволяющей вести активный образ жизни в условиях низких положительных и отрицательных температур (диапазон от 0 до 30 °С) [8].

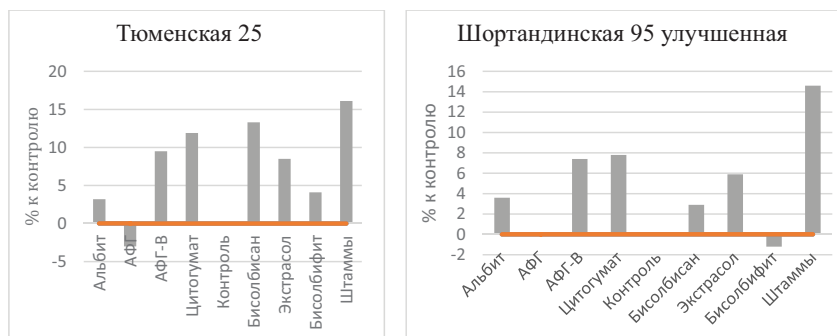


Примечание. На вертикальной оси 0 – сплошная горизонтальная линия (контроль); на графике показаны отклонения от контроля.

Рис. 1. Влияние биопрепаратов на полевую всхожесть семян сортов яровой мягкой пшеницы, 2020–2022 гг.

Было установлено, что исследуемые штаммы способны продуцировать индолил-3-уксусную кислоту (ИУК) и хитинолитические ферменты при низких положительных температурах (5°C). Активность холодоустойчивых *Bacillus* sp. регистрировалась в отношении *Microdochium* sp., *Fusarium* spp. и *Alternaria* sp. [18]. Исходя из этого, предположили, что не все препараты могут быть эффективными при пониженных температурах воздуха и почвы в начале вегетации растений. Повышение всхожести по сравнению с необработанными семенами отмечено также в вариантах с АфГ-В и Альбитом, в состав которых входят штаммы *Bacillus*, а также с Цитогуматом, обеспечивающим доступность питательных веществ проросткам пшеницы. Ингибирующее действие на прорастание семян изученных сортов оказали Экстрасол и Бисолбифит: меньше контроля на 4,4–4,9% у сорта Тюменская 25, на 7,0–7,9% – у сорта Шортандинская 95 улучшенная.

Биологическая устойчивость растений позволяет понять, насколько посев семенами, обработанными препаратами, может смягчить действие изменения климата на агроценозы за счет устойчивости к стресс-факторам от этапа прорастания семян до полной спелости. Повышенные адаптивные свойства растений, полученных из семян, обработанных штаммами из пород с многолетней мерзлотой, проявились в увеличении показателя биологической устойчивости в среднем за 2020–2022 гг. на 16,1% у сорта Тюменская 25 и на 14,6% у сорта Шортандинская 95 улучшенная. Предпосевная обработка семян другими препаратами в большинстве случаев (за исключением препаратов АфГ и Бисолбифит) повышала устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды (рис. 2, табл. 1).



Примечание. На вертикальной оси 0 – сплошная горизонтальная линия (контроль); на графике показаны отклонения от контроля.

Рис. 2. Влияние биопрепаратов на биологическую устойчивость растений сортов яровой мягкой пшеницы, 2020–2022 гг.

На разных этапах онтогенеза растения находятся под воздействием целого ряда факторов, в том числе неблагоприятных, приводящих к угнетению и ингибированию ростовых процессов, и даже к гибели растений. Информативным критерием, характеризующим адаптивные свойства, является выживаемость растений за период от всходов до спелости зерна. Высокой отзывчивостью на инокуляцию семян препаратами характеризовался сорт Шортандинская 95 улучшенная. При сравнении с контролем обнаружено повышение выживаемости растений во всех опытных вариантах на 4,4–15,1%, при этом лучшие результаты обеспечили Бисолбисан, Цитогулат, АФГ и Консорциум штаммов (табл. 1).

Комплексный анализ показателей полевой всхожести семян, выживаемости и биологической устойчивости растений позволил выявить особенности действия изученных препаратов. Так, Бисолбисан, Экстасол, Бисолбифит, АФГ не были активными при прорастании семян, в то время как АФГ-В, Цитогулат, Альбит, Консорциум штаммов способствовали повышению адаптивных свойств растений пшеницы в течение всего вегетационного периода.

У сорта Тюменская 25 преимущество над контролем по выживаемости растений обеспечили 4 препарата: АФГ-В, Цитогулат, Экстасол и Консорциум штаммов. По комплексу признаков стимулирующее действие АФГ и Бисолбифит не выявлено.

В годы исследований наблюдалось поражение листьев растений изученных сортов яровой пшеницы бурой ржавчиной (возбудитель *Puccinia recondite f. sp. tritici*) и мучнистой росой (возбудитель *Blumeria graminis* (DS.) Speer.). Наиболее благоприятные условия для развития фитопатогенных грибов сложились в 2020 г. Первые признаки листовых болезней отмечали в период цветения-начала созревания зерна. Максимальное проявление мучнистой росы регистрировалось в фазу молочной спелости зерна, бурой ржавчины – в фазу начала восковой спелости.

Предпосевная обработка семян препаратами способствовала уменьшению воздействия фитопатогенных грибов, что подтверждено соотношением количества здоровых и пораженных болезнями растений в контроле и в вариантах с обработкой семян (рис. 3).

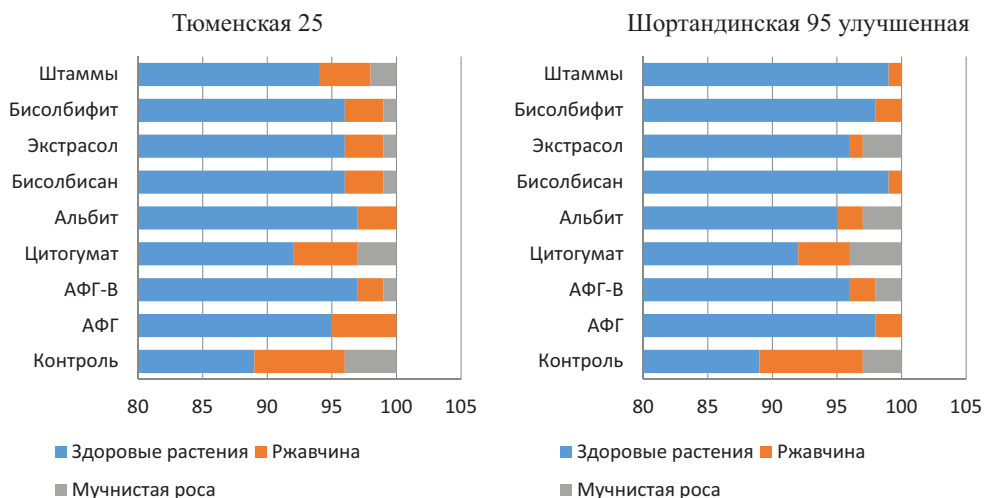


Рис. 3. Поражение растений яровой пшеницы листовыми болезнями на естественном инфекционном фоне после обработки семян биопрепаратами (распространенность болезни, %)

Под воздействием биопрепаратов отмечено снижение распространения мучнистой росы и бурой ржавчины по сравнению с контролем. Сорта различались по реакции на поражение патогенами. По отношению к мучнистой росе для сорта Тюменская 25 наибольший эффект получен от препаратов АФГ и Альбит, в вариантах с которыми симптомы мучнистой росы на растениях не зарегистрированы. У сорта Шортандинская 95 улучшенный положительный результат по влиянию на распространенность болезни получен от применения на семенах АФГ, Бисолбисана, Бисолбифита и Консорциума штаммов. Поражение листьев растений пшеницы бурой ржавчиной, хотя и проявлялось во всех вариантах, значительно ослабевало под влиянием биологической обработки. Степень поражения листьев (по шкале Эриксона) в контроле изменялась по годам от средней (25%) до высокой (40%), в вариантах с препаратами – от средней (25%) до слабой (10%).

В состав наиболее активных препаратов входят бактерии рода *Bacillus* spp. Так, штамм *Bacillus subtilis* Н-13 (коммерческое название Бисолбисан) создан для борьбы с комплексом болезней растений Всероссийским НИИ сельскохозяйственной микробиологии, снижает распространенность корневых гнилей, повышает урожайность и улучшает качество зерна яровой пшеницы [22]. Положительные результаты получены от совместного применения химического протравителя семян и биофунгицида на основе *Bacillus subtilis* при защите пшеницы от почвенно-семенных инфекций [13]. Повышение урожайности и устойчивости к болезням было достигнуто при инокуляции семян пшеницы штаммом *Pseudomonas* CP56 и штаммом *Bacillus* SB155 [24]. В консорциуме из двух штаммов *Bacillus* spp., выделенных из многолетней мерзлоты, один продуцирует фитогормоны, другой обладает подавляющей способностью в отношении фитопатогенов, что позволило значительно снизить уровень инфицирования семян озимой пшеницы фитопатогенными грибами и получить прибавку в урожайности [18]. Полученные результаты отражают значение штаммов *Bacillus* spp. при использовании в качестве активного агента в биопрепаратах. В северных агроценозах в средствах биоконтроля возбудителей болезней преимущество могут иметь микроорганизмы из многолетнемерзлых пород, обладающие устойчивостью к пониженным температурам воздуха и почвы.

Учитывая, что эффект от применения биопрепаратов может быть результатом множественного воздействия на метаболизм яровой пшеницы, провели анализ продуктивности сортов по показателям массы 1000 семян и урожайности (табл. 1). Информация о потенциале обработок семян с точки зрения продуктивности может быть полезна для разработки технологии выращивания яровой мягкой пшеницы.

По нашим наблюдениям, формирование зерна зависит от погодных условий, генотипа и биопрепарата. Снижение массы 1000 семян у обоих сортов в контроле и опытных вариантах отмечено в условиях водного и теплового стресса 2021 г. У сорта Тюменская 25 варьирование признака в вариантах с обработкой семян составило 24,4–26,9 г (контроль 26,6 г), у сорта Шортандинская 95 улучшенная – 24,8–26,3 г (контроль 26,5 г). Наиболее крупные зерновки были в колосе сорта Шортандинская 95 улучшенная в 2022 г. (до 40,3 г в варианте с Цитогуматом, контроль – 36,2 г).

В очень засушливом 2021 г. не выявлены достоверные различия между вариантами с обработкой и без обработки семян. В среднем за 3 года исследований увеличение массы 1000 семян под влиянием препаратов не выявлено. Необходимо отметить, что масса 1000 семян сорта Тюменская 25 была достоверно ниже контроля после обработки Штаммами, в то время как по признакам адаптации этот вариант имел значительное преимущество над другими.

Следует отметить, что в экстремальных условиях 2021 г. не выявлено положительное влияние биопрепаратов на урожайность зерна у сорта Тюменская 25.

Обработка семян сорта Шортандинская улучшенная АФГ, АФГ-В, Цитогуматом, Альбитом способствовала увеличению урожайности по сравнению с контролем на 7,8–20,4%. Наибольшая урожайность получена в относительно благоприятном по влагообеспеченности 2020 году. По вариантам опыта она изменялась у сорта Тюменская 25 от 2,11 до 2,65 т/га (контроль – 2,22 т/га), сорта Шортандинская 95 улучшенная – от 1,83 до 2,76 т/га (контроль – 2,36 т/га). В 2022 г. увеличение зерновой продуктивности у обоих сортов обеспечили АФГ-В, Консорциум штаммов и Цитогумат. Самый высокий результат получен от препарата Цитогумат (на 0,45 т/га, Тюменская 25–0,73 т/га, Шортандинская 95 улучшенная – больше, чем в контроле).

В среднем за 2020–2022 гг. максимальная прибавка урожайности по отношению к контролю получена у сорта Шортандинская 95 улучшенная после инокуляции семян Цитогуматом (+28,9%) и Консорциумом штаммов (+21,5%). В вариантах с биопрепаратами АФГ, АФГ-В, Альбит увеличение урожайности по сравнению с вариантом без обработки составило 15,5; 16,2; и 16,4% соответственно. Отзывчивость сорта Тюменская 25 на применение препаратов оказалась ниже. Превышение урожайности над контролем отмечено в опыте с Цитогуматом (+11,7%), АФГ-В (+10,8%), Консорциумом штаммов (+2,2%).

Корреляционный анализ выявил сопряженности между изученными признаками. Под действием АФГ, Альбита, Экстрасола, Бисолбифита отмечено усиление связи биологической устойчивости растений с урожайностью сорта Тюменская 25 ($r=0,71-0,99$; контроль $r=0,50$). В опыте с сортом Шортандинская 95 улучшенная сильная зависимость зерновой продуктивности от биологической устойчивости обнаружена в опыте с Цитогуматом, Консорциумом штаммов, АФГ, Бисолбисаном ($r=0,93-1,00$; контроль $r=0,73$). Полученные данные позволяют считать рассматриваемые признаки достаточно информативными при определении биологического эффекта биопрепаратов на сортах яровой мягкой пшеницы.

Выводы

Предпосевная обработка семян яровой мягкой пшеницы (сорта Тюменская 25 и шортандинская 95 улучшенная) биологическими препаратами способствовала улучшению способности семян к прорастанию, повышению выживаемости и биологической устойчивости растений в различных условиях вегетационных периодов 2020–2022 гг.

Исследование подтверждает, что предпосевную обработку семян можно рассматривать как один из инструментов снижения вредоносности фитопатогенных грибов и улучшения продуктивных свойств растений пшеницы. В то же время экспериментальные данные показали, что эффективность обработки определяется научно обоснованным подбором биопрепаратов с учетом генотипических особенностей сортов и погодных условий периода вегетации.

Библиографический список

1. Боме Н.А., Королев К.П., Тетяников Н.В., Боме А.Я. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов: УМП. Ч. II. Полевые методы исследования культурных растений. – Тюмень: ФГБАОУ «Тюменский государственный университет», 2018. – 35 с.
2. Бондарева Т.Н., Дагужиева З.Ш. Влияние регуляторов роста растений и биопрепаратов на продуктивность озимой пшеницы в условиях Республики Адыгея // Новые технологии. – 2017. – № 4. – С. 81–86.

3. Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Егорычева М.Т. Эффективность обработки семян яровой пшеницы Триходермином и Споробактерином // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2022. – № 52 (5). – С. 5–14.
4. Голочаев В.И., Кириловская Е.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: МУ. – М., 1989. – 194 с.
5. ГОСТ-12042–80–2011 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – М.: Стандартинформ, 2011. – С. 116–118.
6. Гужов Ю.Л., Фукс А., Валичек П. Селекция и семеноводство культурных растений. – М.: Мир, 2003. – 539 с.
7. Доманская О.В., Колоколова Н.Н., Франк Я.В. Изучение антифунгальной активности бактерий рода *Bacillus* из мерзлых отложений Западной Сибири // Вестник защиты растений. – 2016. – № 3 (89). – С. 67–68.
8. Доманская О.В. Некоторые особенности ферментативной активности различных штаммов рода *Bacillus*, выделенных из мерзлых отложений / О.В. Доманская, В.П. Мельников, Л.В. Огурцова, А.В. Соромотин, В.О. Доманский, Н.В. Полякова // Криосфера земли. – 2017. – Т. XXI. – № 5. – С. 63–71.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Ижик Н.К. Полевая всхожесть семян: М. – Киев: Урожай, 1976. – 200 с.
11. Кекало А.Ю. Экологизированный способ защиты семян пшеницы от фитопатогенов // Аграрная наука. – 2021. – № 354 (11–12). – С. 129–133.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1980. – 295 с.
13. Нугманова Т.А. Использование биопрепаратов для растениеводства // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2017. – № 144 (1). – С. 211–214.
14. Селянинов Г.Т. К методике сельскохозяйственной климатографии // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1930. – № 2. – Вып. 22. – С. 45–91.
15. *Almansouri M., Kinet J.* – M., *Lutts S.* Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *Plant and Soil*. – 2001. – № 2. – Pp. 243–254.
16. *Ansari O., Sharif-Zadeh F.* Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress // *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. – 2012. – № 8 (4). – Pp. 101–108.
17. *Basu A.* Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Green Bioinoculants: Recent Developments, Constraints, and Prospects / A. Basu, P. Prasad, S. Das, S. Kalam, R. Sayyed, M. Reddy, H.El. Enshasy // *Sustainability*. – 2021. – № 13. – Pp. 1–20.
18. *Domanskaya O.V.* The Multiple Activities and the Plant Beneficial Potential of *Bacillus* spp. Derived from the Permafrost of Western Siberia / O.V. Domanskaya N.A Bome A.V. Iashnikov, A.V. Vasilchenko, A.S. Vasilchenko // *Agronomy*. – 2021. – № 11. – Pp. 2347.
19. *Murungu F.S.* Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.) / F.S. Murungu, P. Nyamugafata, C. Chiduzo, L.J. Clark, W.R. Whalley // *Soil Till.* – 2003. – № 74. – Pp. 161–168.
20. *Patade V.Y., Kumari M., Ahmed Seed Z.* Priming Mediated Germination Improvement and Tolerance to Subsequent Exposure to Cold and Salt Stress in Capsicum // *Research Journal of Seed Science*. – 2011. – № 4 (3). – Pp. 125–136.
21. *Prank M.* Climate change impacts the spread potential of wheat stem rust, a significant crop disease / M. Prank, S.C. Kenaley, G. Bergstrom, M. Acevedo, N.M. Mahowald // *Environ. Res. Lett.* – 2019. – № 14. – Pp. 1–9.

22. Razina A., Dyatlova O. Biological protection of spring wheat from root rot in the forest-steppe zone of Eastern Siberia // BIO Web Conf. – 2020. – № 21. – C. 00034.
23. Rouhi H.R. Study of Different Priming Treatments on Germination Traits of Soybean Seed Lots / H.R. Rouhi, A.A. Surki, F. Sharifzadeh, R.T. Afshari // Notulae Scientiae Biologicae. – 2011. – № 3 (1). – Pp. 101–108.
24. Sangwan V.P., Dahiya O.S. and Kharb R.P.S. Improvement of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield under Field Conditions by Inoculation of Microbial Strains // Microbiology Journal. – 2012. – № 2. – Pp. 86–95.

FIELD ASSESSMENT OF THE RESULT OF BIOLOGICAL TREATMENT OF SEEDS OF SPRING SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

A.A. MARTYNOV, N.A. BOME, V.A. YURKOVA, D.A. BAZYUK

(University of Tyumen)

*The effect of pre-sowing biological treatment of seeds of two varieties (Tyumenskaya 25 and Shortandinskaya 95 improved) of spring soft wheat on field germination of seeds, biological stability and plant survival during the growing season in relation to the productivity was studied. The study was conducted in field conditions (an experimental plot of the biostation “Lake Kuchak” of University of Tyumen) on sod-podzolic soil, sandy loam in granulometric composition. Weather conditions for the years of the study were characterized as dry in 2020 (HTC=0.86), very dry in 2021 (HTC =0.39) and slightly dry in 2022 (HTC =1.0). Biopreparations increased the field germination of seeds (up to 16.1%, variety Tyumenskaya 25) and biological resistance of plants (up to 14.1%, variety Shortandinskaya 95 improved). The greatest effect was obtained in the variant with a Consortium of *Bacillus simplex* 948 P-1 TS and *Bacillus megaterium* 312 TS strains. Seed inoculation increased plant survival during the growing season; variety Shortandinskaya 95 improved was characterized by greater responsiveness to the action of biopreparations. This variety obtained the maximum grain yield in the variants with Cytohumate (2.27 t/ha) and Consortium of strains (2.14 t/ha) (28.9% and 21.5% higher than the control, respectively) on average over the three years. After seed biological treatment the prevalence of powdery mildew and brown rust on a natural background decreased. In experimental plots with AFG, Albite (Tyumenskaya 25), AFG, Bisolbisan, Bisolbiphite and Consortium of strains (Shortandinskaya 95 improved), in contrast to the control, there were no signs of plant infestation by powdery mildew. The article was prepared within the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FEWZ-2021–0007 “Adaptive capacity of agricultural plants in the extreme conditions of the Northern Trans-Urals”.*

Key words: biopreparations, seed treatment, biological effect, field germination, phytopathogens, productivity, resistance.

References

1. Bome N.A., Korolev. K.P., Tetyannikov N.V., Bome A.Ya. Sovremennye tekhnologii izucheniya i sokhraneniya geneticheskikh resursov, chast II. Polevye metody issledovaniya kulturnykh rasteniy [Modern technologies for the study and conservation of genetic resources, part II. Field methods of research of cultivated plants]. Tyumen: FGBOU “Tyumenskiy gosudarstvenniy universitet”, 2018: 35. (In Rus.)
2. Bondareva T.N., Daguzhieva Z.Sh. Vliyaniye regulyatorov rosta rasteniy i biopreparatov na produktivnost' ozimoy pshenitsy v usloviyakh Respubliki Adygeya [Effect of plant

- growth regulators and biopreparations on the productivity of winter wheat in the conditions of the Republic of Adygea]. *Novye tekhnologii*. 2017; 4: 81–86. (In Rus.)
3. *Vlasenko N.G., Burlakova S.V., Egorycheva M.T.* Effektivnost' obrabotki semyan yarovoy pshenitsy Trikhoderminom i Sporobakterinom [Efficiency of spring wheat seed treatment with Trichodermin and Sporobacterin]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2022; 52(5): 5–14. (In Rus.)
 4. *Golochaev V.I., Kirilovskaya E.V.* Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, 1989: 194. (In Rus.)
 5. GOST-12042–80–2011 Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya massy 1000 semyan [Seeds of agricultural crops. Methods for determining the mass of 1000 seeds]. Moscow: Standartinform, 2011: 116–118. (In Rus.)
 6. *Guzhov Yu.L., Fuks A., Valichek P.* Seleksiya i semenovodstvo kulturnykh rasteniy [Breeding and seed production of cultivated plants]. Moscow: Mir, 2003: 539. (In Rus.)
 7. *Domanskaya O.V., Kolokolova N.N., Frank Ya.V.* Izuchenie antifungalnoy aktivnosti bakteriy roda *Bacillus* iz merzlykh otlozheniy Zapadnoy Sibiri [Study of antifungal activity of bacteria of the genus *Bacillus* from frozen sediments of Western Siberia]. *Vestnik zashchity rasteniy*. 2016; 3(89): 67–68. (In Rus.)
 8. *Domanskaya O.V., Mel'nikov V.P., Ogurtsova L.V., Soromotin A.V., Domanskiy V.O., Polyakova N.V.* Nekotorye osobennosti fermentativnoy aktivnosti razlichnykh shtammov roda *Bacillus*, vydelennykh iz merzlykh otlozheniy [Some features of the enzymatic activity of various strains of the genus *Bacillus* isolated from frozen sediments]. *Kriosfera zemli*. 2017; XXI; 5: 63–71. (In Rus.)
 9. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985: 351. (In Rus.)
 10. *Izhik N.K.* Polevaya vskhozhest' semyan [Field germination of seeds]. Kiev: Urozhay, 1976: 200. (In Rus.)
 11. *Kekalo A.Yu.* Ekologizirovannyi sposob zashchity semyan pshenitsy ot fitopatogenov [An ecologized way to protect wheat seeds from phytopathogens]. *Agrarnaya nauka*. 2021; 354 (11–12): 129–133. (In Rus.)
 12. *Lakin G.F.* Biometriya: ucheb. posobie dlya biol. spets. vuzov [Biometrics: textbook for biological universities]. Moscow: Vysshaya shkola, 1980: 295. (In Rus.)
 13. *Nugmanova T.A.* Ispol'zovanie biopreparatov dlya rastenievodstva [The use of biological products for crop production]. *Biologiya rasteniy i sadovodstvo: teoriya, innovatsii*. 2017; 144 (1): 211–214. (In Rus.)
 14. *Selyaninov G.T.* K metodike sel'skokhozyaystvennoy klimatografii [To the methodology of agricultural climatology]. *Trudy po sel'skokhozyaystvennoy meteorologii*. 1930; 2; 22: 45–91. (In Rus.)
 15. *Almansouri M., Kinet J. – M., Lutts S.* Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 2001; 2: 243–254.
 16. *Ansari O., Sharif-Zadeh F.* Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 2012; 8 (4): 101–108.
 17. *Basu A., Prasad P., Das S., Kalam S., Sayyed R., Reddy M., Enshasy H.El.* Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Green Bioinoculants: Recent Developments, Constraints, and Prospects. *Sustainability*. 2021; 13: 1–20.
 18. *Domanskaya O.V., Bome N.A., Iashnikov A.V., Vasilchenko A.V., Vasilchenko A.S.* The Multiple Activities and the Plant Beneficial Potential of *Bacillus* spp. Derived from the Permafrost of Western Siberia. *Agronomy*. 2021; 11: 2347.

19. *Murungu F.S., Nyamugafata P., Chiduza C., Clark L.J., Whalley W.R.* Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). *Soil Till.* 2003; 74: 161–168.
20. *Patade V.Y., Kumari M., Ahmed Z.* Seed Priming Mediated Germination Improvement and Tolerance to Subsequent Exposure to Cold and Salt Stress in Capsicum. *Research Journal of Seed Science.* 2011; 4 (3): 125–136.
21. *Prank M., Kenaley S.C., Bergstrom G., Acevedo M., Mahowald N.M.* Climate change impacts the spread potential of wheat stem rust, a significant crop disease. *Environ. Res. Lett.* 2019; 14: 1–9.
22. *Razina A., Dyatlova O.* Biological protection of spring wheat from root rot in the forest-steppe zone of Eastern Siberia. *BIO Web Conf.* 21. 2020; 00034. DOI: 10.1051/bioconf/20202100034
23. *Rouhi H.R., Surki A.A., Sharifzadeh F., Afshari R.T.* Study of Different Priming Treatments on Germination Traits of Soybean Seed Lots. *Notulae Scientia Biologicae.* 2011; 3(1): 101–108.
24. *Sangwan V.P., Dahiya O.S., Kharb R.P.S.* Improvement of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield under Field Conditions by Inoculation of Microbial Strains. *Microbiology Journal.* 2012; 2: 86–95.

Мартынов Алексей Александрович, аспирант, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»; 625003, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Володарского, 6; тел.: (932)323–71–59; e-mail: m76549@gmail.com

Боме Нина Анатольевна, д-р с.-х. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»; 625003, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Володарского, 6; тел.: (912)923–61–77; e-mail: n.a.bome@utmn.ru

Юркова Виктория Андреевна, аспирант, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»; 625003, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Володарского, 6; тел.: (982)926–32–57; e-mail: v.a.yurkova@utmn.ru

Базюк Денис Александрович, аспирант, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»; 625003, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Володарского, 6; тел.: (982)945–72–00; e-mail: bazjukdenis97@yandex.ru

Aleksey A. Martynov, post-graduate student, University of Tyumen (6 Volodarskogo Str., Tyumen, 625003, Russian Federation; phone: (932) 323–71–59; E-mail: m76549@gmail.com)

Nina A. Bome, DSc (Ag), Professor, University of Tyumen (6 Volodarskogo Str., Tyumen, 625003, Russian Federation; phone: (912) 923–61–77; E-mail: n.a.bome@utmn.ru)

Viktoriya A. Yurkova, post-graduate student, University of Tyumen (6 Volodarskogo Str., Tyumen, 625003, Russian Federation; phone: (982) 926–32–57; E-mail: v.a.yurkova@utmn.ru)

Denis A. Bazjuk, post-graduate student, University of Tyumen (6 Volodarskogo Str., Tyumen, 625003, Russian Federation; phone: (982) 945–72–00; E-mail: bazjukdenis97@yandex.ru)

ВИДОВОЙ СОСТАВ ТРИПСОВ (INSECTA: THYSANOPTERA)
НА СЕЛЕКЦИОННЫХ ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Р. КАРРУМ, В.В. ГРИЦЕНКО

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Злаковые трипсы – повсеместно распространенные, массовые и серьезные вредители зерновых культур. Имаго и личинки трипсов, нанося уколы и высасывая соки растений, способны повреждать листья, колосья, цветки и зерновки. Трипсы снижают не только массу, но и посевные качества зерна, представляя угрозу для селекционных и семеноводческих посевов.

Злаковые трипсы – группа видов, разнообразная систематически и биологически, сложная для диагностики и изучения. Морфологическую диагностику трипсов проводят по фазе имаго; для диагностики личинок близких видов требуется привлечение молекулярно-генетических методов. Как правило, основное внимание уделяют пшеничному трипсу, другие виды менее известны.

На опытных посевах зерновых культур в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева злаковые трипсы – одни из основных вредителей. В 2020 г. на яровой пшенице их доля в численном составе сборов насекомых кошением сачком достигала 14%, в 2022 г. – 29%. Однако видовой состав трипсов здесь ранее не изучали.

В генетической коллекции яровой пшеницы (45 сортообразцов) и коллекции эндемичных пшениц (18 сортообразцов) селекционной опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева проведен учет и диагностика видового состава трипсов.

Всего проанализировано 993 имаго трипсов с приготовлением микропрепаратов. Выделены 7 видов растительноядных и 1 вид хищных трипсов. В видовом составе доминируют 3 вида злаковых трипсов: пустоцветный *Haplothrips aculeatus*; пшеничный *Haplothrips tritici*; тонкоусый *Frankliniella tenuicornis*. Наиболее редким является ржаной трипс *Limothrips denticornis*.

Отмечены некоторые различия видов трипсов по срокам появления на посевах и периоду основной вредоносности. Для наиболее массовых, близкородственных и внешне сходных видов указаны основные диагностические признаки.

Ключевые слова: Трипсы, *Thysanoptera*, яровая пшеница, *Haplothrips aculeatus*, *Haplothrips tritici*, *Frankliniella tenuicornis*, хищный трипс

Введение

Яровая пшеница – важнейшая продовольственная культура в РФ и в мире [4]. Она является наиболее ценной и распространенной среди других зерновых культур [3, 8]. Продуктивность яровой пшеницы ограничена большим количеством абиотических и биотических факторов. Среди последних насекомые вредители вызывают значительные потери урожая [7].

Трипсы относятся к отряду насекомых бахромчатокрылые (Thysanoptera), насчитывающему в мировой фауне около 6164 видов [17], принадлежащих 782 родам и 2 подотрядам, Terebrantia и Tubulifera [11]. Среди них преобладают фитофаги, в том числе серьезные сосущие вредители полевых культур и культур защищенного грунта.

Семейство Phlaeothripidae является наиболее многочисленным среди трипсов, насчитывая около 3500 описанных видов, за ним следуют Thripidae с 2400 описанными видами [14, 15].

Злаковые трипсы – повсеместно распространенная серьезная группа вредителей зерновых культур. Имаго способны повреждать листья в области листового влагалища, вызывая обесцвеченные серебристые пятна, увядание листьев, и колосья, вызывая недоразвитие и деформацию колоса, белоколосость [12]. Повреждение имаго и личинками цветков, завязей и молодых зерновок приводит к пустоцветности, невыполненности и снижению массы зерна. Трипсы снижают также посевные качества зерна, представляя угрозу для селекционных и семеноводческих посевов [5, 9, 18]. По данным Россельхозцентра, в 2020 г. на посевах яровых зерновых в Российской Федерации химические обработки против трипсов потребовались на общей площади 2190 тыс. га [7].

Злаковые трипсы – довольно сложная для диагностики и мониторинга группа вредителей. В связи с мелкими размерами их точная морфологическая диагностика, проводимая по имагинальной фазе, требует микроскопирования специальных препаратов. В литературе часто ограничиваются общей краткой характеристикой группы, выделяя наиболее известный вид – пшеничный трипс. Остальные виды являются менее изученными. Между тем разные виды злаковых трипсов могут иметь существенные различия биологии и вредоносности. Так, у пшеничного трипса *Haplothrips tritici* зимуют личинки старшего возраста, в год развивается одно поколение. У близкого и внешне сходного пустоцветного трипса *Haplothrips aculeatus* зимуют имаго, в год развивается до двух поколений. В связи с этим требуется более детальный анализ группы.

Помимо злаковых трипсов, на посевах пшеницы встречаются хищные трипсы семейства *Aelothripidae*, считающиеся существенным фактором регуляции растительноядных трипсов [1].

Цель исследований: уточнение состава и соотношения видов трипсов на селекционных посевах яровой пшеницы.

Материал и методика исследований

Трипсы были собраны на селекционной опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева июня-августа 2022 г. на яровой пшенице. Сборы проводили в генетической коллекции яровой пшеницы, представленной 45 сортообразцами в 3 блоках, и коллекции эндемичных пшениц, представленной 18 образцами. Сортообразцы высеяны в 4-кратной повторности в первом блоке, в 3-кратной – в остальных, в мелкоделяночных (1 × 1 м) посевах.

По каждому сортообразцу в каждой повторности просматривали по 10 случайно взятых колосьев с фазы колошения до конца фазы созревания. Трипсов собирали путем ручного лущения колосьев со стряхиванием на белую картонку и помещением мягкой кисточкой в 70%-ный этиловый спирт для морфологической идентификации.

С помощью реагента Хойера готовили временные микропрепараты трипсов согласно стандартным методикам [16]. Приготовление препаратов проводилось с помощью стереомикроскопа Zeiss Stemi 508, определение – с помощью светового микроскопа Zeiss Primo Star. При идентификации видов использовались определители [5, 13].

Результаты и их обсуждение

На опытных посевах зерновых в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева злаковые трипсы – одни из наиболее распространенных вредителей. Так, в предшествующем исследовании 2020 г. в коллекции конкурсного сортоиспытания яровой пшеницы их доля достигала 14% численного состава энтомофауны в сборах кошением сачком. В 2022 г. они достигали 29% от общего состава. В оба года в фазы колошения-молочной спелости злаковые трипсы занимали второе место по обилию среди групп вредителей. Численность трипсов нарастает ко второй половине вегетации. В фазы кушения-выхода в трубку трипсы целиком представлены имаго, заселяющими посевы. В период налива-созревания зерна около 2/3 составляют личинки.

Трипсы обнаружены на всех сортах яровой пшеницы, выращиваемых на селекционной опытной станции. Собранные 993 имаго трипсов были представлены 8 видами из 2 подотрядов. 6 видов относятся к подотряду Яйцекладные – Terebrantia, из них 5 – к семейству Настоящие трипсы – Thripidae, один – к семейству Aeolothripidae (Эолотрипиды). Два вида относятся к подотряду Трубочхвостые – Tubulifera, семейству Безжилковые трипсы – Phlaeothripidae (рис. 1).

Выявленные виды трипсов относятся к экологически разным группам: хищный трипс (*Aeolothrips intermedius*) – энтомофаг; пшеничный трипс (*Haplothrips tritici*) – растительноядный монофаг; все остальные виды – пустоцветный трипс (*Haplothrips aculeatus*), тонкоусый трипс (*Frankliniella tenuicornis*), обыкновенный трипс (*Frankliniella intonsa*), полевой трипс (*Chirothrips manicatus*), злаковый трипс (*Anaphothrips obscurus*), ржаной трипс (*Limothrips denticornis*) – растительноядные олигофаги.

Наиболее часто встречающиеся виды трипсов: пустоцветный трипс *Haplothrips aculeatus* и пшеничный трипс *Haplothrips tritici* – составили 51.8% всех собранных экземпляров. Частое и многочисленное присутствие тонкоусого трипса *Frankliniella tenuicornis* подтвердило роль яровой пшеницы в качестве основного растения хозяина. Остальные виды встречались лишь в среднем и малом количестве (табл. 1)



Рис. 1. Виды трипсов: (1) *Haplothrips aculeatus*; (2) *Haplothrips tritici*; (3) *Frankliniella tenuicornis*; (4) *Frankliniella intonsa*; (5) *Chirothrips manicatus*; (6) *Anaphothrips obscurus*; (7) *Limothrips denticornis*; (8) *Aeolothrips intermedius* (фото Р.Е. Карпум)

Пустоцветного и пшеничного трипсов отмечали в наибольшем количестве в фазу созревания яровой пшеницы в отличие от остальных видов, преобладавших в фазы колошения и цветения. Самки ржаного трипса появляются на поле весьма рано, до начала колошения пшеницы, и питаются листьями злаков. Появление обыкновенного трипса на яровой пшенице может быть связано с наличием поблизости некоторых цветущих сорняков.

Сопоставление результатов наших исследований с другими результатами осложняет фрагментарность описаний видового состава трипсов на зерновых культурах в литературе. В исследованиях трипсов на яровой пшенице в условиях Заволжья отмечено 8 видов. Из них 2 вида собственно злаковых трипсов и 1 хищный трипс отмечены и в нашей работе; 5 видов к злаковым трипсам не относятся и, вероятно, связаны со смежной и сорной растительностью [10]. В исследованиях видового состава трипсов на посевах озимой пшеницы в Калининградской области выявлено 9 видов растительноядных трипсов. Из них 5 видов злаковых трипсов отмечены и в наших наблюдениях. Пшеничный трипс в Калининградской области не обнаружен; 4 вида связаны со смежной и сорной растительностью [6].

Московскую область обычно указывают как северную границу распространения пшеничного трипса [2], вследствие чего здесь можно ожидать его редкую встречаемость. Однако в наших наблюдениях это второй по массовости вид. По-видимому, в связи с климатическими изменениями последних десятилетий происходит распространение и подъем численности пшеничного трипса в северном направлении.

Таблица 1

Видовой состав трипсов, собранных на яровой пшенице селекционной опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2022 г.

№	Виды	Количество особей данного вида, экз.	Доля особей данного вида в общей численности трипсов, %
1	Пустоцветный трипс – <i>Haplothrips aculeatus</i> (Fabricius, 1803)	310	31.2±1.5
2	Пшеничный трипс – <i>Haplothrips tritici</i> (Kurdyumov, 1912)	205	20.6±1.3
3	Тонкоусый трипс – <i>Frankliniella tenuicornis</i> (Uzel, 1895)	180	18.1±1.2
4	Обыкновенный трипс – <i>Frankliniella intonsa</i> (Trybom, 1895)	124	12.5±1.0
5	Полевой трипс – <i>Chirothrips manicatus</i> (Haliday, 1836)	72	7.2±0.8
6	Хищный трипс – <i>Aeolothrips intermeduis</i> (Bagnall, 1934)	49	4.9±0.7
7	Злаковый трипс – <i>Anaphothrips obscurus</i> (Muller, 1776)	31	3.2±0.5
8	Ржаной трипс – <i>Limothrips denticornis</i> (Haliday, 1836)	22	2.2±0.4

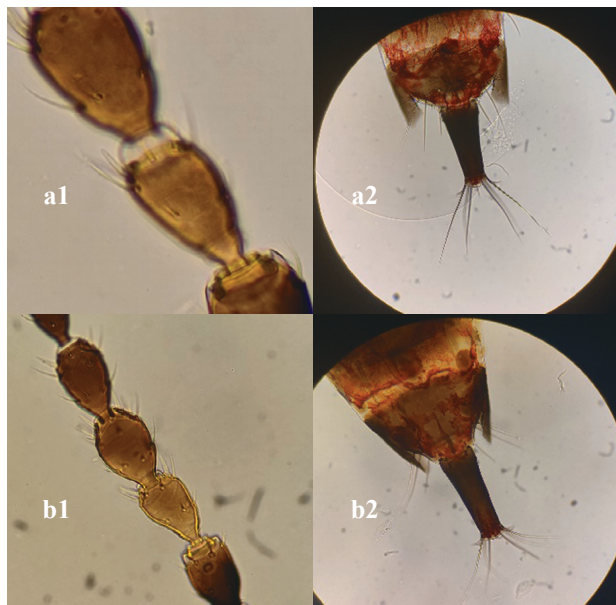


Рис. 2. (а) Пустоцветный трипс;
(б) Пшеничный трипс; (1) сенсиллы;
(2) трубка (фото Р.Е. Каррум)

У двух наиболее массовых видов из семейства Phlaeothripidae рода *Haplothrips* – пустоцветного и пшеничного трипсов – основные различия касаются количества чувствительных щетинок: сенсилл на усиках и формы яйцевой трубки (рис. 2, табл. 2).

Различия между двумя видами семейства Thripidae рода *Frankliniella* – обыкновенным и тонкоусым трипсами – касаются формы головы, формы и окраски усиков, наличия гребня на VIII тергите брюшка (рис. 3, табл. 2).

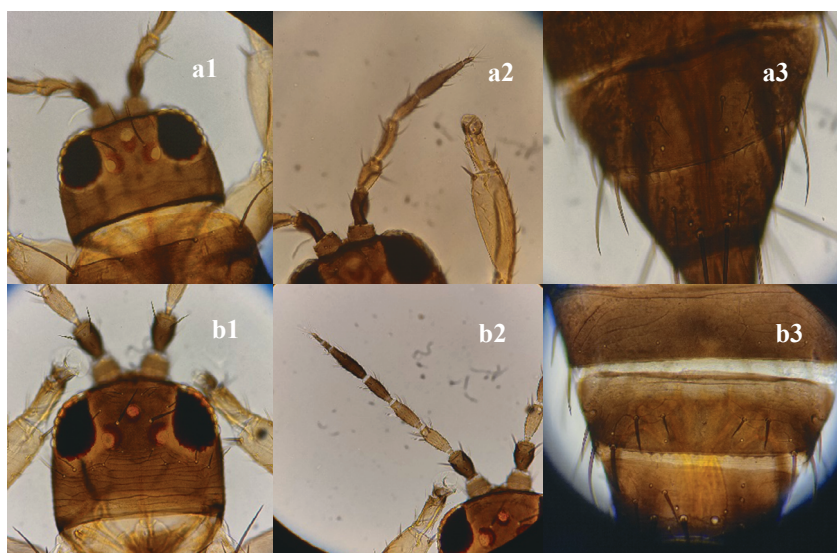


Рис. 3. а – Обыкновенный трипс; б – Тонкоусый трипс; (1) голова; (2) усики;
(3) гребень на VIII тергите (фото Р.Е. Каррум)

По результатам оценки заселенности селекционных коллекций злаковыми трипсами, среди 63 сортообразцов наибольший интерес представляют 4 сортообразца: сорта мягкой яровой пшеницы Ирень, Фаворит, Тюменская 29 и образец персидской пшеницы *Triticum persicum* var. *fuliginosum* к-1694 из Грузии. Эти образцы подтвердили достоверно меньшую заселенность трипсами в двух учетах, проведенных в разные сроки разными способами. На них отмечалось снижение численности трипсов на 50–70% относительно средних значений по коллекции.

Следует отметить наиболее характерные диагностические отличия между близкими и сходными внешне видами злаковых трипсов, которые составили большую часть сборов [5, 13].

Основные диагностические отличия сходных видов злаковых трипсов

Признаки	Сравниваемые виды	
	Пшеничный трипс – <i>Haplothrips tritici</i>	Пустоцветный трипс – <i>Haplothrips aculeatus</i>
Число сенсилл (чувствительных щетинок) на усиках	3-й членик усиков с 2 сенсиллами, 4-й членик – с 4 сенсиллами	3-й членик усиков с 1 сенсиллой, 4-й членик – с 3 сенсиллами
Форма хвостовой трубки	трубка несколько длиннее, длиннее своей ширины у основания в 1.9–2.7 раза	трубка несколько короче и шире, длиннее своей ширины у основания менее чем в 2.3 раза
Признаки	Тонкоусый трипс – <i>Frankliniella tenuicornis</i>	Обыкновенный трипс – <i>Frankliniella intonsa</i>
Форма головы	голова спереди глаз заметно вытянута	голова спереди глаз не вытянута
Форма усиков	усики длинные и тонкие	усики короче и толще
Окраска усиков	основание 5-го членика усика желтое	5-й членик усика бурый
Форма VIII тергита брюшка	гребень на VIII тергите брюшка не развит	на VIII тергите брюшка развит гребень

Выводы

В 2022 г. на яровой пшенице в фазы колошения-молочной спелости злаковые трипсы достигали 29% от общего состава энтомофауны и занимали второе место по обилию среди групп вредителей.

В период от колошения до созревания на 63 сортообразцах пшеницы селекционной опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева выявлено 8 видов трипсов: 2 вида относятся к семейству Phlaeothripidae, 5 видов – к семейству Thripidae, один вид – к семейству Aeolothripidae. В целом трипсы выявлены на всех сортах яровой пшеницы, но в разной пропорции.

Три вида трипсов являются наиболее массовыми: *Haplothrips aculeatus* – 31.2%; *Haplothrips tritici* – 20.6%; *Frankliniella tenuicornis* – 18.1% от общего количества. Наименее представлен ржаной трипс – *Limothrips denticornis* (2.2%).

Менее заселялись злаковыми трипсами в двух учетах сорта яровой пшеницы Ирень, Фаворит, Тюменская 29 и образец персидской пшеницы *Triticum persicum* var. *fuliginosum* к-1694 из Грузии.

Таким образом, состав трипсов на посевах яровой пшеницы, находящихся в условиях мегаполиса, следует признать обильным и разнообразным.

Библиографический список

1. Алехин В.Т., Юдина М.Ю. Биологическая защита зерновых культур от вредителей // Защита и Карантин Растений. – 1998. – № 10. – С. 18–20.
2. Афонин А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения (DVD-версия) / А.Н. Афонин, С.Л. Грин, Н.И. Дзюбенко, А.Н. Фролов; Под ред А.Н. Фролова. – 2008. – URL: <http://www.agroatlas.ru>.
3. Дубоносов Т.С., Панарин И.В. К вопросу о создании инфекционного фона вирусных болезней озимой пшеницы // Защита растений: Сборник научных трудов. – Краснодар: КНИИСХ, 1974. – Вып. VII. – С. 79–84.
4. Макарова Л., Пинегин В., Тимченко И. Яровая пшеница: 100 ц/га – уже не предел // Поле Августа. – 2015. – Вып. 2. – № 135. – С. 1–2.
5. Мещеряков А.А. Отряд Thysanoptera – Бахромчатокрылые пузыреногие или трипсы // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. – Л.: Наука, 1986. – С. 380–431.
6. Рожина В.И., Дротинова А.М., Земскова О.А. Трипсы (THYSANOPTERA, INSECTA) на озимой пшенице в Калининградской области // Вестник защиты растений. – 2015. – № 2 (84). – С. 53–55.
7. Россельхозцентр. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2020 г. и прогноз на 2021 г. / ФГБУ Российский Сельскохозяйственный Центр. – М., 2021.
8. Сатарова Р.М. Особенности формирования урожайности и качества зерна новых сортов яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепной зоны республики башкортостан: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Уфа, 2013. – С. 3.
9. Чекмарева Л.И. Комплекс сосущих вредителей и их энтомофаги в агроценозе яровой пшеницы в Завольже: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Саратов, 2004. – С. 3.
10. Шкаликов В.А., Дьяков Ю.Т., Смирнов А.Н. Иммуитет растений: Вид издания. – М.: КолосС, 2005. – 190 с.
11. Belaam-Kort I., Marullo R., Attia S., Boulahia-Kheder S. Thrips fauna in citrus orchard in Tunisia: an up-to-date // Bulletin of Insectology. – 2020. – № 73 (1). – С. 1–10.
12. Cook D., Herbert A., Akin D.S., Reed J. Biology, crop injury, and management of thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting cotton seedlings in the United States. J. Integr. Pest Manag. – 2011. – 2: B1-B9. doi: 10.1603/IPM10024.
13. Mound L.A., G.D. Morison, Pitkin B.R. & Palmer J.M. Thysanoptera. Handbooks for the identification of British insects. – 1976. – № 1 (11). – 79.
14. Mound L.A., Morris D.C. The insect order Thysanoptera: Classification versus systematics // Zootaxa. – 2007. – 1668:395–411. doi: 10.11646/zootaxa.1668.1.21.
15. Nel P., Peñalver E., Azar D., Hodebert G., Nel A. Modern thrips families Thripidae and Phlaeothripidae in early Cretaceous amber (Insecta: Thysanoptera) Ann. Soc. Entomol. – Fr. 2013. – 46:154–163. doi: 10.1080/00379271.2010.10697651.
16. Palmer J.M., Mound L.A., Heaume G.J. CIE Guides to insects of importance to man. 2. Thysanoptera. – Wallingford: CABI, 1989. – 74 p.
17. THRIPSWIKI. – 2017. – URL: <https://thrips.info/wiki/> (last accessed January 18, 2019).
18. Virteiu A.M., Stefi R., Carabet A., Grozea L. Thrips (Thysanoptera: Insecta) on winter wheat in Timis County, Romania // Research Journal of Agricultural Science. – 2018. – № 50 (3). – Pp. 10–14.

SPECIES COMPOSITION OF THRIPS (INSECTA: THYSANOPTERA)
ON SELECTION CROPS OF SPRING WHEAT
IN THE RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY –
MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL ACADEMY

R. KARRUM, V.V. GRITSENKO

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Cereal thrips are ubiquitous, widespread and strong pests of grain crops. Imago and larvae of thrips can damage leaves, ears, flowers and grains by injecting and sucking plant juices. Thrips reduce not only the weight but also the sowing qualities of grain, posing a threat to breeding and seed crops.

Cereal thrips are a systematically and biologically diverse group of species that are difficult to diagnose and study. Morphological diagnosis of thrips is carried out according to the adult phase; diagnosis of larvae of closely related species requires the use of molecular genetic methods. The wheat thrips are usually the main focus; other species are less known.

In the experimental crops in Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, cereal thrips are one of the main pests. In 2020, on spring wheat, their share in the number of insect collections by mowing with a net reached 14 in 2022, it reached 29%. However, the species composition of thrips has not been previously studied here.

In the genetic collection of spring wheat (45 varieties) and the collection of endemic wheat (18 varieties) of the breeding experimental station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, censuses and diagnostics of the species composition of thrips were carried out.

*A total of 993 adults of thrips were analyzed and micro preparations were made. Seven species of herbivorous and one species of predatory thrips were identified. The species composition is dominated by three species of cereal thrips: *Haplothrips aculeatus*, *Haplothrips tritici*, and *Frankliniella tenuicornis*. The rarest among them is the rye thrips *Limothrips denticornis*.*

Some differences between thrips species are noted in terms of appearance on crops and the period of the main damage. For the most widespread, closely related and outwardly similar species, the main diagnostic features are indicated.

Key words: *thrips, Thysanoptera, spring wheat, Haplothrips aculeatus, Haplothrips tritici, Frankliniella tenuicornis, predatory thrips*

References

1. Alekhin V.T., Yudina M.Yu. Biologicheskaya zashchita zernovykh kul'tur ot vrediteley [Biological protection of grain crops from pests]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 1998; 10: 18–20. (In Rus.)
2. Afonin A.N., Green S.L., Dzyubenko N.I., Frolov A.N. Agroekologicheskiy atlas Rossii i sopredel'nykh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ikh vrediteli, bolezni i sornye rasteniya [DVD-versiya] [Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds [DVD version]]. 2008 <http://www.agroatlas.ru> (In Rus.)
3. Dubonosov T.S., Panarin I.V. K voprosu o sozdaniy infektsionnogo fona virusnykh bolezney ozimoy pshenitsy [To the question of creating an infectious background of viral diseases of winter wheat]. Sbornik nauchnykh trudov. Zashchita rasteniy. Krasnodar: KNIISKh. 1974; VII: 79–84. (In Rus.)
4. Makarova L., Pinegin V., Timchenko I. Yarovaya pshenitsa: 100 ts/ga uzhe ne predel [Spring wheat: 100 c/ha is no longer the limit]. Pole Avgusta. 2015; 2; 135: 1–2. (In Rus.)
5. Meshcheryakov A.A. Otryad Thysanoptera – Bakhromchatokrylye puzyrenogie ili tripsy [Order Thysanoptera – Fringed-winged vesicles or thrips]. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka SSSR. L.: Nauka, 1986: 380–431. (In Rus.)

6. Rozhina V.I., Drotikova A.M., Zemskova O.A. Tripsy (THYSANOPTERA, INSECTA) na ozimoy pshenitse v Kaliningradskoy oblasti [Thrips (THYSANOPTERA, INSECTA) on winter wheat in the Kaliningrad region]. Vestnik zashchity rasteniy. 2015; 2(84): 53–55. (In Rus.)
7. Rossel'khoztsentr. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Rossiyskoy Federatsii v 2020 g. i prognoz na 2021 g. [Rosselkhoztsentr. Review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2020 and forecast for 2021]. FGBU Rossiyskiy Sel'skokhozyaystvenniy Tsent. M.: 2021. (In Rus.)
8. Satarova R.M. Osobnnosti formirovaniya urozhaynosti i kachestva zerna novykh sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh yuzhnoy lesostepnoy zony respubliki Bashkortostan: avtoref. dis. D-ra Sel. Nauk [Features of the formation of yield and grain quality of new varieties of spring soft wheat in the conditions of the southern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan: abstract of DSc (Ag) thesis]. Ufa, 2013: 3. (In Rus.)
9. Chekmareva L.I. Kompleks sosushchikhk vreditel'ey i ikh entomofagi v agrotsenoze yarovoy pshenitsy v Zavolzh'e. Aftoref. dis. Dok. S-kh. Nauk [A complex of sucking pests and their entomophages in a spring wheat agrocenosis in Zavolzhye. abstract of DSc (Ag) thesis]. Saratov, 2004: 3. (In Rus.)
10. Shkalikov V.A., Dyakov Yu.T., Smirnov A.N. Immunitet rasteniy [Plant immunity]. M.: KolosS, 2005: 190. (In Rus.)
11. Belaam-Kort I., Marullo R., Attia S., Boulahia-Kheder S. Thrips fauna in citrus orchard in Tunisia: an up-to-date. Bulletin of Insectology. 2020; 73 (1): 1–10.
12. Cook D., Herbert A., Akin D.S., Reed J. Biology, crop injury, and management of thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting cotton seedlings in the United States. J. Integr. Pest Manag. 2011; 2: B1-B9. DOI: 10.1603/IPM10024
13. Mound L.A., Morison G.D., Pitkin B.R., Palmer J.M. Thysanoptera. Handbooks for the identification of British insects. 1976; 1 (11): 79.
14. Mound L.A., Morris D.C. The insect order Thysanoptera: Classification versus systematics. Zootaxa. 2007; 1668: 395–411. DOI: 10.11646/zootaxa.1668.1.21
15. Nel P., Peñalver E., Azar D., Hodebert G., Nel A. Modern thrips families Thripidae and Phlaeothripidae in early Cretaceous amber (Insecta: Thysanoptera) Ann. Soc. Entomol. Fr. 2013; 46: 154–163. DOI: 10.1080/00379271.2010.10697651
16. Palmer J.M., Mound L.A., Heaume G.J. CIE Guides to insects of importance to man. 2. Thysanoptera. Wallingford: CABI, 1989: 74.
17. THRIPSWIKI., 2017. https://thrips.info/wiki/Main_Page (Access date: 18.01.2019).
18. Virteiu A.M., Stefi R., Carabet A., Grozea L. Thrips (Thysanoptera: Insecta) on winter wheat in Timis County, Romania. Research Journal of Agricultural Science. 2018; 50 (3): 10–14.

Каррум Рита, аспирант, кафедры защиты растений, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева»; e-mail: rita.karroum28@gmail.com

Гриценко Вячеслав Владимирович, д-р биол. наук, профессор кафедры защиты растений, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; e-mail: vgricenko@rgau-msha.ru

Rita Karrum, post-graduate student of the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; E-mail: rita.karroum28@gmail.com)

Vyacheslav V. Grytsenko, DSc (Bio), Professor of the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; E-mail: vgricenko@rgau-msha.ru)

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

О.Н. КУРДЮКОВА

(Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина)

Приведены результаты многолетних полевых опытов, заложенных на двух типах почв: черноземных и каштановых. Представлены показатели средней семенной продуктивности более чем 50 видов сорных растений, произрастающих на этих почвах, указана продолжительность жизнеспособности семян, заложенных в слое 0–30 см почвы, качество семян при послойном их размещении в почве, на ее поверхности и при хранении в условиях сухого складского помещения. Выявлено, что самой высокой семенной продуктивностью отличались яровые ранние и зимующие сорные растения на черноземных почвах (более 50 тыс. шт. семян с растения). Установлено, что данные семена сохраняли жизнеспособность в почве от 3 до 6 лет (23 вида) или более 6 лет – 20 видов, и только 3 вида – менее 3 лет. На каштановых почвах семенная продуктивность большинства сорных растений снижалась на 11–26% по сравнению с черноземами. Потеря жизнеспособности семян происходила более интенсивно на каштановых почвах, чем на черноземных. Установлено, что самая низкая жизнеспособность семян на обоих типах почв отмечалась при многолетнем пребывании их на поверхности почвы: через 5 лет она не превышала 12–15%, а через 10 лет – 2–3%, тогда как при расположении в слое 0–10 см черноземных почв она достигала соответственно 36 и 18%, а на каштановых снижалась сильнее и не превышала 26 и 10%. В нижележащих слоях почвы, 10–20 и 20–30 см, более высокая жизнеспособность семян сорных растений оставалась на каштановых почвах.

Ключевые слова: виды сорняков, качество семян, слой почвы, черноземы, каштановые почвы

Введение

Высокая семенная продуктивность и продолжительная жизнеспособность семян сорных растений, попадающих в почву, – важнейшие биологические особенности, которые всегда способствовали сохранению вида, обуславливали значительную засоренность полей и являлись главным препятствием в повышении культуры земледелия [10, 15, 18].

В последние годы вследствие неправильной обработки почвы, несвоевременных уходов за посевами, нарушения структуры посевов и севооборотов отмечено значительное увеличение обилия сорных растений в степных агрофитоценозах за счет высокой семенной продуктивности и продолжительной жизнеспособности их семян в почве. Засоренность посевов во много раз превышала критические пороги и составляла от 2,0 до 5,0 тыс. шт/м² всходов сорных растений [5, 18].

Средняя семенная продуктивность разных видов сорных растений достигала от 16–97 шт. до 154–198 тыс. шт. с одного растения, а общее число семян с 1 м² – от 7,7 до 449 тыс. шт. [5]. По другим данным, семенная продуктивность ряда сорных растений достигала 600–700 тыс. и даже 1,7–2,0 млн шт. семян с растения, а урожайность семян превышала 90–110 г/м² [13].

Чужеродные инвазионные виды сорных растений во многих случаях были более конкурентоспособными, чем аборигенные, отличались более интенсивным ростом, развитием, высокой всхожестью семян, вследствие чего вытесняли аборигенные виды с естественных растительных сообществ [1, 3].

Семенная продуктивность таких чужеродных видов, как *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Oenothera biennis* L. и др., была выше в 2–3 раза, чем при тех же условиях в аборигенных видах [1, 2, 16].

Аналогичным образом завезенный с Евразии в штат Юта (США) *Agropyron desertorum* превосходил по семенной продуктивности аборигенный вид *Agropyron spicatum* в 70 раз [20].

После уборки урожая сельскохозяйственных культур от 63 до 92% семян сорных растений попадало в почву. В течение многих десятков и даже сотен лет они сохраняли жизнеспособность, не одновременно, в течение продолжительного времени прорастали и являлись источником высокой актуальной засоренности полей [5, 8]. Причем семена многих видов сорных растений сохраняли жизнеспособность в почве в течение более длительных сроков, чем в условиях сухого хранения в лабораториях или складах [9].

Ряд полевых наблюдений свидетельствовал о том, что погруженные в почву семена *Cirsium arvense* (L.) Scop. сохраняли жизнеспособность в течение 20 лет, *Thlaspi arvense* L. – в течение 30, *Convolvulus arvensis* L. – 50, *Medicago lupulina* L. – 70, *Lotus corniculatus* L. – 80, *Anthyllis macrocephala* Wender. – в течение 90 лет, а семена *Chenopodium* sp., *Amaranthus* sp., *Ranunculus* sp., хранящиеся в почве в герметично закрытых сосудах или глиняных горшках, – до 3 тыс. лет [13, 17].

Чаще всего указывалось, что семена большинства сорных растений сохраняли жизнеспособность в почве за счет толстой оболочки, непроницаемой для воды [15]. У многих других типов семян, не имеющих непроницаемой оболочки, высокая жизнеспособность связана, очевидно, с высокой концентрацией в почве углекислого газа [17]. Некоторые исследователи связывали утрату жизнеспособности семян с их разнокачественностью, старением и цитоплазматическими аномалиями, разрушением РНК, снижением содержания витаминов, жиров, сахаров, интенсивности синтеза белка [14].

Среди запасов жизнеспособных семян сорных растений, произрастающих на черноземных и каштановых почвах, самые большие накопления формировали представители семейств Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Poaceae и др. [5, 18].

На различных типах почвы жизнеспособность семян разных видов сорных растений также является неодинаковой и обуславливалась не только наличием у них толстой водо- и воздухонепроницаемой семенной или плодовой оболочки, веществ, задерживающих прорастание, морфологической неоднородностью развития зародыша, химико-физиологическими процессами, протекающими в нем, но и температурным режимом, увлажнением, механическим и химическим составом почвы, микробиологической активностью, глубиной расположения семян в почве и рядом других факторов [8, 10, 15, 18].

В черноземных почвах Лесостепной зоны и Северной Степи отмечалась более интенсивная потеря жизнеспособности семян в слоях 10–20 и 20–30 см, тогда как в черноземных почвах Южной Степи, каштановых почвах Засушливой Степи и в бурых почвах Калмыкии – на поверхности и в слое 0–10 см [12, 18].

По утверждению большинства гербологов, размеры накопления семян в почве на обрабатываемых землях в наибольшей степени определялись семенной продуктивностью сорных растений и интенсивностью обработки почвы [5]. В то же время предполагалось наличие в почве стабилизирующего механизма, который препятствует неограниченному накоплению жизнеспособных семян в пахотном слое почвы [9]. Семена сорных растений, находящиеся в почве, отмирали постепенно, а темпы отмирания оставались постоянными, равномерными и зависели от видового состава семян.

При этом отмирание семян происходило равномерно во всех слоях почвы, а глубина залегания семян в почве не оказывала заметного влияния на жизнеспособность семян [10, 19]. Поэтому имеющиеся в настоящее время в литературе показатели семенной продуктивности и жизнеспособности семян различных видов сорных растений

весьма противоречивы и неоднозначны, что связано, очевидно, с различными почвенно-климатическими условиями в местах проведения исследований и глубиной размещения семян в почве. Нередко они приводились для видов, не произрастающих на черноземных и каштановых почвах или произрастающих в прошлом и в настоящее время не встречающихся. Для новых видов, обнаруженных в последние 30–40 лет, таких данных нет. К тому же жизнеспособность семян установлена лишь для 8–12% видов сорных растений, произрастающих на черноземных и каштановых почвах [5, 10].

Цель исследований: установить показатели семенной продуктивности наиболее распространенных сорных растений и жизнеспособности их семян в зависимости от глубины залегания и времени пребывания в черноземных и каштановых почвах.

Материал и методика исследований

Полевые опыты проводились в течение 2008–2022 гг. на двух типах почв: черноземных и каштановых. Опытные участки на черноземах обыкновенных тяжело-суглинистых располагались на стыке Приазовской слабо засушливой сельскохозяйственной зоны Ростовской области и Крынско-Нагольчанского сельскохозяйственного района Луганской области, которые относятся к Северной Степи (47°51'13»N, 39°05'18»E). Средневзвешенное содержание гумуса в слое 0–30 см составило в этих почвах 4,3%, валового азота – 0,23–0,24%, легкогидролизуемого – 112–114 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 106–108 мг/кг, обменного калия – 138–140 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора отмечалась в пределах 7,0–7,2. Наименьшая влажность почвы составляла 27–29%, влажность увядания – 1112%, объемная масса почвы – 1,27–1,30 г/см³, пористость – 56–57%.

Климат района исследований – континентальный умеренно засушливый. Среднегодовая сумма осадков составляла 456 мм, в том числе за апрель–октябрь – 322 мм. Среднегодовая температура воздуха составляла 8,8 °С, самого теплого месяца, июля – 22,4 °С, самого холодного, января, – минус 6,6 °С, сумма температур выше 5 °С – 3465 °С, продолжительность периода с температурами выше 5 °С – 268 сут., ГТК – 0,9.

Опытные участки на каштановых тяжелосуглинистых среднесолонцеватых почвах были заложены в Присивашском агропочвенном районе Засушливой Степи (45°50'00»N, 34°31'40»E). Средневзвешенное содержание гумуса в слое почвы 0–30 см составило 1,9%, валового азота – 0,12–0,13%, легкогидролизуемого – 88–92 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 189–194 мг/кг, обменного калия – 915–922 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора отмечалась в пределах 7,8–7,9. Наименьшая влажность почвы составляла 25–26%, влажность увядания – 14–15%, объемная масса почвы – 1,36–1,39 г/см³, пористость – 49–50%. Климат Присивашья – умеренно жаркий, засушливый. Средняя сумма осадков за год составляла 360 мм, в том числе за апрель–октябрь – 216 мм. Среднегодовая температура воздуха составляла 10,4 °С, самого теплого месяца, июля, – 25,1 °С, самого холодного, января, – минус 2,1 °С, сумма температур выше 5° – 3800 °С, продолжительность периода с температурами выше 5 °С – 290 сут., ГТК – 0,6.

Для определения жизнеспособности семена сорных растений урожая 2008 г., собранные в районах закладки опытов, по 100 шт., предварительно смешав с подготовленной почвой, осенью 2008 г. поместили в пластиковые сетчатые капсулы без дна, равномерно распределив по всему объему капсулы с последующим послойным извлечением их с 0–10, 10–20, 20–30 см слоя, подсчетом и анализом по каждому слою и в целом в слое 0–30 см. Капсулы закапывали на глубину 30 см, располагая вертикально, верхней частью вровень с поверхностью почвы. Семена каждого вида были заложены в 20 капсул в 4-кратной повторности.

Определение жизнеспособности семян сорных растений проводили методом набухания, используемого для определения мелкосемянных культурных растений и основанного на разной скорости набухания живых и мертвых семян, так как широко используемые методы окрашивания [7] или рентгенографии [11] не обеспечивали достоверных результатов в силу малых размеров и твердости семян сорных растений. Определение осуществляли ежегодно весной, извлекая из почвы по 1 капсуле с каждой повторности. Затем семена отмывали водопроводной водой и помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 0,5%-ным раствором NaOH, и выдерживали при температуре 20 ± 2 °C в течение 45 мин. Набухшие нежизнеспособные семена отделяли от ненабухших жизнеспособных. Определение твердых семян с числа жизнеспособных проводили путем погружения их на 1 ч в стаканчик с раствором щелочи при температуре 58 ± 2 °C. Твердые семена и после этого оставались ненабухшими [7].

Жизнеспособными считали живые семена независимо от того, находились они в состоянии покоя или нет. Число жизнеспособных семян выражали в процентах от общего количества в каждой капсуле.

В другом опыте, для определения качества семян в зависимости от условий хранения, их закладывали на поверхности почвы и в слой почвы 0–30 см послойно через каждые 10 см. Контролем служили семена, которые хранились в условиях сухого складского помещения при естественной температуре воздуха. Через 1 год, 5 и 10 лет определяли всхожесть семян путем проращивания их в течение 30 сут. при температуре 24 ± 2 °C на почве, увлажненной до 75% от наименьшей влагоемкости. Всхожими считали все проросшие семена, а покоящимися – те, которые не прорастали, не набухли и не изменили внешнего вида.

Семенную продуктивность сорных растений определяли ежегодно в производственных посевах на 50–100 экземплярах путем прямого подсчета с каждого растения или взвешивания семян с каждого растения, отбором 2–3 навесок, определения массы и числа семян в каждой из них и с последующим пересчетом числа семян на растении. Средняя семенная продуктивность определялась как частное от деления суммы числа семян всех учетных растений на число учетных растений в ряду определений. Учетная площадь делянок составляла от 16 до 100 м². Форма учетных делянок в посевах пропашных культур – прямоугольная, зерновых колосовых, зернобобовых, овощных и кормовых – квадратная [4, 6].

Для контроля засоренности производственных посевов и динамики видового состава сорных растений семена их отбирали буром конструкции ВНИИ кукурузы рано весной через каждые 10 см в слое 0–30 см почвы из 5–10 скважин на площадях до 50 га и 15–20 скважин – свыше 50 га. Из средних образцов семена сорных растений отмывали на ситах с диаметром отверстий 0.25 мм с последующим подсчетом их в каждом образце и пересчетом числа семян на 1 м² путем деления среднего количества семян в каждом образце, шт., на площадь бура, см², умножения полученного числа на 10 тыс. и на поправочный коэффициент объемной массы почвы.

Ошибки средних арифметических показателей величины семенной продуктивности и наименьшую существенную разность (НСР) устанавливали с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что в настоящее время никакие меры контроля сорных растений на обрабатываемых землях не обеспечивают долговременного снижения актуальной засоренности посевов. Главная причина этого – высокая потенциальная засоренность

почвы семенами сорных растений. Она на 90–92% формируется за счет огромной семенной продуктивности растений, произрастающих на данном поле. Так, в Северной Степи в 7 видов она превышала 50 тыс., в 6 видов – от 10 до 50 тыс., в 15 видов – от 1 до 10 тыс. шт. семян с растения. Наши расчеты показали, что при малолетнем типе засоренности и наличии в посевах культурных растений 25–45 шт/м² различных видов сорных растений на поверхность поля ежегодно осыпалось и поступало в почву 18,9–24,3 тыс. шт/м² семян сорняков.

Во время пребывания в почве все семена сорных растений подвергались воздействию различных метеорологических, физических, химических и биотических факторов, но несмотря на это, не теряли жизнеспособности и обеспечивали появление всходов и присутствие их в посевах культурных растений. При этом период, в течение которого семена сохраняли жизнеспособность в черноземных почвах, у разных видов сорных растений был неодинаковым (табл. 1).

По способности сохранять жизнеспособность в почве на глубине 0–30 см семена сорных растений нами условно распределены между тремя группами: сохраняли жизнеспособность не более 2 лет; от 3 до 6 лет; более 6 лет. В черноземных почвах к видам первой группы отнесены *B. tectorum*, *B. secalinus*, *G. aparine*; ко второй группе – 23 вида (*E. canadensis*, *G. parviflora*, *S. loeselii* и др.); к третьей – 20 видов (*A. artemisiifolia*, *C. arvense*, *E. crus-galli* и др.).

Полученные нами результаты, характеризующие семенную продуктивность и жизнеспособность семян сорных растений в черноземной почве, для ряда видов отличались от описанных в литературе [10, 13]. Так, семенная продуктивность *A. artemisiifolia* в сеgetальных биотопах указывалась на уровне 16–88 тыс., тогда как по нашим учетам – 7,3 тыс.; *Echinochloa crus-galli* – 6–14 и 4,8 тыс. соответственно; *C. xanthiifolia* – 93–1791 и 64,1 тыс.; *S. vulgaris* – 3–10 и 2,0 тыс.; *B. secalinus* – 1,0–5,0 тыс. и 498 шт.; и т.д. Это, очевидно, объясняется разной плотностью сорных растений в ценопопуляциях и неодинаковыми антропогенными воздействиями на растения в агрофитоценозах.

Жизнеспособность семян в черноземных почвах в *S. arvensis* по данным литературным [8, 10] составляет 4–5 лет, а по нашим данным – 8 лет; *C. regalis* – соответственно 4–5 и 7 лет; *L. tatarica* 3–4 и 7 лет; *S. vulgaris* – 8–10 и 3 года; *V. arvensis* – 10–12 и 8 лет. В *A. artemisiifolia* всхожесть семян при нахождении в почве в течение 40 лет указывалась на уровне 16–18% [13], тогда как в наших опытах жизнеспособность семян уже после 10 лет нахождения в почве снижалась до 9,3%. Такие различия связаны, очевидно, с различными методиками закладки и хранения семян (в герметично закупоренных стеклянных бутылках, цветочных горшках, капроновых пакетах, железных трубках и др.), неодинаковыми физико-химическими свойствами почвы и условиями на обрабатываемых и необрабатываемых землях.

Максимальной семенной продуктивностью и жизнеспособностью семян (более 6 лет) в черноземных почвах, как правило, характеризовались однолетние яровые и зимующие сорные растения *A. retroflexus*, *A. albus*, *C. album*, *E. crus-galli*, *P. oleracea*, *T. arvense* и др., вследствие чего представляли наибольшую угрозу для степного земледелия. К тому же обследование полей в районе проведения исследований показало, что в последние годы в почве увеличивались запасы семян таких карантинных видов, как *A. artemisiifolia*, *C. pentagona*, *O. cumana*, жизнеспособность которых превышала 10 лет. Если в 2008 г. в слое почвы 0–30 см число их не превышало 1,6 тыс. шт/м², то в 2022 г. достигло 34,0 тыс. шт/м². Они, как правило, постоянно присутствовали в посевах, особенно пропашных культур (86–100%), активно распространялись и удерживались в полях полевых и овощных севооборотов, причиняли разносторонний и ощутимый вред культурным растениям на данном типе почвы.

Таблица 1

Жизнеспособность семян, %, различных видов сорных растений в зависимости от продолжительности хранения в черноземной почве, 2009–2022 гг.

Вид сорного растения	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Aegilops cylindrica</i>	38±3	38	11	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus albus</i>	95471±6037	100	93	75	59	31	16	12	8,3
<i>Amaranthus retroflexus</i>	65449±3340	100	90	66	53	27	14	10	6,9
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	7288±693	86	83	72	54	23	9,3	4,1	0,2
<i>Bromus secalinus</i>	498±56	48	9,3	0	0	0	0	0	0
<i>Bromus tectorum</i>	96±10	53	6,4	0	0	0	0	0	0
<i>Buglossoides arvensis</i>	213±19	87	62	9,0	0	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	482±37	83	51	18	0	0	0	0	0
<i>Cenchrus longispinus</i>	316±24	93	60	9,0	0	0	0	0	0
<i>Ceratocephala orthoceras</i>	103±7	37	16	0,3	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i>	109056±9302	98	75	62	48	30	12	10	9,0
<i>Cirsium arvense</i>	4763±518	76	61	43	25	8,5	3,0	1,6	1,0
<i>Consolida regalis</i>	35036±2807	79	63	22	6,3	0	0	0	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	977±84	85	73	31	17	3,2	2,0	1,8	1,1
<i>Cuscuta pentagona</i>	19654±2064	75	72	59	34	17	3,6	2,1	0,7
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>	64072±5013	93	81	42	8,4	0	0	0	0
<i>Descurainia sophia</i>	51860±4944	98	95	28	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	4759±503	86	79	46	17	5,1	1,4	0,5	0
<i>Erigeron canadensis</i>	29160±2134	68	60	31	4,5	0	0	0	0
<i>Euphorbia virgata</i>	93±10	72	55	23	2,3	0	0	0	0
<i>Fagopyrum tataricum</i>	82±9	74	33	2,0	0	0	0	0	0
<i>Fallopia convolvulus</i>	51±6	96	61	17	0	0	0	0	0
<i>Fumaria schleicheri</i>	128±11	91	53	0	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	10200±1106	93	84	12	1,1	0	0	0	0
<i>Galium aparine</i>	183±23	54	18	0	0	0	0	0	0

Вид сорного растения	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Lactuca serriola</i>	2137±194	90	53	3	0	0	0	0	0
<i>Lactuca tatarica</i>	1087±120	87	46	11	3,5	0	0	0	0
<i>Lamium stepposum</i>	921±72	64	38	10	0	0	0	0	0
<i>Medicago lupulina</i>	1891±177	94	90	64	27	19	11	10	8,4
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	216±23	83	70	41	27	5,8	0	0	0
<i>Orobanchе cumana</i>	104057±8162	82	77	66	44	24	2,1	1,8	1,0
<i>Portulaca oleracea</i>	7378±803	85	80	40	18	5,6	3,0	0,4	0,3
<i>Raphanus raphanistrum</i>	2034±303	97	33	5.1	0	0	0	0	0
<i>Senecio vulgaris</i>	1978±204	76	45	0	0	0	0	0	0
<i>Setaria pumila</i>	4927±621	68	53	35	16	9,2	1,7	0,2	0,1
<i>Setaria viridis</i>	6017±509	83	51	13	0	0	0	0	0
<i>Sinapis arvensis</i>	5992±601	89	70	36	9.2	0,9	0	0	0
<i>Sisymbrium loeselii</i>	53505±4996	94	93	56	3.3	0	0	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	16229±1280	92	72	58	21	7,0	1,1	0,6	0,2
<i>Sonchus arvensis</i>	4912±623	74	66	18	0	0	0	0	0
<i>Stellaria media</i>	497±38	76	62	21	0,3	0	0	0	0
<i>Thlaspi arvense</i>	2522±241	94	92	74	70	42	18	13	9,3
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	39975±2846	91	80	23	7,0	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i>	352±44	78	44	5,1	0	0	0	0	0
<i>Viola arvensis</i>	82±9	90	83	62	40	6,6	0	0	0
<i>Xanthium albinum</i>	119±17	100	86	60	6,1	0	0	0	0

В то же время виды сорных растений, семена которых обладали непродолжительной жизнеспособностью в почве, быстро вытеснялись из агрофитоценозов и не представляли угрозы посевам культурных растений. Поэтому распространенные ранее *Agrostemma githago* L., *Ammi majus* L., *Brassica rapa* subsp. *oleifera* (DC.) Metzг., *Lithospermum officinale* L., *Picris hieracioides* L. и др. в настоящее время в посевах не встречаются или встречаются весьма редко, а *A. cylindrica*, *F. convolvulus*, *F. schleicheri*, *P. rhoeas* и др. – редко или спорадически.

Незначительное присутствие в почве семян *C. arvense*, *E. canadensis*, *L. serriola*, *L. tatarica*, *S. Arvensis* при огромной семенной продуктивности связано с расходом их на заселение новых территорий или невозможностью семенного возобновления под пологом материнских растений.

В Засушливой Степи сорные растения отличались несколько меньшей семенной продуктивностью, а потеря жизнеспособности семенами в каштановых почвах при нахождении в слое 0–30 см происходила более интенсивно, чем в черноземных. Уже через 2 года после попадания в почву полностью теряли жизнеспособность 6 видов. Большая часть видов (30) сохраняла жизнеспособность в течение 3–6 лет, и лишь 8 видов – более 10 лет (табл. 2).

Таблица 2

Жизнеспособность семян, %, различных видов сорных растений в зависимости от продолжительности хранения в каштановой почве, 2009–2022 гг.

Виды	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Aegilops cylindrica</i>	31±4	65	33	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus blitoides</i>	23454±2203	100	93	62	40	19	10	8,1	8,0
<i>Amaranthus retroflexus</i>	65396±4012	100	91	60	47	30	8,5	7,6	5,3
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	5075±613	90	81	65	40	21	10	7,0	3,5
<i>Bromus tectorum</i>	95±8	64	1,5	0	0	0	0	0	0
<i>Buglossoides arvensis</i>	219±24	91	56	17	0	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	367±41	98	64	22	0	0	0	0	0
<i>Chenopodium album</i>	98687±7160	99	86	73	48	24	9,3	8,5	6,3
<i>Cirsium arvense</i>	4751±490	72	53	35	24	11	2,3	1,5	0,8
<i>Cenchrus longispinus</i>	274±32	86	53	5,3	0	0	0	0	0
<i>Centaurea diffusa</i>	874±72	96	82	28	0	0	0	0	0
<i>Consolida regalis</i>	28056±1988	69	51	11	1,7	0	0	0	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	983±84	86	70	30	20	5,1	0	0	0
<i>Cuscuta pentagona</i>	12345±1167	78	74	52	40	10	0	0	0
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i>	53352±4100	96	85	54	8,8	0	0	0	0
<i>Cynanchum acutum</i>	193±17	73	71	23	0	0	0	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	2063±211	34	1,8	0	0	0	0	0	0
<i>Descurainia sophia</i>	48533±3017	92	83	19	0	0	0	0	0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2621±197	91	83	56	15	3,3	0	0	0

Виды	Семенная продуктивность, тыс. шт. с 1 растения	Жизнеспособность семян после хранения в почве (в течение)							
		1 года	2 лет	4 лет	6 лет	8 лет	10 лет	12 лет	14 лет
<i>Erigeron canadensis</i>	24217±2505	60	51	30	0	0	0	0	0
<i>Fallopia convolvulus</i>	37±3	90	53	0,5	0	0	0	0	0
<i>Fumaria schleicheri</i>	103±8	94	49	0	0	0	0	0	0
<i>Galium aparine</i> L.	162±15	65	18	0	0	0	0	0	0
<i>Heliotropium europaeum</i>	7193±548	98	93	71	60	30	16	12	7,0
<i>Holosteum umbellatum</i>	281±32	68	17	0	0	0	0	0	0
<i>Kali tragus</i>	584±61	83	68	26	8,3	11	0	0	0
<i>Lactuca serriola</i>	1375±138	83	44	0	0	0	0	0	0
<i>Lactuca tatarica</i>	677±55	89	62	21	1,8	0	0	0	0
<i>Lamium stepposum</i>	937±68	69	49	5,5	0	0	0	0	0
<i>Lepidium draba</i>	34211±1720	88	76	11	0	0	0	0	0
<i>Medicago lupulina</i>	1093±84	98	94	74	34	20	8,8	8,0	5,0
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	223±20	80	64	34	12	0	0	0	0
<i>Orobanche cumana</i>	105177±9994	92	80	70	48	31	10	7,9	4,3
<i>Papaver rhoeas</i>	8554±721	75	22	0	0	0	0	0	0
<i>Portulaca oleracea</i>	5881±605	90	82	20	11	5,3	0	0	0
<i>Rhaponticum repens</i>	2857±253	76	71	60	44	18	14	11	8,4
<i>Senecio vulgaris</i>	1420±133	62	20	0	0	0	0	0	0
<i>Setaria pumila</i>	3147±295	84	75	43	10	7,5	0	0	0
<i>Setaria viridis</i>	3991±309	80	44	15	0	0	0	0	0
<i>Sinapis arvensis</i>	4392±344	89	70	36	9,2	0,9	0	0	0
<i>Sisymbrium loeselii</i>	28986±2126	96	81	48	0	0	0	0	0
<i>Solanum nigrum</i>	9756±877	94	73	50	20	3,8	0	0	0
<i>Thlaspi arvense</i>	1860±184	100	92	75	63	42	18	12	6,6
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	21978±1726	93	84	18	0	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i>	372±40	77	40	0,3	0	0	0	0	0
<i>Xanthium albinum</i>	196±14	98	74	37	0,5	0	0	0	0

На обрабатываемых каштановых почвах вследствие высокой семенной продуктивности и жизнеспособности семян ряд видов сорных растений, главным образом яровых поздних (*A. artemisiifolia*, *A. blitoides*, *A. retroflexus*, *C. album*, *H. europaeum*, *M. lupulina*), а также многолетних: *A. repens*, *C. arvense* и др., – составляли 52–74% потенциальной засоренности пахотного слоя почвы и от 36 до 100% актуальной засоренности посевов.

С явлением накопления жизнеспособных семян в почве тесно связано распространение в посевах ряда новых видов сорных растений. Так, многие виды, относящиеся в настоящее время к сеgetальным или сеgetально-рудеральным, ранее были распространены только на необрабатываемых землях. Например, семена *C. xanthiifolia*, *L. draba*, *E. canadensis* ранее нами и другими исследователями [5, 10] в почве обрабатываемых земель не обнаруживались, а спустя 10 лет назад нами выявлены по краям полей, 5 лет назад – на расстоянии 100–300 м от края полей, в настоящее время – равномерно по полям в количестве, соответственно, 6–48, 62–84 и 92–137 шт/м².

Некоторые виды сорных растений, недавно появившиеся в агрофитоценозах каштановых почв, несмотря на менее продолжительную жизнеспособность семян (до 5–6 лет), но высокую семенную продуктивность также интенсивно накапливались в почве, создавая значительные проблемы защиты посевов от их присутствия. Так, *C. xanthiifolia*, *T. inodorum*, *E. canadensis*, *S. nigrum* и др. формировали в среднем от 9,8 до 53,3 тыс. шт. семян на одном растении и при жизнеспособности их в почве до 5–8 лет увеличили свое присутствие в полях за последние 10 лет в 4,5–19,5 раза.

Семена *B. tectorum*, *G. aparine*, *H. umbellatum*, *P. rhoeas* и др. в каштановых почвах полностью теряли свою жизнеспособность и разрушались в течение 1–2 лет. Их присутствие в посевах культурных растений можно объяснить только высокой семенной продуктивностью и заносом диаспор извне с органическими удобрениями, посевным материалом, сельскохозяйственными машинами или орудиями и др.

Существенно изменялась жизнеспособность семян сорных растений и в зависимости условий хранения. Так, естественные условия хранения на поверхности и в толще почвы выявились как менее благоприятные, чем условия сухого складского помещения. Самой низкой жизнеспособностью обладали семена, которые находились на поверхности почвы, особенно каштановой, где семена подвергались интенсивному воздействию переменных температур, влажности почвы, механическим и химическим воздействиям, провоцирующим их прорастание, переход ко вторичному покою или вызывающим полную или частичную гибель. В почве в течение первого года увеличивалось число всхожих и мертвых семян, но несколько уменьшалось таких, которые находились в состоянии покоя. Жизнеспособность семян сорных растений, находящихся в почве в течение года, обуславливалось главным образом наличием экзогенного органического покоя, так как в структуре семян твердокаменные составляли 66–84%.

Основные же изменения качественного состава семян сорных растений в почве происходили в последующие годы (табл. 3).

При многолетнем пребывании в почве жизнеспособность семян сорных растений оказалась более высокой, чем на поверхности почвы. Уже через 5 лет пребывания на поверхности черноземной почвы жизнеспособными оставалось лишь 15%, а на каштановых – 12% семян, тогда как в почве на глубине 0–10 см – соответственно 36 и 26% семян, в том числе 10–14% всхожих. Гибель семян за этот период на поверхности почвы достигала 46%, а в слое почвы 0–10 см – 40–43%. В то же время в слоях почвы 10–20 и 20–30 см, несмотря на резкое снижение жизнеспособности семян, достигающее на черноземной почве на 50–56%, а на каштановой – 44–45%, число всхожих и покоящихся семян оставалось высоким и составляло, соответственно, 10–16 и 19–22%. Наличие покоящихся семян определялось вынужденным покоем, связанным главным образом с отсутствием благоприятных условий для их прорастания. При отвальной обработке почвы они извлекались на поверхность почвы и вызывали повышенную актуальную засоренность посевов.

**Влияние условий и продолжительности хранения
на качество семян сорных растений, %, 2009–2018 гг.**

Условия хранения семян	Через 1 год		Через 5 лет		Через 10 лет	
	всхожие	в покое	всхожие	в покое	всхожие	в покое
В черноземной почве						
В хранилище (контроль)	80	11	39	28	13	27
На поверхности почвы	53	8	5	10	1	2
В почве на глубине 0–10 см	62	14	14	22	6	12
В почве на глубине 10–20 см	60	12	5	11	2	3
В почве на глубине 20–30 см	48	12	4	6	1	2
НСР ₀₅	4,3	1,8	5,1	5,4	2,8	4,0
В каштановой почве						
В хранилище (контроль)	77	9	41	25	12	26
На поверхности почвы	50	8	3	9	0	2
В почве на глубине 0–10 см	60	9	10	16	3	7
В почве на глубине 10–20 см	57	9	9	13	4	10
В почве на глубине 20–30 см	56	8	7	12	1	4
НСР ₀₅	3,9	0,7	2,6	2,9	1,5	2,8

В последующие 5 лет отмечалось дальнейшее снижение жизнеспособности семян. Количество мертвых семян после 10 лет пребывания на поверхности и в толще черноземной почвы достигало 82–97%, каштановой почвы – 86–98%. Из оставшихся в слое 0–30 см почвы жизнеспособных семян на черноземных почвах всхожими были 1–6%, на каштановых – 1–3%, а еще от 2 до 12% – в состоянии покоя, и при отвальной обработке почвы они могли создавать проблемы в системе их контроля.

Таким образом, большинство видов сорных растений отличались высокой семенной продуктивностью и длительным периодом сохранения жизнеспособности, что обеспечивало им высокую потенциальную и актуальную засоренность агрофитоценозов. На каштановых почвах семенная продуктивность большинства сорных растений ниже, чем на черноземных, а потеря жизнеспособности семян происходила более интенсивно. Самая низкая жизнеспособность семян на обоих типах почв отмечалась при многолетнем пребывании их на поверхности почвы. При расположении семян в слое 0–10 см черноземных почв жизнеспособность семян через 5 достигала 36%, через 10 лет – 18%, а на каштановых снижалась сильнее и не превышала, соответственно, 26 и 10%. В нижележащих слоях почвы (10–20 и 20–30 см) более высокая жизнеспособность семян сорных растений оставалась на каштановых почвах.

Выводы

Преобладающее большинство сорных растений обладают чрезвычайно высокой семенной продуктивностью, достигающей 51,9–109,1 тыс. шт. семян с 1 растения. После поступления в почву большая часть их как в черноземных, так и каштановых почвах, сохраняет жизнеспособность в течение 3–6 лет. Жизнеспособность семян тем выше, чем менее они подвержены атмосферным воздействиям и перемещениям во время обработки почвы. Самой высокой жизнеспособностью обладают семена, которые находятся в слоях почвы 0–10 и 10–20 см, а самой низкой – семена, находящиеся на поверхности почвы.

В каштановых почвах потеря жизнеспособности происходит более интенсивно, чем в черноземных.

Различная жизнеспособность семян, находящихся на поверхности почвы и в различных ее слоях, характеризует явление их послойного качественного состава, что обуславливает неодинаковую засоренность посевов при различных способах обработки почвы.

Семена сорных видов растений, характерных для черноземных или каштановых почв, дольше остаются жизнеспособными, чем семена новых чужеродных видов, не связанных с данными типами почв, но за счет высокой семенной продуктивности отмечается увеличение запасов семян и присутствия в посевах *A. artemisiifolia*, *C. pentagona*, *O. cuman*, *C. xanthiifolia*, *E. canadensis* и др. Семена *B. tectorum*, *G. aparine*, *H. umbellatum*, *P. rhoeas* и др. теряли свою жизнеспособность в течение 2–3 лет. Их присутствие в посевах культурных растений можно объяснить только высокой семенной продуктивностью и заносом диаспор извне с органическими удобрениями, посевным материалом, сельскохозяйственными машинами или орудиями и др.

Сохранение жизнеспособности семян сорных растений в почве в течение первого года обусловлено наличием экзогенного органического покая. В структуре жизнеспособных семян твердокаменные составляли 66–84%, а в последующие 5 лет – эндогенным вынужденным покоем, то есть отсутствием благоприятных условий для их прорастания.

Библиографический список

1. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун. Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). — М.: ГЕОС, 2009. — 502 с.
2. Гладунова Н.В., Варгом Е.В., Ханугин А.А. *Oenothera biennis* L. (Onagraceae) в Республике Мордовия (Россия) // Российский журнал биологических инвазий. — 2013. — № 4. — С. 17–26.
3. Гладунова Н.В., Ханугин А.А., Варгом Е.В. *Bidens frondosa* L. (Asteraceae) в Республике Мордовия (Россия) // Российский журнал биологических инвазий. — 2016. — № 1. — С. 41–52.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: Учебник. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
5. Курдюкова О.Н., Конопля Н.И. Семенная продуктивность и семена сорных растений: Монография. — СПб.: Свое издательство, 2018. — 200 с.
6. Курдюкова О.Н., Тыщук Е.П. Методика определения семенной продуктивности сорных растений // Растительные ресурсы. — 2019. — Т. 55, № 1. — С. 130–138.
7. Леурда И.Г., Бельских Л.В. Определение качества семян: М. — М.: Колос, 1974. — 100 с.

8. Манько Ю.П., Малиборский И.И., Крисько Ю.Ф. // Жизнеспособность семян сорняков. – Защита растений: Межведомственный тематический научный сборник. – 2020. – № 74. – С. 20–21.
9. Марков М.В. Популяционная биология растений: М. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 387 с.
10. Матюха Л.А. Жизнеспособность семян сорных и культурных растений в черноземах Степи Украины // Бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института кукурузы. – 1979. – № 52. – С. 65–69.
11. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Архипов М.В. Рентгенография семян овощных культур: М. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 207 с.
12. Санжеев В.В., Нидюлин В.Н., Пюрвенов Ч.А. Полевая всхожесть плодов солянки восточной (*Salsola orientalis*) в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы XII Международной научной конференции. – М.: РУДН, 2016. – С. 349–351.
13. Фисюнов А.В. Справочник по борьбе с сорняками. – М.: Колос, 1976. – 176 с.
14. Bhatt A., Santo A. Germination and recovery of heteromorphic seed of *Atriplex canescens* (Amaranthaceae) under increasing salinity // *Plantecology*. – 2016. – V. 217 (9). – Pp. 1069–1079.
15. Cauwer B., Devos R., Claerhout S., Bulcke R. & Reheul D. Seed dormancy, germination, emergence and seed longevity in *Galinsoga parviflora* and *G. Quadriradiata* // *Weed Research*. – 2014. – Vol. 54. – Pp. 38–47.
16. Crespo M., Pena-Martin, Becker A., Dressler S. Type designation for *Cyclachaena xanthiifolia* (*Euphrosyne C. xanthiifolia*) (*Heliantheae*, *Asteraceae*) // *Phytotaxa*. – 2015. – № 197 (2). – Pp. 132–138.
17. Gomez R., Liebman M., Munkvold G. Weed seed decay in conventional and diversified cropping systems // *Weed Research*. – 2014. – Vol. 54 (1). – Pp. 13–25.
18. Hosseini P., Karimi H., Babaei S., Mashhadi H.R. & Oveisi M. Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance // *Crop Protection*. – 2014. – Vol. 64. – Pp. 1–6.
19. Maqsood Q., Abbas R.N., Khaliq A., Zahir Z.A. Weed Seed Bank Dynamics: Weed Seed Bank Modulation Through Tillage and Weed Management // *Planta Daninha*. – 2018. – Vol. – № 36. – Pp. 1–8.
20. Pyke D.A. Comparative demography of co-occurring introduced and native tussock grasses: persistence and potential expansion // *Oecologia*. – 1990. – Vol. 82 (4). – P. 537–543.

SEED PRODUCTIVITY AND VIABILITY OF WEED SEEDS IN VARIOUS SOIL TYPES

O.N. KURDYUKOVA

(Pushkin Leningrad State University)

The results of long-term field experiments on two types of soils (chernozem and kastanozems) are presented. The indicators of average seed productivity of more than 50 species of weeds growing in these soils are presented. The duration of the viability of seeds planted in a 0–30 cm soil layer, the quality of seeds during their layer-by-layer placement in the soil, on its surface and during storage in a dry warehouse is indicated. It was revealed that early spring and wintering weeds in chernozem soils had the highest seed productivity (more than 50 thousand seeds per plant). It was established that these seeds remained viable in the soil from 3 to 6 years (23 species), more

than 6 years (20 species), and less than 3 years (only 3 species). In kastanozems soils, the seed productivity of most weeds decreased by 11–26% compared to chernozems. The loss of seed viability occurred more intensively in kastanozems soils than in chernozem soils. It was established that the lowest viability of seeds on both types of soils was observed during their long-term stay on the soil surface: after 5 years it did not exceed 12–15%, and after 10 years – 2–3%, while in the 0–10 cm layer of chernozem soils, it reached 36 and 18%, respectively, and in kastanozems soils it decreased more strongly and did not exceed 26 and 10%. In the lower soil layers, 10–20 and 20–30 cm, higher viability of weed seeds remained in kastanozems soils.

Key words: weed species, seed quality, soil layer, chernozems, kastanozems soils.

References

1. Vinogradova Yu.K., Mayorov S.R., Khorun L.V. Chernaya kniga flory Sredney Rossii: (Chuzherodnye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii) [Black Book of Flora of Central Russia: (Alien Plant Species in Ecosystems of Central Russia)]. Moscow: GEOS, 2009: 502. (In Rus.)
2. Gladunova N.V., Vargot E.V., Khapugin A.A. *Oenothera biennis* L. (Onagraceae) v Respublike Mordoviya (Rossiya) [*Oenothera biennis* L. (Onagraceae) in the Republic of Mordovia (Russia)]. Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy. 2013; 4: 17–26. (In Rus.)
3. Gladunova N.V., Khapugin A.A., Vargot E.V. *Bidens frondosa* L. (Asteraceae) v Respublike Mordoviya (Rossiya) [*Bidens frondosa* L. (Asteraceae) in the Republic of Mordovia (Russia)]. Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy. 2016; 1: 41–52. (In Rus.)
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow: Agropromizdat, 1985: 351. (In Rus.)
5. Kurdyukova O.N., Konoplya N.I. Semennaya produktivnost' i semena sornykh rasteniy: monografiya. [Seed productivity and weed seeds: monograph]. St. Petersburg: Svoe izdatel'stvo, 2018: 200. (In Rus.)
6. Kurdyukova O.N., Tyshchuk E.P. Metodika opredeleniya semennoy produktivnosti sornykh rasteniy [Methodology for determining seed productivity of weeds]. Rastitel'nye resursy. 2019; 5; 1: 130–138. (In Rus.)
7. Leurda I.G., Bel'skikh L.V. Opredelenie kachestva semyan [Determination of seed quality]. Moscow: Kolos, 1974: 100. (In Rus.)
8. Man'ko Yu.P., Maliborskiy I.I., Kris'ko Yu.F. Zhiznesposobnost' semyan sornyakov [Weed seed viability]. Mezhdvdomstvenniy tematicheskiy nauchniy sbornik. Zashchita rasteniy. 2020; 4: 20–21. (In Rus.)
9. Markov M.V. Populyatsionnaya biologiya rasteniy [Plant population biology]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012: 387. (In Rus.)
10. Matyukha L.A. Zhiznesposobnost' semyan sornykh i kul'turnykh rasteniy v chernozemakh Stepi Ukrainy [Viability of weed seeds and cultivated plants seeds in chernozem soil of the steppe zone of Ukraine]. Byulleten' Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta kukuruzy. 1979; 52: 65–69. (In Rus.)
11. Musaev F.B., Potrakhov N.N., Arkhipov M.V. Rentgenografiya semyan ovoshchnykh kul'tur [Radiography of vegetable crops seeds]. St. Petersburg: SPbGETU "LETI", 2016: 207. (In Rus.)
12. Sanzheev V.V., Nidyulin V.N., Pyurvenov Ch.A. Polevaya vskhozhest' plodov solyanki vostochnoy (*Salsola orientalis*) v aridnoy zone Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Field germination of (*Salsola orientalis*) fruits in the arid zone of the Northwest

Pre-Caspian Region]. Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya. Materialy mezhd. nauch. konf. (Yalta, Rossiya, 6–10 iyunya, 2016). Moscow: RUDN. 2016: 349–351. (In Rus.)

13. *Fisyunov A.V.* Spravochnik po bor'be s sornyakami [Weed control handbook]. Moscow: Kolos, 1976: 176. (In Rus.)

14. *Bhatt A., Santo A.* Germination and recovery of heteromorphic seed of *Atriplex canescens* (Amaranthaceae) under increasing salinity. Plantecology. 2016; 217 (9): 1069–1079.

15. *Cauwer B., Devos R., Claerhout S., Bulcke R., Reheul D.* Seed dormancy, germination, emergence and seed longevity in *Galinsoga parviflora* and *G. Quadriradiata*. Weed Research. 2014; 54: 38–47.

16. *Crespo M., Pena-Martin C., Becker A., Dressler S.* Type designation for *Cyclachaena xanthiifolia* (*Euphrosyne xanthiifolia*) (*Heliantheae*, *Asteraceae*). Phytotaxa. 2015; 197 (2): 132–138.

17. *Gomez R., Liebman M., Munkvold G.* Weed seed decay in conventional and diversified cropping systems. Weed Research. 2014; 54 (1): 13–25.

18. *Hosseini P., Karimi H., Babaei S., Mashhadi H.R., Oveisi M.* Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. Crop Protection. 2014; 64: 1–6.

19. *Maqsood Q., Abbas R.N., Khaliq A., Zahir Z.A.* Weed Seed Bank Dynamics: Weed Seed Bank Modulation through Tillage and Weed Management. Planta Daninha. 2018; 36: 1–8.

20. *Pyke D.A.* Comparative demography of co-occurring introduced and native tussock grasses: persistence and potential expansion. Oecologia. 1990; 82 (4): 537–543.

Курдюкова Ольга Николаевна, профессор, д-р с.-х. наук, доцент, Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина; 196605, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10; e-mail: herbology8@gmail.com; тел.: (952) 577–74–76

Olga N. Kurdyukova, DSc (Ag), Professor, Associate Professor, Pushkin Leningrad State University (10 Peterburgskoe Highway, Pushkin, St. Petersburg, 196605, Russian Federation; phone: (952) 577–74–76; E-mail: herbology8@gmail.com)

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ЖИВОЙ МАССЫ КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ МЯСНОГО СКОТА

А.Т. БИСЕМБАЕВ¹, Ж.М. КАСЕНОВ¹, С.Д. БАТАНОВ², С.Т. ЖАЛИ¹,
А.Е. ЧИНДАЛИЕВ¹, Д.А. БАЙМУКАНОВ¹

(¹ ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»;

² ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия)

Цель исследований – установить возрастную динамику изменчивости живой массы среднесуточного прироста казахской белоголовой породы мясного скота. Во всех анализируемых сельскохозяйственных предприятиях в 6-месячном возрасте живая масса бычков варьировала от 172,4 до 196,5 кг, а у телок – от 160,1 до 180,7 кг соответственно. По показателям среднесуточного прироста живой массы между бычками и телочками наблюдаются некоторые различия. От рождения до 210-дневного возраста средний суточный прирост составил: у бычков – 846,03 г, у телок – 784,4 г; от 210-дневного возраста до годовалого возраста у бычков – 732 г, у телок – 599 г; от рождения до годовалого возраста средний суточный прирост составил у бычков 793,6, у телок – 707,5 г. Бычки в возрасте 6 мес. в целом соответствуют требованиям стандарта породы, характеризуясь высокими коэффициентами изменчивости. Живая масса бычков в хозяйствах «Жаннат», «Толеген» и «Алем» в возрасте 6 мес. соответствует и несколько превышает требования стандарта породы соответственно на 15,2 кг (8,2%); 13,0 кг (7,1%); 13,6 кг (7,4%), а у телок – на 15,7 кг (8,9%); 8,1 кг (4,8); 13,2 кг (7,6%). Значение коэффициента изменчивости живой массы имеет средние величины при незначительном превышении у телок. Установлено, что живая масса бычков в КХ «Кайрат» и КХ «Нарын» превышала стандарт породы на 26,5 кг (13,5%) и 21,1 кг (11%), у телок – на 20,7 кг (11,5) и 7,8 кг (4,6%) соответственно и относится классам элита. Среднесуточный прирост молодняка казахской белоголовой породы в исследуемых хозяйствах варьировал у бычков от 826,7 до 944,2 г, у телок – от 711,1 до 887,2 г соответственно, что указывает на сравнительно высокой прирост живой массы, полученный в хозяйственных условиях.

Ключевые слова: казахская белоголовая порода, изменчивость, молодняк, средний суточный прирост

Введение

Хозяйственно-полезные признаки крупного рогатого скота, среднесуточный прирост, мясные формы, воспроизводительная способность определяются множеством факторов: условиями кормления и содержания, генетической предрасположенностью, а также особенностями индивидуального развития [1].

Изучение особенностей развития организма в отдельных возрастных периодах индивидуального развития может помочь при оптимизации условий кормления и содержания [2].

Во всех стадах своевременная выбраковка особей, не отвечающих предъявляемым требованиям, и увеличение количества высокопродуктивных животных, отобранных для воспроизводства, являются сегодня актуальными [3].

В настоящее время особенно важно сохранить здоровье животных. Значительное место в повышении продуктивности занимает выращивание молодняка, что является предпосылкой к последующему увеличению числа продуктивных животных стада. Правильно организованное выращивание молодняка позволяет проявить на высоком уровне генетически заложенный потенциал его продуктивности в период интенсивного роста и развития [4].

По данным А.В. Бакай и др., «при определении наследуемости методом удвоенного коэффициента корреляции установлено, что наследуемость живой массы при рождении низкая $h^2 = 0,03$, тогда как наследуемость возраста первого осеменения выше – $h^2 = 0,34$. Еще в большей степени наследуется у коров казахской белоголовой породы живая масса при первом плодотворном осеменении: $h^2 = 0,56$. В мясном скотоводстве основной показатель – живая масса, поэтому успех селекции будет зависеть от поиска высокопродуктивных матерей, передающих своему потомству устойчивую положительную связь между отдельными признаками воспроизводительных качеств».

Таким образом, селекция казахской белоголовой породы должна осуществляться в направлении сохранения положительных связей между признаками, чему должны способствовать целенаправленный отбор и подбор» [5].

Успех селекционной и племенной работы во многом зависит от потенциала продуктивности взрослого поголовья и скороспелости молодняка [6].

Цель исследований: установить возрастную динамику изменения живой массы и среднесуточного прироста казахской белоголовой породы в условиях Казахстана.

Материал и методика исследований

Исследования по изучению основных хозяйственно-биологических признаков животных, совершенствованию селекционно-племенной работы и формированию необходимого генофонда казахской белоголовой породы проводились на КХ «Есет», КХ «Жаннат», КХ «Толеген», КХ «Алем», КХ «Нарын» Западно-Казахстанской области, КХ «Кайрат» Павлодарской области, ТОО «Жанабек» Костанайской области. Все анализируемые стада по породному составу представлены чистопородными животными.

Во всех хозяйствах практиковали беспривязное содержание. Основными видами кормов животные хозяйства обеспечиваются за счет пастбищ и естественных сенокосов. В течение всего пастбищного периода (200–210 дней) животные питаются подножным кормом. Рационы подопытных животных составлены из набора имеющихся в хозяйстве кормов. Затраты на корма определены по лимиту задаваемых кормов.

В 2018 г. было изучено 10584 гол., в 2019 г. – 8739 гол., в 2020 г. – 8848 гол. в 2021 г. – 9012 гол. Всего за 2018–2021 гг. изучены 37183 гол. казахской белоголовой породы мясного скота.

Результаты и их обсуждение

По показателям среднесуточного прироста живой массы между бычками и телками наблюдаются некоторые различия (табл. 1).

От рождения до 210-дневного возраста среднесуточный прирост составил у бычков 846,03 г, у телок – 784,4 г; от 210-дневного возраста до годовалого возраста у бычков – 732 г, у телок – 599 г; от рождения до годовалого возраста средний суточный прирост составил у бычков 793,6 г, у телок – 707,5 г.

Живая масса бычков казахской белоголовой породы во всех хозяйствах в 6-месячном возрасте варьировала от 172,4 до 196,5 кг, у телок – от 160,1 до 180,7 кг соответственно. Бычки в возрасте 6 мес. в целом соответствуют требованиям стандарта породы, характеризуясь высокими коэффициентами изменчивости (табл. 2).

Таблица 1

**Средний суточный прирост живой массы молодняка
казахской белоголовой породы**

Порода, половозрастная группа	СП 0–210		СП 210–12		СП 0–12	
	n	M ± m	n	M ± m	n	M ± m
Бычки	92 876	846,03±0,269	68 231	732,06±0,496	68 295	793,67±0,386
Телки	182 800	787,40±0,162	148 354	599,26±0,275	146 079	707,50±0,189

Таблица 2

Динамика живой массы молодняка казахской белоголовой породы, кг

Наименование хозяйства	Половозрастная группа					
	Бычки			Телки		
	Возраст, мес.					
	при рождении		6	при рождении		6
	n	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$	n	$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$
ТОО Племзавод «Чапаевский»	44	21,2±3,23	183,8±42,10	55	19,5±2,64	169,2±38,82
КХ «Есет»	106	23,6±2,30	172,4±16,82	81	21,3±2,38	160,1±17,90
КХ «Жаннат»	21	23,9±2,05	185,2±10,25	39	24,3±2,06	175,7±13,00
КХ «Толеген»	24	24,4±5,09	183,0±75,00	76	24,7±2,84	168,1±36,98
КХ «Алем»	171	25,7±1,97	183,6±36,05	230	23,6±1,10	173,2±17,24
КХ «Нарын»	42	24,8±3,87	191,1±12,90	77	24,3±2,79	167,8±14,56
КХ «Кайрат»	10	28,8±0,38	196,5±2,58	10	25,0±0,29	180,7±1,92
ТОО «Жанабек»	176	26,5±2,4	179,0±3,45	180	25,5±1,70	177,3±2,41

Живая масса бычков в хозяйствах «Жаннат», «Толеген» и «Алем» в возрасте 6 мес. соответствует и несколько превышает требования стандарта породы соответственно на 15,2 кг (8,2%), 13,0 кг (7,1%), 13,6 кг (7,4%); у телок – на 15,7 кг (8,9%), 8,1 кг (4,8), 13,2 кг (7,6%). Коэффициенты изменчивости живой массы также составляют средние величины при незначительном превышении у телок.

Установлено, что живая масса бычков в КХ «Кайрат» и КХ «Нарын» превышает стандарт породы на 26,5 (13,5%) и 21,1 кг (11%), у телок – на 20,7 (11,5) и 7,8 кг (4,6%) соответственно и относится классам элита.

Среднесуточный прирост молодняка казахской белоголовой породы в исследуемых хозяйствах варьировал у бычков от 826,7 до 944,2 г, у телок – от 711,1 до 887,2 г соответственно, что указывает на сравнительно высокой прирост живой массы, полученный в хозяйственных условиях (табл. 3).

Таблица 3

Среднесуточный прирост бычков и телок казахской белоголовой породы, г

Название хозяйства	Половозрастная группа			
	Бычки		Телки	
	возрастной период/при рождении – 6 мес.			
	n	$\bar{X} \pm S_x$	n	$\bar{X} \pm S_x$
ТОО «Племзавод Чапаевский»	44	911,7±20,22	55	811,8±17,54
КХ «Есет»	106	826,7±24,67	81	771,1±28,47
КХ «Жаннат»	21	896,1±27,24	39	846,1±21,78
КХ «Толеген»	24	881,1±23,71	76	796,7±20,45
КХ «Алем»	171	877,2±31,69	230	831,1±34,19
КХ «Нарын»	42	923,9±19,35	77	797,2±22,34
КХ «Кайрат»	10	931,6±41,80	10	865,0±38,50
ТОО «Жанабек»	176	847,0±35,80	180	843±19,77

В селекционно-племенной работе по совершенствованию продуктивных и племенных качеств животных одним из важных критериев является изучение показателей живой массы коров. Живая масса является показателем общего развития, который выражает степень упитанности и определяет мясную продуктивность. Основные показатели исследований по живой массе представлены в таблице 4.

Таблица 4

Живая масса коров казахской белоголовой породы, кг

Название хозяйства	Возраст, лет					
	3-х лет		4-х лет		5 лет и старше	
	n	$\bar{X} \pm S_x$	n	$\bar{X} \pm S_x$	n	$\bar{X} \pm S_x$
ТОО «Племзавод Чапаевский»	56	447,1 $\pm$ 24,88	46	555,6 $\pm$ 40,41	224	566,3 $\pm$ 37,92
КХ «Есет»	-	-	13	418,1 $\pm$ 62,3	260	586,4 $\pm$ 36,44
КХ «Жаннат»	13	428,9 $\pm$ 22,43	17	503,0 $\pm$ 37,11	30	543,0 $\pm$ 70,25
КХ «Толеген»	13	455,8 $\pm$ 21,56	-	-	89	535,3 $\pm$ 57,10
КХ «Алем»	-	-	-	-	409	516,9 $\pm$ 25,59
КХ «Нарын»	34	446,30 $\pm$ 25,05	26	509,88 $\pm$ 36,25	57	548,47 $\pm$ 36,83
КХ «Кайрат»	10	460,5 $\pm$ 4,43	10	520,5 $\pm$ 3,90	10	564,0 $\pm$ 6,90
ТОО «Жанабек»	92	438,5 $\pm$ 3,51	11	445,5 $\pm$ 2,66	187	521,5 $\pm$ 3,52

Отбор и направленное совершенствование животных с лучшими показателями продуктивности и генетическим потенциалом позволили достичь стабильных параметров продуктивности животных.

Превышение по живой массе над стандартом породы в КХ «Айсулу» составило 6,6% (37,0 кг), у коров КХ «Донгелек» – 4,7% (25,6 кг), КХ «Хафиз» – 2,05% (10,9 кг), ТОО «Племзавод Чапаевский» – 3,8% (20,8 кг), то есть животные всех генотипов по живой массе превосходили требования стандарта породы. Исследуемые животные характеризуются высоким генетическим потенциалом. В стаде желательно иметь преобладающее количество животных с оптимальной живой массой. Слишком большое отклонение является недопустимым, так как и легковесные, так и тяжеловесные коровы склонны к пониженной воспроизводительной способности. При этом коэффициент вариации был наименьшим по сравнению с коровами возрастной группы 4 года, 5 лет и старше: 5,23, 7,36 и 12,93 соответственно, что указывает на степень однородности стада по живой массе коров и в определенной мере потенциальные возможности породы, используемой в данных хозяйственных условиях.

Во всех хозяйствах живая масса коров всех возрастных групп превышает минимальные требования стандарта породы. Следовательно, стадо коров в ТОО «Племзавод Чапаевский» располагает достаточно высоким потенциалом. При этом особое внимание необходимо уделить созданию стабильной кормовой базы.

Выводы

Изучение скороспелости молодняка казахской белоголовой породы казахстанской популяции показало, что живая масса бычков и телок соответствует требованиям стандарта породы.

В результате исследований установлено, что коровы казахской белоголовой породы во всех племенных хозяйствах по живой массе превышали требования стандарта.

При проведении научно-исследовательской работы соблюдены все принципы научной этики.

Исследования проведены согласно приоритетному специализированному направлению программно-целевому финансированию по научным, научно-техническим программам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан «Развитие животноводства на основе интенсивных технологий» ИРН BR10764981 «Разработка технологий эффективного управления селекционным процессом сохранения и совершенствования генетических ресурсов в мясном скотоводстве».

Библиографический список

1. *Spanov A.A., Sultanbai D.T., Baimukanov A.D.* Comparative results of productivity of meat-type bull-calves in the conditions of Bayserke-Agro LLP // News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan: series of agricultural sciences. – 2019. – Vol. 5, № 53. – Pp. 22–26. <https://doi.org/10.32014/2019.2224–526X.55>.
2. *Nassambaev E., Akhmetalieva A.B., Nugmanova A.E., Zhumaeva A.K.* Pure breeding of the Kazakh white-headed cattle by lines as the main method of improving the hereditary qualities // J. Pharm. Sci. & Res. – 2018. – Vol. 10 (12). – Pp. 3254–3256.
3. *Nugmanova A.E., Nasambaev E., Bozymov K.K., Akhmetalieva A.B.* The growth and development of young stock of Kazakh white-headed breed of various genotypes in the conditions of Western Kazakhstan // Eurasia J Biosci. – 2020. – Vol. 14. – Pp. 5635–5640.

4. Амерханов Х.А., Баймуканов А., Юлдашбаев Ю.А., Алентаев А.С., Грикшас С.А., Баймуканов Д.А. Технология производства говядины: Учебное пособие. – Алматы: Издательство Ғылым, 2017. – 220 с.

5. Бакай А.В., Бакай Ф.Р., Фейзуллаева Э.М. Корреляционная связь хозяйственно-полезных признаков у коров разных генераций казахской белоголовой породы // Зоотехния. – 2013. – № 12. – С. 27

6. Mehrban H., Lee D.H., Naserkheil M., Moradi M.H., Ibañez-Escriche N. Comparison of conventional BLUP and single-step genomic BLUP evaluations for yearling weight and carcass traits in Hanwoo beef cattle using single trait and multi-trait models // PLoS ONE. – 2019. – № 14 (10). e0223352. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223352>.

AGE DYNAMICS OF THE LIVE WEIGHT OF THE KAZAKH WHITE-HEADED BREED OF BEEF CATTLE

A.T. BISSEMBAEV¹, Z.M. KASENOV¹, S.D. BATANOV², S.T. ZHALI¹,
A.E. CHINDALIEV¹, D.A. BAYMUKANOV¹

(¹ LLP “Scientific and Production Center of Animal Husbandry and Veterinary Medicine”;

² Izhevsk State Agricultural Academy)

The aim of the study is to establish the age dynamics of the variability of live weight with the average daily liveweight gain of the Kazakh white-headed breed of beef cattle. In all analyzed agricultural enterprises at the age of six months, the live weight of bulls varied from 172.4 kg to 196.5 kg, and in heifers – from 160.1 kg to 180.7 kg, respectively.

According to the indicators of the average daily liveweight gain, there are some differences between bulls and heifers. From birth to 210 days of age, the average daily liveweight gain was 846.03 g in bulls, 784.4 g in heifers; from 210 days of age to one year of age it was 732 g in bulls and 599 g in heifers; from birth to one year of age, the average daily liveweight gain was 793.6 g in bulls and 707.5 g in heifers.

Bulls at the age of six months generally meet the requirements of the breed standard, characterized by high coefficients of variability. The live weight of bulls in the farms “Zhannat”, “Tolegen” and “Alem” at the age of six months meets and slightly exceeds the requirements of the breed standard by 15.2 kg (8.2%), 13.0 kg (7.1%), 13.6 kg (7.4%), and in heifers by 15.7 kg (8.9%), 8.1 kg (4.8), 13.2 kg (7.6%), respectively. The value of the coefficient of variability of live weight has average values with a slight excess in heifers. It was found that the live weight of bulls in the farm “Kairat” and the farm “Naryn” exceeded the breed standard by 26.5 kg (13.5%) and 21.1 kg (11%), heifers by 20.7 kg (11.5) and 7.8 kg (4.6%), respectively, and belongs to the elite classes. The average daily liveweight gain of young Kazakh white-headed breed in the studied farms varied from 826.7 to 944.2 g in bulls, and in heifers from 711.1 to 887.2 g, respectively that indicates a relatively high liveweight gain obtained in farm conditions.

Keywords: Kazakh white-headed breed, variability, young, average daily liveweight gain.

References

1. Spanov A.A., Sultanbai D.T., Baimukanov A.D. Comparative results of productivity of meat-type bull-calves in the conditions of Bayserke-Agro LLP. News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan: series of agricultural sciences. 2019; 5; 53: 22–26. <https://doi.org/10.32014/2019.2224–526X.55>

2. *Nassambaev E., Akhmetaliyeva A.B., Nugmanova A.E., Zhumaeva A.K.* Pure breeding of the Kazakh white-headed cattle by lines as the main method of improving the hereditary qualities. *J. Pharm. Sci. & Res.* 2018; 10(12): 3254–3256.

3. *Nugmanova A.E., Nasambaev E., Bozymov K.K., Akhmetaliyeva A.B.* The growth and development of young stock of Kazakh white-headed breed of various genotypes in the conditions of Western Kazakhstan. *Eurasia J Biosci.* 2020; 14: 5635–5640.

4. *Amerkhanov Kh.A., Baymukanov A., Yuldashbaev Yu.A., Alentaev A.S., Griksas S.A., Baymukanov D.A.* Tekhnologiya proizvodstva govyadiny. Uchebnoe posobie [Beef production technology. Textbook]. Almaty: Izdatel'stvo Gylym, 2017: 220. ISBN978–601–7015–65–7 (In Rus.)

5. *Bakay A.V., Bakay F.R., Feyzullaeva E.M.* Korrelyatsionnaya svyaz' khozyaystvenno-poleznykh priznakov u korov raznykh generatsiy kazakhskoy belogolovoy porody [Correlation communication of economic and useful sizes at Kazakh white-headed breed cows of different generation]. *Zootekhnika.* 2013; 12: 27. (In Rus.)

6. *Mehrban H., Lee D.H., Naserkheil M., Moradi M.H., Iba'ñez-Escriche N.* Comparison of conventional BLUP and single-step genomic BLUP evaluations for yearling weight and carcass traits in Hanwoo beef cattle using single trait and multi-trait models. *PLoS ONE.* 2019; 14(10): e0223352. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223352>

Бисембаев Ануарбек Темирбекович, канд. с.-х. наук, директор ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»; 010000 (Z10P6B8), Республика Казахстан, г. Астана, ул. Кенесары, 40, офис. 1419; e-mail: anuarnic2015@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8795-0700>

Касенов Жанат Маратович, эксперт по базам данных, ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»; 010000 (Z10P6B8), Республика Казахстан, г. Астана, ул. Кенесары, 40, офис. 1419, e-mail: k.zhanat09@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2090-4771>

Батанов Степан Дмитриевич, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры технологии переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»; 426069, Россия, ПФО, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11; spin-код: 9012–3958, <https://orcid.org/0000-0002-6662-2414>

Жали Сауле Темирбековна, эксперт по базам данных, ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»; 010000 (Z10P6B8), Республика Казахстан, г. Астана, ул. Кенесары, 40, офис. 1419; e-mail: szhali@mail.ru; тел.: (747) 857–68–77, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8650-7408>

Чиндалиев Асхат Ербосынович, эксперт по базам данных, ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»; 010000 (Z10P6B8), Республика Казахстан, г. Астана, ул. Кенесары, 40, офис. 1419; e-mail: achindaliyev@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2468-3809>

Баймуканов Дастанбек Асылбекович, д-р с.-х. наук, член-корреспондент Национальной академии наук при президенте Республики Казахстан; главный научный сотрудник отдела животноводства, ветеринарии и оценки качества кормов и молока ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»; 010000 (Z10P6B8), Республика Казахстан, г. Астана, ул. Кенесары, 40, офис. 1419

Anuarbek T. Bissembaev, CSc (Ag), Director of LLP “Scientific and Production Centre of Animal Husbandry and Veterinary” (1419, 40 Kenesary Str., Astana, 010000 (Z10P6B8), Republic of Kazakhstan; E-mail: HYPERLINK «mailto: anuarnic2015@gmail.com» anuarnic2015@gmail.com)

Zhanat M. Kasenov, Database Expert, LLP “Scientific and Production Centre of Animal Husbandry and Veterinary” (1419, 40 Kenesary Str., Astana, 010000 (Z10P6B8), Republic of Kazakhstan; E-mail: HYPERLINK «mailto: k.zhanat09@mail.ru» k.zhanat09@mail.ru)

Stepan D. Batanov, DSc (Ag), Professor, Professor of the Department of Livestock Products Processing Technology, Izhevsk State Agricultural Academy (11 Studentscheskaya Str., Izhevsk, 426069, Udmurt Republic, Russian Federation)

Saule T. Zhali, Database Expert, LLP “Scientific and Production Centre of Animal Husbandry and Veterinary” (1419, 40 Kenesary Str., Astana, 010000 (Z10P6B8), Republic of Kazakhstan; E-mail: HYPERLINK «mailto: szhali@mail.ru» szhali@mail.ru)

Askhat E. Chindaliyev, Database Expert, LLP “Scientific and Production Centre of Animal Husbandry and Veterinary” (1419, 40 Kenesary Str., Astana, 010000 (Z10P6B8), Republic of Kazakhstan; E-mail: HYPERLINK «mailto: achindaliyev@rambler.ru» achindaliyev@rambler.ru)

Dastanbek A. Baymukanov, DSc (Ag), Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Chief Research Associate of the Department of Animal Husbandry, Veterinary Medicine and Feed and Milk Quality Assessment, LLP “Scientific and Production Centre of Animal Husbandry and Veterinary” (1419, 40 Kenesary Str., Astana, 010000 (Z10P6B8), Republic of Kazakhstan; E-mail: dbaimukanov@mail.ru)

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЦИНКА В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

К.Н. НАРОЖНЫХ

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»)

Биохимические процессы, происходящие в организме крупного рогатого скота, связаны с их элементным статусом. Поэтому актуальным является поиск моделей прижизненной оценки уровня цинка в мышечной ткани животных. Уровень цинка в мышечной ткани оказывает влияние на показатели качества говядины. Исследованы пробы диафрагмальной мышцы массой 100 г, отобранные от крупного рогатого скота герефордской породы, разводимого в типовых условиях промышленного комплекса на юге Западной Сибири (Россия). Элементный анализ проведен атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией на спектрометре МГА-1000. Определение гематологических показателей: уровень эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина – производили на автоматическом гематологическом анализаторе PCE-90VET. Биохимические показатели определяли с использованием фотометрических методов на биохимическом анализаторе Photometer-5010. Расчет коэффициентов регрессионных моделей проводили методом наименьших квадратов. Выбор наиболее точной и эффективной модели осуществляли на основании комплексной оценки показателей внутренних и внешних критериев качества. Значения зависимой переменной соответствуют гауссовскому. Выявлена высокая скоррелированность между независимыми переменными. В результате селекции на основе внутренних и внешних критериев качества выявлена оптимальная модель прогноза уровня цинка в мышечной ткани герефордского скота, содержащая три предиктора: скорость оседания эритроцитов (мм/ч), цветовой показатель и общий холестерин (ммоль/л). Модель соответствует необходимым допущениям: остатки имеют вид нормального распределения, отсутствуют автокорреляции и влиятельные наблюдения. Между главными эффектами основной модели отсутствуют признаки мультиколлинеарности ($VIF = 1,0-1,1$). Полученная модель может быть использована для прижизненной оценки уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, герефордская порода, цинк, моделирование, регрессия

Введение

Основными источниками цинка для сельскохозяйственных животных являются прежде всего концентрированные корма [1]. Богатым источником цинка являются дрожжи, а этот микроэлемент сконцентрирован в отрубях и зародышах злаковых зерен. Побочные продукты животного белка – такие, как рыбная мука, обычно являются более богатыми источниками этого элемента по сравнению с добавками растительного белка [2]. Распространенными формами цинка, используемого для дополнения рационов животных, являются оксид цинка и кормовой сульфат цинка [3]. Потребность в цинке в рационе для разных видов подробно описана в литературе [1, 4–5].

Цинк активно всасывается в соответствии с потребностями организма путем опосредованного транспорта в проксимальном отделе тонкой кишки, особенно в двенадцатиперстной кишке [6]. Пассивный транспорт действует по диффузионному механизму, и его эффективность пропорциональна концентрации Zn в просвете

кишечника [7, 8]. Существует обратная зависимость между уровнями цинка в рационе и процентом усвоения цинка из рациона. При этом повышенное усвоение цинка происходит при дефиците цинка в рационе, и наоборот [9].

Несмотря на то, что элементный статус связан с происходящими в организме биохимическими процессами [10, 11], методика оценки интерьера по элементному статусу животных по показателям крови пока не получила широкого распространения в практике сельскохозяйственного производства. Это обусловлено высокими финансовыми затратами и трудоемкостью исследования химического состава органов и тканей животных [12–14].

Основная цель исследований заключалась в поиске оптимальной и эффективной модели прогноза уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота герефордской породы, которая позволит прижизненно и малоинвазивным способом оценивать элементный статус животных. Для достижения поставленной цели был проведен гематологический, биохимический и атомно-абсорбционный анализ проб мышечной ткани крупного рогатого скота. На основании полученных данных осуществлялась подгонка регрессионной модели методом наименьших квадратов и выявлена наиболее оптимальная и эффективная модель.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–76–00003. URL: <https://rscf.ru/project/22-76-00003/>.

Материал и методы исследований

Исследование выполнено на животных (n=24) герефордской породы в возрасте 16–18 мес., разводившихся на юге Западной Сибири. Животные содержались в хозяйствах Новосибирской области в типовых условиях промышленного комплекса с соблюдением ветеринарных и зоотехнических требований в соответствии с законодательством (ГОСТ 32855–2014, ГОСТ 26090–84, ГОСТ 32855–2014) и в стандартных для каждого вида и породы условиях. Кормление осуществлялось типовым полнорационным комбикормом с учетом возраста, живой массы и направления продуктивности животных (ГОСТ Р 52254–2004, ГОСТ 32855–2014, ГОСТ 32855–2014).

Убой животных проводился согласно действующим требованиям, технологической инструкции и нормативно-правовым документам, действующим на территории Российской Федерации (ГОСТ 34120–2017, ФЗ-498, ГОСТ 34120–2017). Перед убоем проведены исследования слизистых оболочек, кожи и ее производных. На момент убоя животные были клинически здоровыми. Животные находились на 12–18-часовой предубойной голодной диете. Отбор органов и тканей производили в убойном пункте сразу после забоя, затем они были заморожены и хранились при температуре от –18 до –24 °С. Образцы скелетной мускулатуры массой 100 г отбирали с диафрагмальной мышцы. Пробы крови были взяты из яремной вены животных и стабилизированы 5%-ным цитратом натрия. Образцы крови в течение 6–8 ч доставлялись в лабораторию, где проводился гематологический и биохимический анализ.

Пробоподготовку и анализ образцов мышечной ткани проводили в соответствии с методикой (ГОСТ 17261–2008) на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-1000 (ООО «Люмэкс», Россия).

Определение гематологических показателей: уровень эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина – производили на автоматическом гематологическом анализаторе PCE-90VET (Hight Technology Inc, США). Биохимические показатели определяли с использованием фотометрических методов на биохимическом анализаторе Photometer-5010 (Robert Riele GmbH & Co KG, Германия).

Статистическая обработка исходных данных выполнялась с использованием языка статистического программирования R. Проверка условий для подгонки моделей осуществлялась согласно протоколу разведочного анализа данных [15]. Анализ потенциальных выбросов проводили с помощью теста Граббса [16]. Тестирование соответствия распределений данных гауссовскому проводили с помощью теста Шапиро-Уилка [17]. Расчет коэффициента корреляции между переменными осуществляли с применением критерия Спирмена [18]. Оценку мультиколлинеарности проводили с помощью вычисления коэффициента инфляции дисперсии для каждого параметра [15], а также графическим методом с использованием матрицы диаграммы рассеяния переменных регрессионных моделей. Коэффициенты модели рассчитывали методом наименьших квадратов. Множественные сравнения влиятельных наблюдений проводили с помощью поправки Бонферонни [19]. Условия независимости остатков модели проверяли с использованием теста Дарбина-Уотсона [20].

Для поиска модели прогноза уровня цинка в мышечной ткани герефордского скота был использован комплекс предикторов, который для удобства был переименован (табл. 1).

Данные по гематологическим и биохимическим показателям крови (табл. 1) соответствовали популяционной норме [21–23], что указывает на отсутствие патологических процессов и косвенно свидетельствует о здоровье животных.

Таблица 1

Обозначение и расшифровка для комплекса независимых переменных используемых для селекции регрессионных моделей

Показатель	Медианные значения	Норма	Единицы измерения	Переменная в модели
Zn в мышцах	49,5	-	мг/кг	y
Fe в крови	0,05	0,05–0,29	ммоль/л	x1
Лейкоциты	8,6	4,5–12,0	$\times 10^9$ ед.	x2
Эритроциты	7,41	5,5–8,0	$\times 10^{12}$ ед.	x3
Гемоглобин	127,5	85–135	г/л	x4
СОЭ	0,5	0,5–2,0	мм/ч	x5
Цветовой показатель крови	1,06	0,7–1,1	соотношение	x6
Протеин	75,4	56–78	г/л	x7
Альбумин	37	25–45	г/л	x8
Глобулин	36,8	34–45	г/л	x9
Мочевина	6,1	2,8–8,8	ммоль/л	x10
Мочевая кислота	123,7	100–300	мкмоль/л	x11
Холестерин	3,33	1,6–5,0	ммоль/л	x12

Результаты и их обсуждение

Важным этапом разведочного анализа при подгонке регрессионных моделей и отборе пула предикторов является оценка мультиколлинеарности. При ее наличии оценки коэффициентов модели будут неустойчивыми, а анализ вклада отдельных факторов в дисперсию переменной отклика будет затруднительным. В результате может возникнуть парадоксальная ситуация, когда коэффициенты регрессионной модели статистически не будут значимыми, в то время как модель в целом по критерию Фишера – статистически значима. Поэтому для оценки ассоциаций между переменными рассчитаны значения коэффициента корреляции Спирмена и построены корреляционная матрица и диаграммы рассеяния (рис. 1, 2).

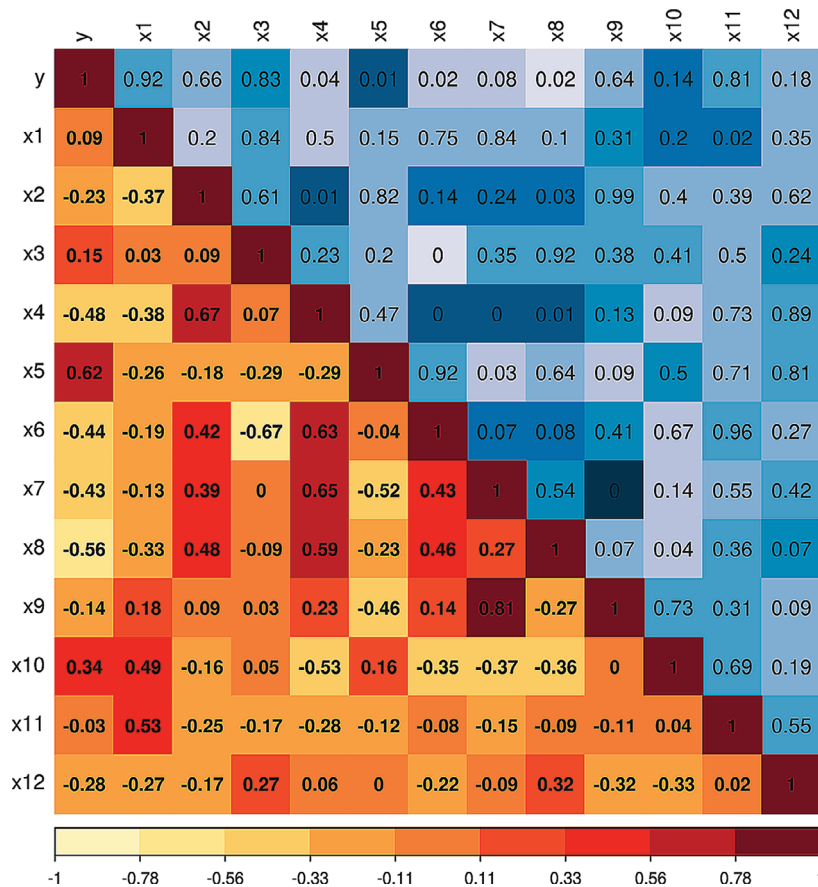


Рис. 1. Корреляционная матрица переменных регрессионных моделей

В нижнем треугольнике на красном фоне (рис. 1) – вычисленные коэффициенты корреляции, а в верхнем (на синем фоне) – уровни значимости для этих коэффициентов. Анализ показал достаточно большое количество связей между переменными. Зависимая переменная ассоциирована со значениями скорости оседания эритроцитов, с гемоглобином, цветовым показателем крови и альбуминами. Данные переменные, с одной стороны, могут являться потенциальными предикторами уровня цинка в мышечной ткани. Однако они между собой также скоррелированы: так, гемоглобин связан с цветовым показателем и альбумином, которые в свою очередь ассоциированы между собой. Поэтому при включении их всех в модель будет проявляться эффект дублирования и внесение «шума».



Рис. 2. Матрица диаграмм рассеяния переменных регрессионных моделей

В результате селекции модели по внутренним критериям качества, начиная с полной модели по всем подмножествам, было отобрано три модели кандидата. Так, пошаговым комбинированным алгоритмом по информационному критерию Акаике (AIC) [24] была отобрана модель с 8 коэффициентами (табл. 2).

При ранжировании моделей по значению скорректированного коэффициента детерминации (R^2_{adj}) лучшая модель включает в себя 7 переменных (табл. 3, рис. 3).

Последняя модель-претендент из трех предикторов была наиболее компактной и имеет лучшие значения по критерию Мэллоу (Cp) и байесовскому информационному критерию (BIC) (табл. 4, рис. 3).

В результате оценки фактора инфляции дисперсии для моделей-кандидатов очевидно, что только в модели с 3 предикторами отсутствует мультиколлинеарность (табл. 5). У остальных моделей половина коэффициентов показывает высокие значения фактора инфляции дисперсии (VIF), поэтому прогноз таких моделей на новых данных может давать неустойчивые результаты.

Оценка статистической значимости коэффициентов и моделей-кандидатов в целом представлена в таблицах 2, 3, 6. Все модели в целом были достоверными, однако наибольшее значение F-критерия наблюдалось в компактной модели с 3 коэффициентами (табл. 6). Также в этой модели каждый из коэффициентов в отдельности был статистически значимым в отличие от двух других моделей-претендентов (табл. 2, 3).

Таблица 2

Параметры оценки коэффициентов модели-претендента (пошаговым алгоритмом) прогноза уровня цинка в мышечной ткани, мг/кг, от показателей крови

Обозначение коэффициентов	Оценки коэффициентов	Стандартные ошибки коэффициентов	t-статистика	P _t
Int.	144,820	27,811	5,207	<0,001
x3	–8,442	3,147	–2,683	0,017
x4	0,484	0,186	2,606	0,020
x5	6,003	2,643	2,271	0,038
x6	–58,959	17,051	–3,458	0,004
x7	–0,327	0,222	–1,473	0,161
x9	0,332	0,184	1,806	0,091
x11	–0,029	0,015	–1,953	0,070
x12	–4,726	1,677	–2,819	0,013
RSE – 5,646; F-критерий – 7,197; p < 0,001.				

Примечание. Здесь и далее: Int. – свободный член уравнения; RSE – стандартная ошибка остатков; F-statistic – значение критерия Фишера; P_t – уровень значимости для t-статистики; p – уровень значимости модели.

Таблица 3

Параметры оценки коэффициентов модели-претендента (комбинированным алгоритмом) прогноза уровня цинка в мышечной ткани, мг/кг, от показателей крови

Обозначение коэффициентов	Оценки коэффициентов	Стандартные ошибки коэффициентов	t-статистика	P _t
Int.	144,820	27,811	5,207	<0,001
x3	–8,442	3,147	–2,683	0,017
x4	0,484	0,186	2,606	0,020
x5	6,003	2,643	2,271	0,038
x6	–58,959	17,051	–3,458	0,004
x7	–0,327	0,222	–1,473	0,161
x9	0,332	0,184	1,806	0,091
x11	–0,029	0,015	–1,953	0,070
x12	–4,726	1,677	–2,819	0,013
RSE – 5,646; F-критерий – 7,197; p < 0,001.				

**Модели-кандидаты прогноза уровня цинка в мышечной ткани
по значению внутренних критериев качества**

Формула модели	df	p	SSE	MSE	R ²	R ² _{adj}	AIC	BIC
Лучшая модель по значению R ² _{adj}								
$y \sim 1+x3+x4+x5+x6+x8+x11+x12$	16	7	486,3	30,39	0,79	0,7	158,32	177,09
Лучшая модель по значению BIC и Cp								
$y \sim 1+x5+x6+x12$	20	3	729,72	36,49	0,69	0,64	160,06	174,11

Примечание. Здесь и далее: df – число степеней свободы; p – число независимых переменных модели; SSE – сумма квадратов остатков; MSE – средний квадратов остатков; R² – коэффициент детерминации.

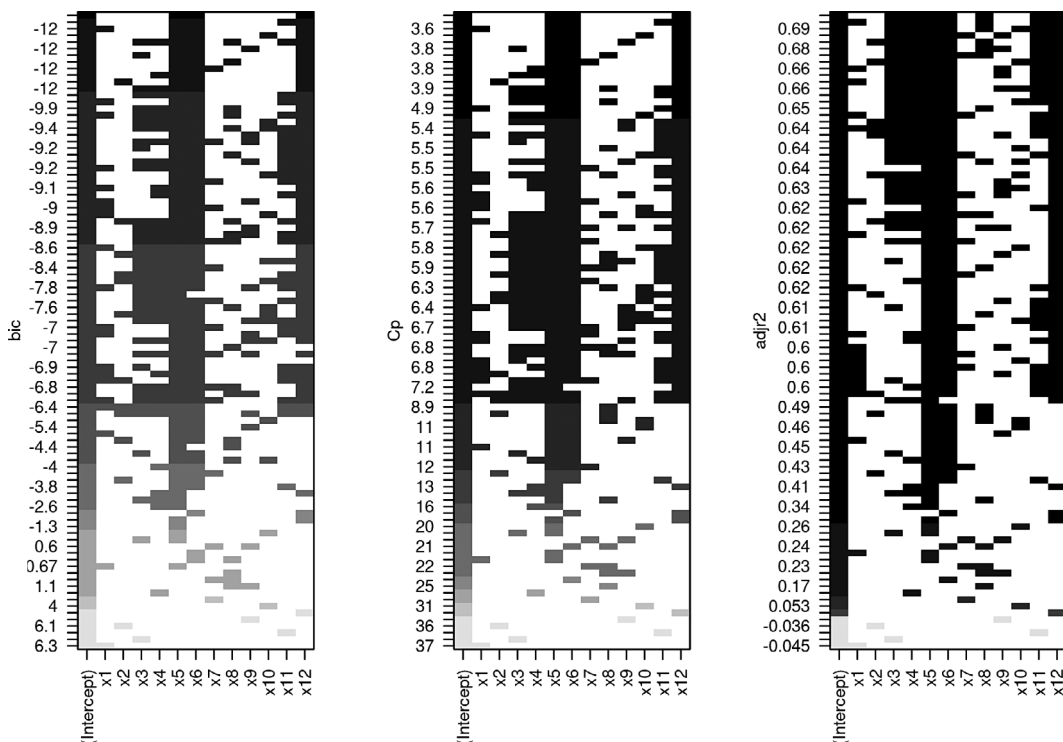


Рис. 3. Ранжирование моделей прогноза уровня цинка в мышечной ткани по байесовскому информационному критерию и критерию Мэллоу и скорректированному коэффициенту детерминации (слева направо)

Для оценки эффективности прогноза каждой из моделей-кандидатов необходимо использовать внешние критерии качества. Так, по результатам кросс-валидации с градацией наблюдений на 3 блока лучшая аппроксимация отмечается в модели с 3 предикторами (рис. 4, верхний левый), где четко видим, что сохранился угол наклона регрессионных линий.

Это наблюдение подтверждается при расчете среднего квадрата методом кросс-валидации (табл. 7). Методом кросс-проверки можно получить также несмещенные оценки

коэффициента детерминации (табл. 7). В результате все внешние оценки качества моделей указывают, что модель с тремя предикторами (x_5 , x_6 , x_{12}) является оптимальной и лучше всего подходит для прогноза уровня цинка в мышечной ткани герефордского скота.

Таблица 5

Значения фактора инфляции дисперсии для коэффициентов регрессионных моделей оценки уровня цинка в мышечной ткани

Предиктор	Полная модель	$y \sim x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_{11} + x_{12}$	$y \sim x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{11} + x_{12}$	$y \sim x_5 + x_6 + x_{12}$
x_1	2,1	–	–	–
x_2	4,2	–	–	–
x_3	24	25,1	25,3	–
x_4	33,8	26,5	28,2	–
x_5	2,3	1,4	1,8	1
x_6	33,3	33,2	33,5	1,1
x_7	595,9	–	14	–
x_8	162,6	2,5	–	–
x_9	658,6	–	10,9	–
x_{10}	3,3	–	–	–
x_{11}	1,8	1,4	1,5	–
x_{12}	1,8	1,4	1,5	1,1

Таблица 6

Параметры оценки коэффициентов модели-претендента (по критерию Мэллоу и байесовскому информационному критерию) прогноза уровня цинка в мышечной ткани

Обозначение коэффициентов	Оценки коэффициентов	Стандартные ошибки коэффициентов	t-статистика	P_i
Int.	73,580	7,166	10,267	<0,001
x_5	9,409	2,118	4,443	<0,001
x_6	-14,461	3,240	-4,463	<0,001
x_{12}	-5,218	1,512	-3,450	0,003
RSE – 6,04; F-statistic – 14,7; $p < 0,001$.				

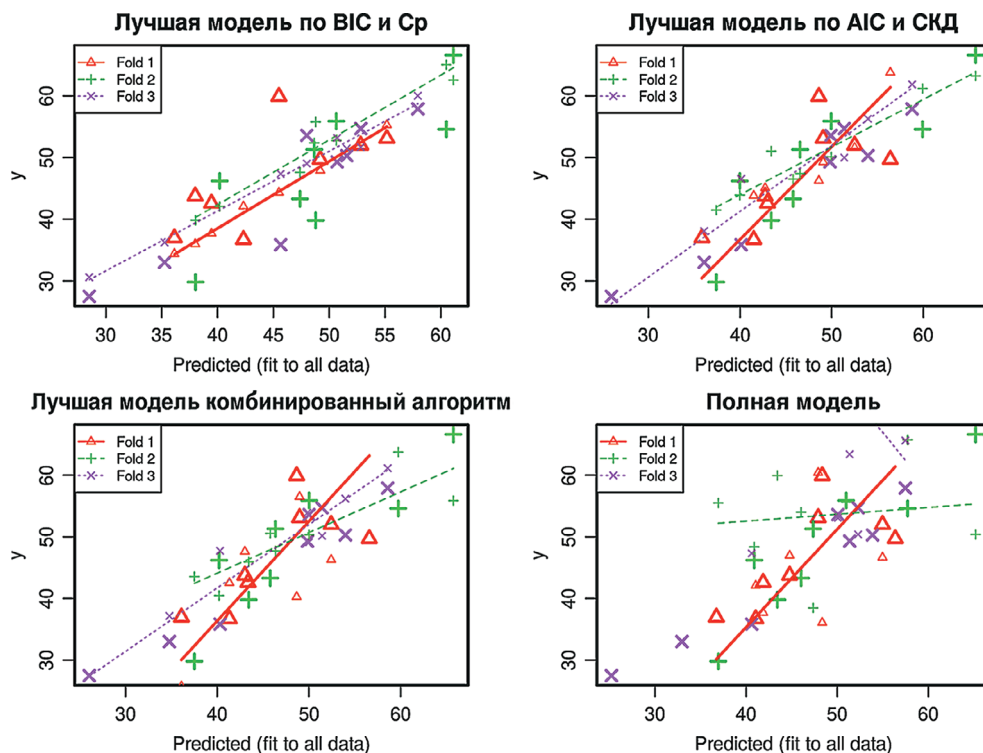


Рис. 4. Визуализация моделей-претендентов оценки уровня цинка в мышцах методом кросс-валидации с разбитием (градиацией) на 3 блока

Таблица 7

Оценка ошибки при кросс-проверке регрессионных моделей прогноза уровня цинка в мышечной ткани

Формула модели	SS	df	MS	R ²	R ² _{cv}
$y \sim 1+x_5+x_6+x_{12}$	1102	24	46	0,684	0,489
$y \sim 1+x_3+x_4+x_5+x_6+x_8+x_{11}+x_{12}$	1240	24	52	0,790	0,523
$y \sim 1+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_9+x_{11}+x_{12}$	1854	24	77	0,793	0,545
$y \sim 1+x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_9+x_{10}+x_{11}+x_{12}$	66180	24	2757	0,805	0,051

Примечание. R²_{cv} – коэффициент детерминации, рассчитанный методом кросс-валидации.

Проверка допущений в отношении остатков. Чтобы убедиться в пригодности модели для оценки, согласно методике последним этапом необходимо проверить допущения в отношении остатков выбранной модели. Поскольку модель множественной регрессии является частным случаем общих линейных моделей, в отношении остатков делаются предположения, отвечающие условиям теоремы Гаусса-Маркова. Поэтому распределение остатков в первую очередь тестировалось на соответствие нормальному распределению с помощью формальных критериев Андерсона-Дарлинга ($A = 0,27$; $p = 0,63$) и Шапира-Уилка ($W = 0,96$; $p = 0,56$). Визуализация распределения остатков также подтверждает выполнение предположения о соответствии распределения Гаусса (рис. 5, 6, верхний правый).

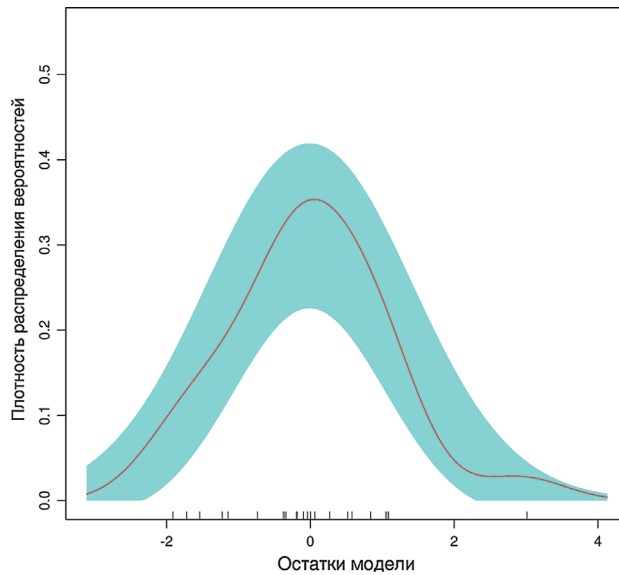


Рис. 5. Распределение остатков регрессионной модели оценки уровня цинка, мг/кг, в мышечной ткани

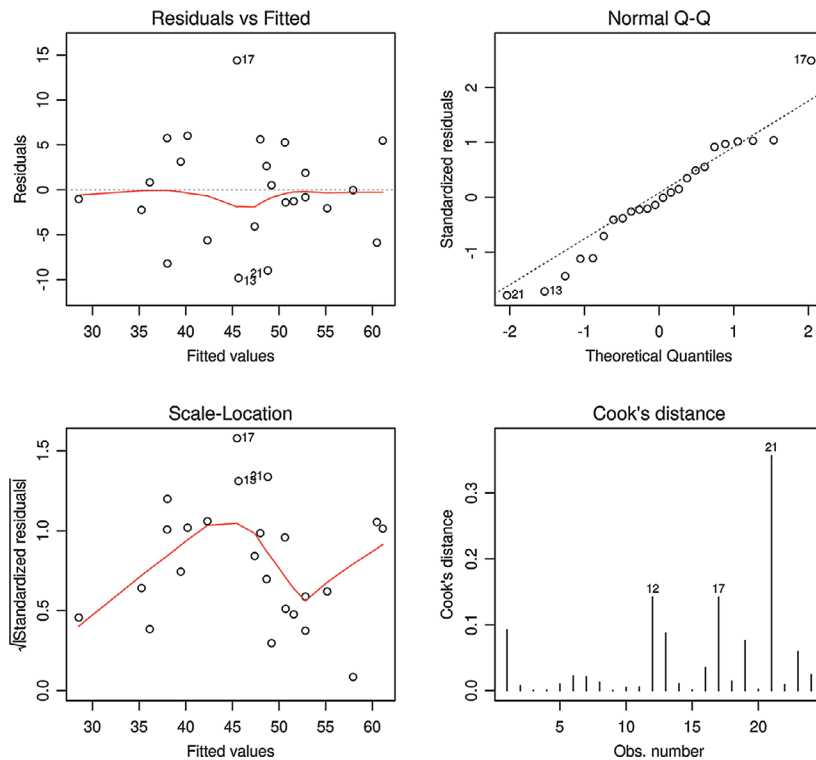


Рис. 6. Остатки в зависимости от отклика, график квантилей, квадратный корень стандартизированных остатков в зависимости от отклика и дистанций Кука (слева направо)

Разброс остатков и квадратного корня из стандартизированных остатков в зависимости от предсказанных моделью значений указывает на гомоскедастичность дисперсии остатков (рис. 6, левый нижний и верхний графики). Последний правый нижний график рисунка 6 предназначен для выявления влиятельных наблюдений. Порядковыми номерами обозначены

наблюдения с высокими значениями расстояния Кука. Данные наблюдения могут быть потенциальными выбросами. С помощью формального теста остатков с поправкой Бонферрони студентизированный остаток с максимальным значением будет проверяться на соответствие t-распределению. В результате максимальное значение студентизированного остатка составило 2,92, что соответствовало скорректированному уровню значимости (p) – 0,21.

Таким образом, нет оснований считать потенциально влиятельные наблюдения выбросами. Последним этапом оценивалась независимость остатков модели посредством проверки на наличие автокорреляций. С помощью критерия Дарбина-Уотсона, значение которого составило $d=1,5$, это соответствует коэффициенту автокорреляции, равному 0,21 ($p=0,08$). Проведенный тест подтверждает нулевую гипотезу об отсутствии автокорреляций в остатках модели.

Таким образом, для наиболее оптимальной и точной модели прогноза концентрации цинка в мышечной ткани необходимо установить уровень общего холестерина, значение цветового показателя крови, скорость оседания эритроцитов и подставить эти значения в уравнение регрессии:

$$y = 73,576 - 9,409 \times \text{СОЭ} - 14,461 \times \text{ЦП} - 5,218 \times \text{ОХ},$$

где y – концентрация цинка в мышечной ткани, мг/кг; СОЭ – скорость оседания эритроцитов, мм/ч; ЦП – цветовой показатель крови; ОХ – общий холестерин, ммоль/л.

Визуализация описанной модели в форме диаграммы рассеяния предсказанных и наблюдаемых значений с линией тренда представлена на рисунке 7. Полученная модель показала достаточно высокий уровень точности при внешней оценке критериев качества (табл. 7, рис. 4), поэтому ее можно рекомендовать для прогнозирования уровня цинка в мышечной ткани герефордского скота.

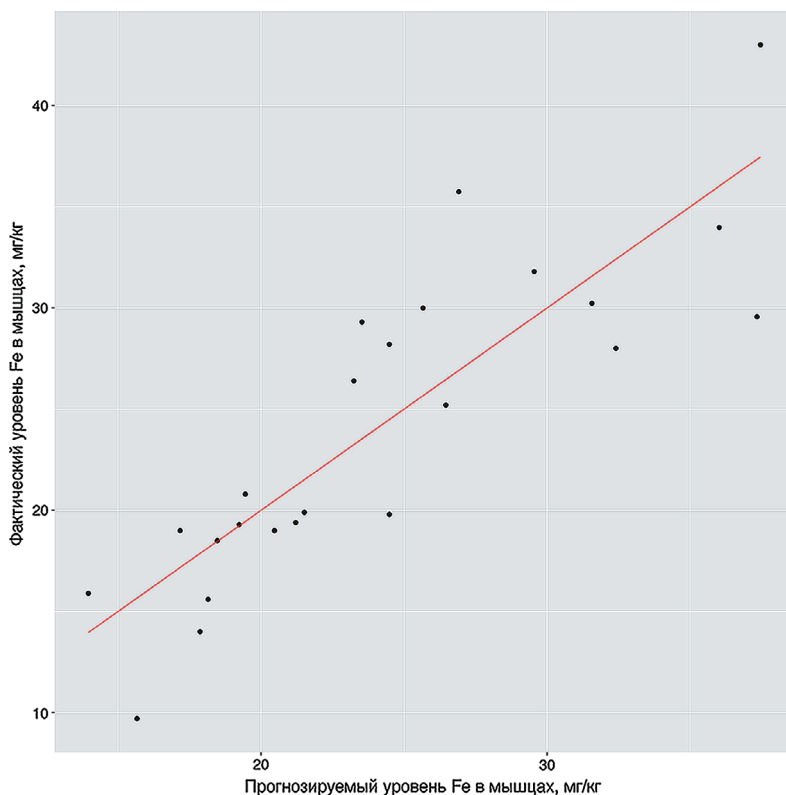


Рис. 7. Модель ожидаемого и фактического уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота

Выводы

В будущих исследованиях можно протестировать эффективность предложенной модели на новых данных и при необходимости повышения точности прогноза – продолжить обучение модели. Полученные результаты могут быть использованы в области экологии с целью оценки экологического благополучия и определения допустимой нагрузки цинка на животных. Для ветеринарной медицины полученная модель дает возможность прижизненно оценивать уровень цинка в мышечной ткани герефордского скота. В дальнейшем необходимо проводить подобные исследования на больших популяциях и применять смешанные линейные модели, которые учитывают дополнительные случайные эффекты.

Библиографический список

1. *Косолапов В.М.* Минеральные элементы в кормах и методы их анализа / В.М. Косолапов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова, В.Г. Косолапова. – М.: ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с.
2. McDonald P.M. Animal nutrition / P.M. McDonald R.A. Edwards J.F.D Greenhalgh C.A. Morgan, L.A. Sinclair, R.G. Wilkinson. – Greenhalgh: Pearson Education, 2022. – 752 p.
3. *Shah O.S.* Zinc as an element of therapeutic importance: A review / O.S. Shah, A.R. Baba, Z.A. Dar, T. Hussain, U. Amin, A. Jan, I. Asharaf, S.U. Nabi, A.U. Haq // The Pharma Innovation Journal. – 2017. – Vol. 6 (12). – Pp. 433–436.
4. *Карпенко А.Ф.* Полноценное кормление высокопродуктивных коров: Монография / А.Ф. Карпенко, Н.П. Разумовский, Д.Т. Соболев, А.А. Царенок. – Минск: Беларуская навука, 2021. – 430 с.
5. *Suttle N.F.* Mineral Nutrition of Livestock. – 4th Edition. – Cambridge: CABI, 2010. – Pp. 420–450.
6. *Fadlalla I.M.* The Interactions of Some Minerals Elements in Health and Reproductive Performance of Dairy Cows, in New Advances in the Dairy Industry. – London: IntechOpen, 2022. – 29 p.
7. *Yousif H.M.* Changes in Hormones and Some Antioxidant Markers That Correlated to Zinc Deficiency and Affecting Wool Growth in Male Lambs / H.M. Yousif R.A.E.S.A. Rezk A.M. El Mahdy // Journal of Current Veterinary Research. – 2022. – Vol. 4 (2). – Pp. 22–30.
8. *Cousins R.J.* Role of zinc in the regulation of gene expression // Proceedings of the Nutrition Society. – 1998. – Vol. 57. – Pp. 307–311.
9. *Krebs N.F.* Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract // The Journal of nutrition. – 2000. – Vol. 130 (5). – Pp. 1374S–1377S.
10. *Miller W.J.* Absorption, tissue distribution, endogenous excretion, and homeostatic control of zinc in ruminants // The American journal of clinical nutrition. – 1969. – Vol. 22. – № 10. – Pp. 1323–1331.
11. *Мирошников С.А.* Региональные особенности элементного состава шерсти крупного рогатого скота (результаты пилотного исследования) / С.А. Мирошников, А.В. Харламов, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 2 (90). – С. 7–10.
12. *Скальный А.В.* Аналитические методы в биоэлементологии / А.В. Скальный, Е.В. Лакарова, В.В. Кузнецов, М.Г. Скальная. – СПб.: Наука, 2009. – 576 с.
13. *Мирошников С.А., Лебедев С.В.* Диапазон концентраций (референтные значения) химических элементов в теле животных // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6 (112). – С. 241–243.

14. Скальный А.В. Микроэлементозы человека: гигиеническая диагностика и коррекция // Микроэлементы в медицине. – 2000. – Т. 1 (1). – С. 2–8.
15. Харламов А.В. Информативность биосубстратов при оценке элементного статуса сельскохозяйственных животных (обзор) / А.В. Харламов, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, С.А. Мирошников // Вестник мясного скотоводства. – 2014. – № 4 (87). – С. 53–58.
16. Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems // Methods in ecology and evolution. – 2010. – Vol. 1, № 1. – Pp. 3–14.
17. Adikaram K.L.B. Data transformation technique to improve the outlier detection power of Grubbs' test for data expected to follow linear relation / K.L.B. Adikaram M.A. Hussein, M. Effenberger, T. Becker // Journal of applied mathematics. – 2015. – Vol. 2015. – Pp. 1–9.
18. Razali N.M., Wah Y.B. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests // Journal of statistical modeling and analytics. – 2011. – Vol. 2 (1). – Pp. 21–33.
19. Xiao W. Novel online algorithms for nonparametric correlations with application to analyze sensor data // 2019 IEEE International Conference on Big Data. – 2019. – Pp. 404–412.
20. Aickin M., Gensler H. Adjusting for multiple testing when reporting research results: the Bonferroni vs Holm methods // American journal of public health. – 1996. – Vol. 86 (5). – Pp. 726–728.
21. Баймишев Х.Б., Савинков А.В. Ветеринарная гематология: Методические указания для выполнения практических работ. – Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. – 34 с.
22. Васильев Ю.Г., Трошин Е.И., Любимов А.И. Ветеринарная клиническая гематология: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2022. – 656 с.
23. Васильева С.В., Конопатов Ю.В. Клиническая биохимия крупного рогатого скота: Учебное пособие для вузов. 3-е изд. – СПб.: Лань, 2021. – 188 с.
24. Chen Y. Spatial autocorrelation approaches to testing residuals from least squares regression // PloS one. – 2016. – Vol. 11, № 1. – Pp. e0146865.

MODELS FOR PREDICTING THE LEVEL OF ZINC IN THE MUSCLE TISSUE OF CATTLE

K.N. NAROZHNYKH

(Novosibirsk State Agrarian University)

Biochemical processes occurring in of cattle related to their elemental status. Therefore, the search for models of in vivo assessment of the level of zinc in the muscle tissue of animals is relevant. The level of zinc in muscle tissue influences the quality indicators of beef. The samples of the diaphragmatic muscle weighing 100 g were taken from Hereford cattle bred under typical conditions of an agribusiness sector in the south of Western Siberia (Russia). Elemental analysis was carried out by the atomic absorption method with electrothermal atomization on a spectrometer MGA-1000. Measuring of hematological parameters – erythrocyte, leucocyte and haemoglobin levels – was carried out on an automatic hematological analyzer PCE-90VET. Biochemical parameters were determined using photometric methods on a Photometer-5010 biochemical analyzer. The coefficients of regression models were calculated using the least squares method. The choice of the most accurate and effective model was made on the basis of a comprehensive assessment of indicators of internal and external quality criteria. The values of the dependent variable correspond to the Gaussian one. A high correlation between independent variables was

revealed. The selection based on internal and external quality criteria revealed an optimal model for predicting the level of zinc in muscle tissue of Hereford cattle, containing three predictors: erythrocyte sedimentation rate (mm/h), color index and total cholesterol (mmol/l). The model meets the necessary assumptions: the residuals are normally distributed, there are no autocorrelations, and the observations are influential. There is no evidence of multicollinearity between the main effects of the main model ($VIF = 1.0-1.1$). The resulting model can be used for in vivo assessment of the level of zinc in the muscle tissue of cattle.

Key words: cattle, Hereford breed, zinc, modelling, regression.

References

1. Kosolapov V.M., Chuykov V.A., Khudyakova Kh.K., Kosolapova V.G. Mineral'nye elementy v kormakh i metody ikh analiza [Mineral elements in feed and methods of their analysis]. M.: OOO "Ugreshskaya tipografiya". 2019: 272. (In Rus.)
2. McDonald P.M., R.A. Edwards, Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A., Sinclair L.A., Wilkinson R.G. Animal nutrition. Greenhalgh. Pearson Education. 2022: 752.
3. Shah O.S., Baba A.R., Dar Z.A., Hussain T., Amin U., Jan A., Asharaf I., Nabi S.U., Haq A.U. Zinc as an element of therapeutic importance: A review. The Pharma Innovation Journal. 2017; 6 (12): 433–436.
4. Karpenko A.F., Razumovskiy N.P., Sobolev D.T., Tsarenok A.A. Polnotsennoe kormlenie vysokoproduktivnykh korov: monografiya [Complete feeding of highly productive cows: monograph]. Minsk: Belaruskaya navuka, 2021: 430. (In Rus.)
5. Suttle N.F. Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition. Cambridge: CABI. 2010: 420–450.
6. Fadlalla I.M. The Interactions of Some Minerals Elements in Health and Reproductive Performance of Dairy Cows, in New Advances in the Dairy Industry. London. IntechOpen. 2022: 29.
7. Yousif H.M., Rezk R.A.E.S.A., El Mahdy A.M. Changes in Hormones and Some Antioxidant Markers That Correlated to Zinc Deficiency and Affecting Wool Growth in Male Lambs. Journal of Current Veterinary Research. 2022: 4 (2): 22–30.
8. Cousins R.J. Role of zinc in the regulation of gene expression. Proceedings of the Nutrition Society. 1998; 57: 307–311.
9. Krebs N.F. Overview of zinc absorption and excretion in the human gastrointestinal tract. The Journal of nutrition. 2000; 130 (5): 1374S-1377S.
10. Miller W.J. Absorption, tissue distribution, endogenous excretion, and homeostatic control of zinc in ruminants. The American journal of clinical nutrition. 1969; 22; 10: 1323–1331.
11. Miroshnikov S.A. Regional'nye osobennosti elementnogo sostava shersti krupnogo rogatogo skota (rezul'taty pilotnogo issledovaniya) [Regional features of the elemental composition of cattle wool (results of a pilot study)]. Vestnik myasnogo skotovodstva. 2015; 2(90): 7–10. (In Rus.)
12. Skal'niy A.V., Lakarova E.V., Kuznetsov V.V., Skal'naya M.G. Analiticheskie metody v bioelementologii [Analytical methods in bioelementology]. Spb.: Nauka, 2009: 576. (In Rus.)
13. Miroshnikov S.A., Lebedev S.V. Diapazon kontsentratsii (referentnye znacheniya) khimicheskikh elementov v tele zhivotnykh [Range of concentrations (reference values) of chemical elements in the body of animals]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009; 6(112): 241–243. (In Rus.)
14. Skal'niy A.V., Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Miroshnikov S.A. Mikroelementozy cheloveka: gigienicheskaya diagnostika i korrektsiya [Human microelementoses: hygienic diagnostics and correction]. Mikroelementy v meditsine. 2000; 1 (1): 2–8. (In Rus.)

15. *Kharlamov A.V., Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Miroshnikov S.A.* Informativnost' biosubstratov pri otsenke elementnogo statusa sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh (obzor) [Informativity of biosubstrates in assessing the elemental status of farm animals (review)]. *Vestnik myasnogo skotovodstva*. 2014; 4(87): 53–58. (In Rus.)
16. *Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S.* A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in ecology and evolution*. 2010; 1; 1: 3–14.
17. *Adikaram K.L.B., Hussein M.A., Effenberger M., Becker T.* Data transformation technique to improve the outlier detection power of Grubbs' test for data expected to follow linear relation. *Journal of applied mathematics*. 2015; 2015: 1–9.
18. *Razali N.M., Wah Y.B.* Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*. 2011; 2 (1): 21–33.
19. *Xiao W.* Novel online algorithms for nonparametric correlations with application to analyze sensor data. 2019 IEEE International Conference on Big Data. 2019: 404–412.
20. *Aickin M., Gensler H.* Adjusting for multiple testing when reporting research results: the Bonferroni vs Holm methods. *American journal of public health*. 1996; 86 (5): 726–728.
21. *Baymishev Kh.B., Savinkov A.V.* Veterinarnaya gematologiya: metodicheskie ukazaniya dlya vypolneniya prakticheskikh rabot [Veterinary hematology: guidelines for practical work]. Kinel': RITs SGSKhA, 2014: 34. (In Rus.)
22. *Vasil'ev Yu.G., Troshin E.I., Lyubimov A.I.* Veterinarnaya klinicheskaya gematologiya: Uchebnoe posobie [Veterinary clinical hematology: textbook]. Spb.: Izdatel'stvo "Lan". 2022: 656. (In Rus.)
23. *Vasil'eva S.V., Konopatov Yu.V.* Klinicheskaya biokhimiya krupnogo roga togo skota: uchebnoe posobie dlya vuzov [Clinical biochemistry of bovine animals: textbook for universities]. Spb.: Lan', 2021: 188. (In Rus.)
24. *Chen Y.* Spatial autocorrelation approaches to testing residuals from least squares regression. *PloS one*. 2016; 11; 1: e0146865.

Нарожных Кирилл Николаевич, заведующий лабораторией, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (952) 938–38–91; e-mail: k@narozhnykh.ru

Kirill N. Narozhnykh, CSc (Bio), Head of the Laboratory, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolyubova Str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation; phone: (952) 938–38–91; E-mail: k@narozhnykh.ru

ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭСТРОФАНТИНА ПРИ ПСЕВДОБЕРЕМЕННОСТИ (ГИДРОМЕТРЕ) У КОЗ

К.О. ШАТСКИЙ, Г.П. ДЮЛЬГЕР

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Цель исследований – провести сравнительную оценку терапевтической эффективности Эстрофантина®, препарата высокоактивного синтетического аналога простагландина $\Phi_{2\text{ альфа}}$ ($\text{Пг}\Phi_{2\alpha}$) клопростенола, при его двукратном с перерывом 10 сут. внутримышечном введении козам с гидрометрой в дозе 0,5 и 1 мл соответственно. Объектом исследований служили ремонтные козочки случного возраста ($n=6$) и лактирующие козы ($n=37$) зааненской породы, у которых при скрининговом ультразвуковом обследовании на беременность и бесплодие диагностировали ложную сукозность. По принципу аналогов животных разделили на две подопытные группы. Животным первой опытной группы ($n=21$) Эстрофантин® вводили внутримышечно двукратно с перерывом 10 сут. в дозе 0,5 мл (125 мкг клопростенола), животным второй группы ($n=22$) – также внутримышечно двукратно с перерывом 10 сут., но в дозе 1 мл (250 мкг клопростенола). Результаты исследований показали высокую терапевтическую эффективность Эстрофантина® при его двукратном с перерывом 10 сут. внутримышечном применении козам с гидрометрой в дозе 1 мл. После введения первой дозы препарата полная экспульсия внутриматочной жидкости отмечена у 81,82% коз с гидрометрой. По доле выздоровевших животных эффективность метода за полный курс лечения составила 100%, по показателю частоты возобновления половой цикличности и фертильности – 86,36 и 77,27% соответственно. При этом ни у одной из 5 (22,73%) признанных бесплодными коз после проведенного курса лечения не зарегистрировали рецидив гидрометры.

Установлено, что доза Эстрофантина®, равная 0,5 мл (125 мкг клопростенола), является недостаточно адекватной для терапии коз с гидрометрой. После первого введения указанной дозы полная экспульсия внутриматочной жидкости наступает только у 52,38% животных. При использовании Эстрофантина® в минимальных терапевтических дозах (125 мкг клопростенола) эффективность простагландиновой терапии за полный курс лечения снижается по доле выздоровевших животных на 4,76%, по показателю восстановления половой цикличности – на 10,17%, по частоте наступления беременности – на 15,37%. При этом риск рецидива гидрометры составляет 5%.

Ключевые слова: козы, ложная беременность, гидрометра, лечение

Введение

Ложная беременность, псевдосукозность, псевдогестация или гидрометра являются достаточно распространенной дисгормональной патологией и причиной бесплодия коз [2–5, 7, 8, 10–14, 16, 19, 20, 24, 25]. Эта патология малоизвестна в России и практически не описана в отечественной научной и учебной литературе [2, 8].

Заболевание характеризуется длительной анафродизией, персистенцией одного или нескольких функционально-активных желтых тел в яичниках и объемным увеличением матки в размере вследствие активного выпота в ее полость стерильной серозной жидкости [2, 8, 24, 25]. При развитии гидрометры в полости матки может скапливаться от 0,1 л и менее до 8 л и более серозной жидкости [7, 10, 17]. По данным одних авторов [24, 25], ее объем в среднем достигает $2,98 \pm 2,1$ л, по другим материалам [19] – $13,7 \pm 6,0$ л. При скоплении в матке большого количества серозной жидкости наблюдают резко выраженное двустороннее увеличение объема живота [3, 6, 8, 9].

Гидрометра является основным клинико-эхографическим проявлением и ведущим диагностическим признаком ложной беременности. При скрининговом ультразвуковом обследовании коз на беременность и бесплодие гидрометру диагностируют в среднем с частотой 4,2% (с колебаниями от 2,5 до 30,4%) [2–5, 7, 8, 10–14, 16, 19, 20, 24, 25].

Этиология псевдосуккозности так же, как и причинно-следственная взаимосвязь между персистенцией желтого тела и развитием гидрометры, до конца не установлены. Задержание желтого тела всегда предшествует и сопутствует развитию гидрометры [21–23]. Спонтанная регрессия персистентного желтого тела приводит к прерыванию псевдосуккозности и опорожнению гидрометры.

Имеются экспериментальные доказательства, свидетельствующие о том, что нарушение внешней простагландиновой регуляции функциональной активности желтого тела полового цикла играет ведущую роль в патогенезе заболевания. Доказано, что матка при отсутствии беременности при помощи простагландина $\Phi_{2\alpha}$ (Пг $\Phi_{2\alpha}$) контролирует овариальную функцию: вызывает регрессию желтого тела полового цикла [15]. Активная иммунизация коз против Пг $\Phi_{2\alpha}$ приводит в 63,6% случаев к формированию персистентного желтого тела с развитием на 31...38 сут. после овуляции гидрометры [12, 22]. По профилю прогестерона в крови J.E. Kornalijslijper et al. [12] установили, что по своей продолжительности ложная беременность вполне сопоставима с истинной и в среднем длится $150,3 \pm 23,5$ сут. (с колебаниями от 103 до 168 сут.).

Простагландиновая терапия признана патогенетически обоснованным методом лечения гидрометры [2, 4, 8, 9, 14, 16–18, 20]. Ее эффективность во многом зависит от режима введения и дозирования препаратов на основе природного Пг $\Phi_{2\alpha}$ и его высокоактивного синтетического аналога клопростенола. По данным J.W. Hesselink, L. Elvin [12], однократное введение динопроста – нативного препарата простагландина $\Phi_{2\alpha}$ – внутримышечно в дозе 5 мг козам с гидрометрией обеспечивает восстановление половой цикличности всего у 40%, а плодовитости – только 15% животных соответственно. Другим недостатком метода однократной инъекции является высокая частота рецидива заболевания – 45,0% [10].

Хорошие, приемлемые для практики результаты были получены при двух-, трехкратном или дифференцированном под контролем УЗИ одно/двукратном (по клинической ситуации) введении препаратов на основе природного Пг $\Phi_{2\alpha}$ или его высокоактивного синтетического аналога клопростенола. При двух-, трехкратном введении указанных выше препаратов эффективность простагландиновой терапии по доле оплодотворившихся животных достигает 48,3–77,8% [4, 10, 11, 14, 18].

Цель исследований: провести сравнительную оценку терапевтической эффективности Эстрофантин® при его двукратном с перерывом 10 сут. внутримышечном применении козам с гидрометрией в дозе 0,5 и 1 мл (125 или 250 мкг клопростенола соответственно).

Эстрофантин^а – отечественный ветеринарный препарат высокоактивного синтетического аналога Пг $\Phi_{2\alpha}$, в 1 мл которого содержится 250 мкг клопростенола (в виде натриевой соли). Фирма-производитель – Асконт+ (Россия).

Препараты природного Пг $\Phi_{2\alpha}$ и его синтетические аналоги активны только при парентеральном введении. Они обладают выраженным лютеолитическим, антипрогестагенным и утеротонизирующим действием. По лютеолитической активности клопростенол сильнее природного Пг $\Phi_{2\alpha}$ примерно в 50 раз. Период полужизни клопростенола составляет 4 ч, тогда как период полужизни природного Пг $\Phi_{2\alpha}$ – менее 10 мин [1].

Материал и методика исследований

Работа выполнена на кафедре ветеринарной медицины Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, а ее практическая часть – на коммерческой козоводческой молочной ферме ООО «Эко Ферма «Климовская» в период с 2020 по 2022 гг.

Козоводческая молочная ферма ООО «Эко Ферма» Климовская» находится в Юхновском районе Калужской области, деревня Саволинка. Хозяйство специализируется на разведении коз зааненской породы, приобретенных в Австрии на фермах со статусом БИО. Поголовье дойных коз составляет 400 гол.

Объектом исследований служили 6 ремонтных козочек случного возраста и 37 лактирующих коз зааненской породы с гидрометрой.

Круглый год козوماتок и ремонтный молодняк содержали в одном помещении в групповых загонах длиной 10–15 м и шириной 2–2,5 м (по 7–15 гол. в каждом). Животных кормили 3 раза в сутки разнотравным сеном, кукурузным силосом и концентратами. Доеение – механизированное двукратное на доильной площадке «Параллель».

Узи-диагностику гидрометры (псевдосукозности) и ее дифференциацию от физиологически развивающейся сукозности производили при помощи ультразвукового диагностического прибора Draminski 4 Vet mini, оснащенного конвексным датчиком с частотой 2...8 МГц для трансабдоминального исследования. Сканирование коз проводили в их положении стоя, на доильной площадке или в проходе. Трансабдоминальный датчик (после нанесения на его рабочую поверхность акустического геля) прикладывали к безволосому участку кожи справа от вымени (после ее антисептической обработки тампоном, смоченным 70%-ным раствором спирта) и проводили полипозиционное сканирование органов малого таза и брюшной полости.

Физиологически развивающуюся сукозность диагностировали примерно через 50...80 сут. после случки при визуализации в эконегативной полости беременной матки одного или нескольких плодов с регистрацией двигательной активности и/или сердцебиения либо частей тела плода и плацентом.

Диагноз на псевдосукозность выносили по данным одно- или двукратного исследования с перерывом 10–14 сут. при визуализации в полости матки анэхогенной жидкости при отсутствии плода и плаценты.

После вынесения эхографического диагноза поголовье коз с гидрометрой разделили на две группы. Животным первой группы (n=21) для индукции лютеолиза (ложных родов) и опорожнения полости матки инъецировали Эстрофантин® внутримышечно двукратно с интервалом 10 сут. в дозе 0,5 мл (125 мкг клопростенола), второй (n=22) группе препарат также вводили внутримышечно двукратно с интервалом 10 сут., но в дозе 1 мл (250 мкг клопростенола).

О терапевтической эффективности Эстрофантина® судили по динамике и степени опорожнения полости матки от внутриматочной жидкости, частоте и срокам возобновления половой цикличности и фертильности, а также по частоте рецидива заболевания в первые 3 мес. после проведенного курса терапии.

Опорожнение полости матки и наступление беременности контролировали с помощью УЗИ. Ультразвуковое сканирование матки проводили на 7–10 сут. после инъекции первой и второй доз препарата, диагностику сукозности – через 50–90 сут. после осеменения.

Осеменяли подопытных коз естественно по технологии, принятой в хозяйстве (гаремная случка с подобранным племенным козлом-производителем) в индуцированные и/или спонтанно проявленные в первые 1,5 мес. после курса простагландиновой терапии половые циклы. Для этого начиная со 2 дня после инъекции второй дозы эстрофантина, козوماتок ежедневно помещали на 1,5–2 ч в загон с выбранным племенным козлом-производителем и проводили за ними наблюдение для регистрации факта случки.

Все полученные в ходе работы цифровые материалы обрабатывали методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием программы «Microsoft Excel». Для оценки достоверности полученных результатов использовали тест Стьюдента, различия между полученными данными считали достоверными при $P \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Условия кормления и содержания подопытных коз были одинаковыми. Животные подопытных групп существенно не отличались друг от друга по возрасту, количеству родов в анамнезе, плодовитости и молочной продуктивности (табл. 1).

Таблица 1

Возраст и особенности репродуктивного анамнеза подопытных коз

Показатели	Группа	
	Первая	Вторая
Количество животных, n	21	22
Возраст подопытных коз при постановке диагноза, г	2,18±0,39	2,14±0,36
Среднее количество родов в анамнезе, n	1,24± 0,59	1,18 ±0,56
Получено козлят от одной козوماتки за последний окот, n	1,94±0,64	1,86±0,55
Среднесуточный удой молока за лактацию, кг	2,50±0,67	2,60±1,03

Таблица 2

Терапевтическая эффективность Эстрофантин® при ложной беременности у коз

Показатели	Группа	
	Первая	Вторая
Количество подопытных животных, n	21	22
Терапевтическая доза препарата, мл	0,5	1,0
Схема введения Эстрофантина®	Двукратно внутримышечно с перерывом 10 сут.	
Выявлена полная экспульсия внутриматочной жидкости, гол., %: - после применения первой дозы; - после введения двух доз препарата	11 (52,38) 20 (95,24)	18 (81,82) 22 (100,0)
За 1,5 мес. наблюдения возобновили половую цикличность, гол, %	16 (76,19%)	19 (86,36%)
После случки с козлом-производителем в индуцированный и/или в спонтанно проявленный половой цикл оплодотворились, гол, %	13 (61,90%)	17 (77,27%)
Продолжительность периода от введения второй дозы препарата до первого осеменения, сут.	10,19 ±9,20	8,74±6,15
Продолжительность периода от введения второй дозы препарата до оплодотворения, сут.	12,85±8,75	12,76±6,91
Индекс осеменения	1,15±0,31	1,18±0,34
Зафиксированы случаи рецидива гидрометры, гол, %	1 (5,00%)	-

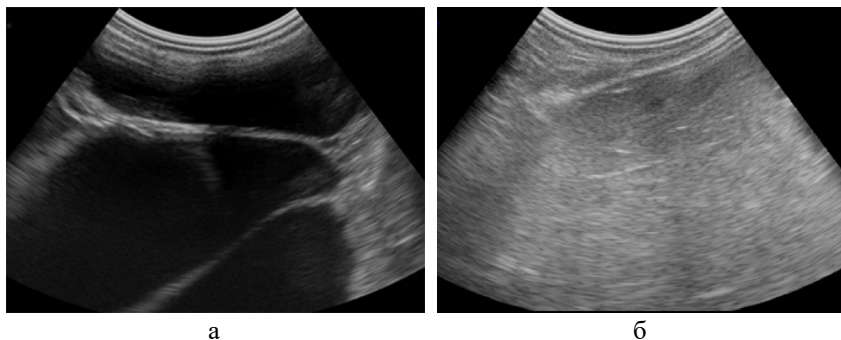


Рис. 1. Эхограммы матки козы № 905734 с гидрометрией до (а) и после (б) первой инъекции эстрофантина в дозе 250 мкг
(при сканировании на 10 сут. зафиксировано полное опорожнение полости матки)

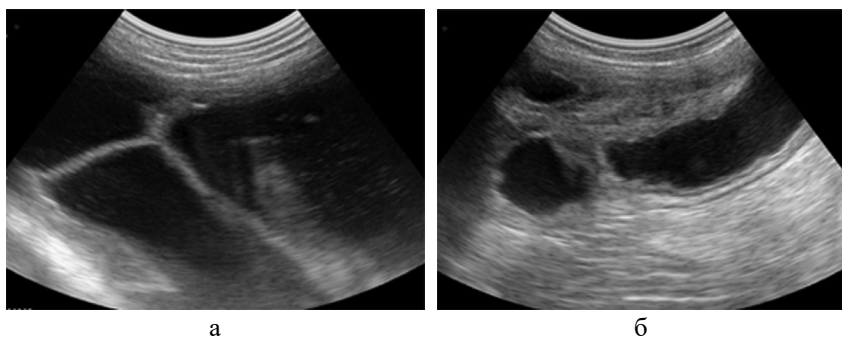


Рис. 2. Эхограммы матки козы № 506848 с гидрометрией до (а) и после (б) первой инъекции эстрофантина в дозе 0,5 мл
(при сканировании на 7 сут. зафиксировано частичное (неполное) опорожнение полости матки от содержимого гидрометры)

Непосредственные и отдаленные результаты лечения подопытных коз с гидрометрией при назначении им Эстрофантина® внутримышечно двукратно с перерывом 10 сут. в объеме 0,5 и 1 мл соответственно суммированы и представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что Эстрофантин® в дозе 1 мл (250 мкг клопростенола) при его двукратном с перерывом 10 сут. введении козам, больным гидрометрией, при хорошей клинической переносимости эффективно индуцирует экспульсию (изгнание) внутриматочной жидкости, восстановление половой цикличности и фертильности.

Примерно на 2–3 сут. после инъекции первой дозы препарата у всех подопытных коз наблюдали переменные по количеству серозные или (чаще) сукровичные выделения из половой щели, визуально выраженные признаки загрязнения (контаминации) серозной или (чаще) сукровичной жидкостью шерстного покрова промежности/задних конечностей и хвоста.

При ультразвуковом сканировании на 7–10 сут. после инъекции первой дозы препарата в объеме 1,0 мл полное опорожнение полости матки (рис. 1) зарегистрировано у 81,82% коз, неполное (рис. 2) – только у 18,18% животных. После полного курса лечения 19, или 86,36% из них, возобновили половую цикличность. На 40–80 сут. после случки с козлом в первый индуцированный и/или спонтанно проявленный половой цикл у 17, или 77,27% коз, диагностировали физиологически развивающуюся беременность. При этом ни у одной из 5 (22,27%), признанных бесплодными коз, не регистрировали рецидив гидрометры.

Результаты простагландиновой терапии у коз первой подопытной группы (группы сравнения), получавших Эстрофантин® внутримышечно двукратно с перерывом 10 сут. в объеме 0,5 мл (0,125 мг клопростенола), были значительно хуже, чем в группе коз, получавших препарат в объеме 1,0 мл (250 мкг клопростенола): по доле выздоровевших животных (эффективности опорожнения гидрометры) после первой и второй доз препарата – на 29,44 и 4,76% соответственно; по показателю частоты восстановления половой цикличности – на 10,17%; по частоте наступления беременности – на 15,37%.

Первое осеменение коз в первой опытной группе было проведено несколько в более поздние сроки (на 1,45 сут.), чем у животных второй опытной группы. Вместе с тем у животных первой и второй подопытных групп восстановление фертильности наступило практически в одни и те же сроки (через $12,85 \pm 8,75$ и $12,76 \pm 6,91$ сут. после инъекции второй лютеолитической дозы препарата) и при практически одинаковом количестве осеменений на оплодотворение ($1,15 \pm 0,31$ и $1,18 \pm 0,34$).

При скрининговом ультразвуковом обследовании на беременность и бесплодие (примерно через 3 мес. после инъекции второй дозы препарата) у одной из подопытных коз (5,0%) первой подопытной группы диагностировали рецидив гидрометры.

Выводы

Полученные данные свидетельствуют о высокой терапевтической эффективности Эстрофантина® при его двукратном введении с перерывом 10 сут. козам с гидрометрией в объеме 1,0 мл. По доле выздоровевших животных эффективность метода составила 100%, по доле оплодотворившихся – 77,27%.

Установлено, что доза Эстрофантина®, равная 0,5 мл, является недостаточно адекватной для терапии коз с гидрометрией. После первого введения указанной дозы полная экспульсия внутриматочной жидкости наступает только у 52,38% животных. При использовании Эстрофантина® в минимальных терапевтических дозах эффективность простагландиновой терапии за полный курс лечения снижается: по доле выздоровевших животных – на 4,76%; по показателю частоты восстановления половой цикличности – на 10,17%; по частоте наступления беременности – на 15,37% соответственно. При этом риск рецидива гидрометры составляет 5%.

Библиографический список

1. Дюльгер Г.П. Лекарственные средства, применяемые в ветеринарном акушерстве, гинекологии, андрологии и биотехнике размножения животных: Справочное пособие / Г.П. Дюльгер, В.В. Храмцов, Ю.Г. Сибилева, Ж.О. Кемешов, И.Е. Ющенко, П.Г. Дюльгер, Е.С. Седлецкая. – СПб.: Изд-во «Лань», 2021. – 272 с.
2. Шатский К., Дюльгер Г., Леонтьев Л., и др. Псевдобеременность коз // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2021. № 1. – С. 22–27.
3. Almubarak A.M., Abdelghafar R.M., Badawi M.E. Hydrometra in a Goat – Diagnosis, Treatment and Subsequent Fertility // Intern. J. Livestock Res. – 2016. – Vol. 6 (4). – Pp. 114–118. DOI:10.5455/ijlr.20160412112841.
4. Barna T. Apic J., Bugarski D. et al. Incidence of hydrometra in goats and therapeutic effects // Arh. Veter. Med. – 2017. – Vol. 10 (1). – Pp. 13–24.
5. Batista M.M., Medina R., Calero J. et al. Incidence and treatment of hydrometra in Canary Island goats // Vet. Rec. – 2001. – Vol. 149. – Pp. 329–330.
6. Bisla A., Kumar B., Yadav D. et al. // Ultrasonographic Diagnosis and Clinical Management of Pseudopregnancy in Goats / Theriogenology Insight. – 2019. – Vol. 9 (1). – Pp. 13–18. DOI:10.30954/2277–3371.01.2019.

7. Duquesnel R., Parisot D., Pirot G. et al. La pseudogestation chez la chèvre // Ann. Zootech. – 1992. – Vol. 41. – Pp. 407–415.
8. Dyulger G.P., Stekolnikov A.A., Shatsky K.O. et al. Pathophysiological aspects of goat false pregnancy (hydrometra) and modern methods of its diagnosis and therapy // Bulletin of National Academy of Sciences of The Republic of Kazakhstan. – 2020. – № 1. – Pp. 1–9.
9. Farliana M.D.N., Yimer N. Pseudopregnancy in a Doe and its Hormonal Therapy // Intern. J. Livestock Res. – 2016. – Vol. 6 (6). – Pp. 90–95. DOI:10.5455/ijlr.20160621011943.
10. Hesselink J.W. Incidence of hydrometra in dairy goats // Vet. Rec. – 1993. – Vol. 132. – Pp. 110–112.
11. Hesselink J.W., Elvin L. Pedigree analysis in a herd of dairy goats with respect to the incidence of hydrometra // Vet. Quart. – 1996. – Vol. 18. – Pp. 24–25.
12. Kornalijslijper J.E., Bevers M.M., Van Oord M.A.M. H.A. Taverne Induction of hydrometra in goats by means of immunization against prostaglandin F2 α // Anim. Reprod. Sci. – 1997. – Vol. 46. – Pp. 109–122.
13. Lopes Junior E.S., Cruz J.F., Teixeira D.I. et al. Pseudopregnancy in Saanen goats (*Capra hircus*) raised in Northeast Brazil // Vet. Res. Comm. – 2004. – Vol. 28. – Pp. 119–125.
14. Maia A.L.R.S., Brandao F.Z., Souza-Fabjana J.M.G. et al. Hydrometra in dairy goats: Ultrasonic variables and therapeutic protocols evaluated during the reproductive season // Anim. Reprod. Science. – 2018. – Vol. 197. – Pp. 203–211.
15. Matthews J. Diseases of goat. – 4th Edition. – Valey Blackwell, 2016. – Pp. 4–5.
16. Moraes E.P.B.X., Santos M., Arruda I. et al. Hydrometra and mucometra in goats diagnosed by ultrasound and treated with PGF2 α // Med. Vet. – 2007. – Vol. 1. – Pp. 33–39.
17. Pieteres M.C., Taverne M.A. Hydrometra in goats: Diagnosis with real-time ultrasound and treatment with prostaglandins or oxytocin // Theriogenology. – 1986. – Vol. 26. – Pp. 813–821.
18. Reddy K., Arunakumari G., Reddy A. et al. Efficacy of Cloprostenol Therapy in Hydrometra Goats // Ind. J. Anim. Reprod. – 2014. – Vol. 35 (1). – Pp. 39–41.
19. Salles M., Araújo A., da Rocha D.R., Albuquerque I.A. Incidência de pseudogestação em cabras leiteiras criadas em clima tropical // Zootec. – 2008. – 3 p. – www.researchgate.net.
20. Souza J., Maia A., Brandao F. et al. Hormonal treatment of dairy goats affected by hydrometra associated or not with ovarian follicular cyst // Small Ruminant Res. – 2013. – Vol. 111. – Pp. 104–109.
21. Taverne M.A.M., Hesselink J.W., Bevers M.M. et al. Aetiology and Endocrinology of Pseudopregnancy in the Goat // Reprod. Dom. Anim. – 1995. – Vol. 30. – Pp. 228–230.
22. Taverne M.A.M., Bevers M.M., Hesselink J.W. et al. Evidence for a dominant role of prolactin in the luteotrophic complex of pseudopregnant goats // Anim. Reprod. Sci. – 1994. – Vol. 36. – Pp. 253–260.
23. Taverne M.A.M., Lavoie M.C., Bevers M.M. et al. Peripheral plasma prolactin and progesterone levels in pseudopregnant goats during bromocryptine treatment // Theriogenology. – 1988. – Vol. 30. – Pp. 777–778.
24. Wittek T., Erices J., Elze K. Histology of the endometrium, clinical-chemical parameters of the uterine fluid and blood plasma concentrations of progesterone, estradiol-17 β and prolactin during hydrometra in goats // Small Rum. Res. – 1998. – Vol. 30(2). – Pp. 105–112.
25. Wittek T., Richter A., Erices J., Elze K. Incidence, diagnosis, therapy and subsequent fertility in goats with hydrometra // Tierarztl. Prax. – 1997. – Vol. 25. – Pp. 576–582.

THERAPEUTIC POTENCY OF ESTROPHANTHIN IN PSEUDO-PREGNANCY (HYDROMETRA) OF GOATS

K.O. SHATSKY, G.P. DYULGER

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The aim of the study was to carry out a comparative evaluation of the therapeutic potency of Estrophantine®, a drug of the highly active synthetic analog of prostaglandin $F_{2\alpha}$ ($PgF_{2\alpha}$) cloprostenol, when goats with hydrometra were twice injected intramuscularly with a 10-day interval in a dose of 0.5 and 1.0 ml, respectively. The objects of the study were breeding goats of breeding age ($n=6$) and lactating goats ($n=37$) of the Zaanen breed diagnosed with false pregnancy during screening ultrasound examination. The animals were divided into two experimental groups according to the analogy principle. The animals in the first experimental group ($n=21$) were twice injected intramuscularly with a 10-day interval in the dose of 0.5 ml (125 µg cloprostenol), and those in the second group ($n=22$) were also twice injected intramuscularly with with a 10-day interval, but in the dose of 1.0 ml (250 µg cloprostenol). The results of the study showed high therapeutic potency of Estrophantine® when goats with hydrometra were twice injected intramuscularly with with a 10-day interval in the dose of 1.0 ml. After the first dose of the preparation complete expulsion of intrauterine fluid was noted in 81.82% of goats with hydrometra. The effectiveness of the method for a complete course of treatment was 100% according to the percentage of cured animals, and 86.36% and 77.27% according to the frequency of renewal of sexual cycling and pregnancy rate, respectively. None of the 5 (22.73%) goats found to be infertile registered a relapse of hydrometra after treatment.

An Estrofantin® dose of 0.5 ml (125 µg cloprostenol) was found to be inadequate for treatment of goats with hydrometra. After the first dose, complete expulsion of intrauterine fluid was noted in only 52.38% of animals. When Estrophantine® is used at the lowest therapeutic dose (125 µg cloprostenol) the effectiveness of prostaglandin therapy over a full course of treatment is reduced by 4.76% in the proportion of cured animals, by 10.17% in the renewal of sexual cycling and by 15.37% in pregnancy rate. At the same time, the risk of relapse is 5%.

Key words: goats, false pregnancy, hydrometra, treatment

References

1. Dyulger G.P., Khramtsov V.V., Sibileva Yu.G., Kemeshov Zh.O., I.Ye. Yushchenko, Dyulger P.G., Sedletskaya E.S. Lekarstvennye sredstva, primenyaemye v veterinarnom akusherstve, ginekologii, andrologii i biotekhnike razmnzheniya zhivotnykh. Spravochnoe posobie [Medicinal products used in veterinary obstetrics, gynecology, andrology and biotechnics of animal reproduction. Reference manual]. SPb.: Izd-vo "Lan", 2016: 272. (In Rus.)
2. Shatsky K., Dyulger G., Leont'ev L. et al. Psevdoberemennost' koz [Pseudo-pregnancy of goats]. Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. 2021; 1: 22–27. (In Rus.)
3. Almubarak A.M., Abdelghafar R.M., Badawi M.E. Hydrometra in a Goat – Diagnosis, Treatment and Subsequent Fertility. Intern. J. Livestock Res. 2016; 6(4): 114–118. DOI:10.5455/ijlr.20160412112841
4. Barna T., Apić J., Bugarski D. et al. Incidence of hydrometra in goats and therapeutic effects. Arh. Veter. Med. 2017; 10(1): 13–24.
5. Batista M.M., Medina J., Calero R. et al. Incidence and treatment of hydrometra in Canary Island goats. Vet. Rec. 2001; 149: 329–330.

6. *Bisla A., Kumar B., Yadav D. et al.* Ultrasonographic Diagnosis and Clinical Management of Pseudopregnancy in Goats. *Theriogenology Insight*. 2019; 9(1): 13–18. DOI: 10.30954/2277–3371.01.2019
7. *Duquesnel R., Parisot D., Pirot G. et al.* La pseudogestation chez la chèvre [Pseudogestation in goats]. *Ann. Zootech.* 1992; 41: 407–415. (In French)
8. *Dyulger G.P., Stekolnikov A.A., Shatsky K.O. et al.* Pathophysiological aspects of goat false pregnancy (hydrometra) and modern methods of its diagnosis and therapy. *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2020; 1: 1–9.
9. *Farliana M.D.N., Yimer N.* Pseudopregnancy in a Doe and its Hormonal Therapy. *Intern. J. Livestock Res.* 2016; 6(6): 90–95. DOI:10.5455/ijlr.20160621011943
10. *Hesselink J.W.* Incidence of hydrometra in dairy goats. *Vet. Rec.* 1993; 132: 110–112.
11. *Hesselink J.W., Elvin L.* Pedigree analysis in a herd of dairy goats with respect to the incidence of hydrometra. *Vet. Quart.* 1996; 18: 24–25.
12. *Kornalijnslijper J.E., Bevers M.M., Van Oord H.A., Taverne M.A.M.* Induction of hydrometra in goats by means of immunization against prostaglandin F2 α . *Anim. Reprod. Sci.* 1997; 46: 109–122.
13. *Lopes Junior E.S., Cruz J.F., Teixeira D.I. et al.* Pseudopregnancy in Saanen goats (*Capra hircus*) raised in Northeast Brazil. / *Vet. Res. Comm.* 2004; 28: 119–125.
14. *Maia A.L.R.S., Brandao F.Z., Souza-Fabjana J.M.G. et al.* Hydrometra in dairy goats: Ultrasonic variables and therapeutic protocols evaluated during the reproductive season. *Anim. Reprod. Sci.* 2018; 197: 203–211.
15. *Matthews J.* Diseases of goat. 4th Edition. Valey Blackwell, 2016: 4–5.
16. *Moraes E.P.B.X., M. Santos, I. Arruda et al.* Hydrometra and mucometra in goats diagnosed by ultrasound and treated with PGF2 α . *Med. Vet.* 2007; 1: 33–39.
17. *Pieteres M.C., Taverne M.A.* Hydrometra in goats: Diagnosis with real-time ultrasound and treatment with prostaglandins or oxytocin. *Theriogenology*. 1986; 26: 813–821.
18. *Reddy K., Arunakumari G., Reddy A. et al.* Efficacy of Cloprostenol Therapy in Hydrometra Goats. *Ind. J. Anim. Reprod.* 2014; 35(1): 39–41.
19. *Salles M., Araújo A., da Rocha D.R., Albuquerque I.A.* Incidência de pseudogestação em cabras leiteiras criadas em clima tropical [Incidence of pseudogestation in dairy goats reared in a tropical climate]. *Zootec.* 2008; 3. (In Portug.)
20. *Souza J., Maia A., Brandao F. et al.* Hormonal treatment of dairy goats affected by hydrometra associated or not with ovarian follicular cyst. *Small Ruminant Res.* 2013. 111: 104–109.
21. *Taverne M.A.M., Hesselink J.W., Bevers M.M. et al.* Aetiology and Endocrinology of Pseudopregnancy in the Goat. *Reprod. Dom. Anim.* 1995; 30: 228–230.
22. *Taverne M.A.M., Bevers M.M., Hesselink J.W. et al.* Evidence for a dominant role of prolactin in the luteotrophic complex of pseudopregnant goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1994; 36: 253–260.
23. *Taverne M.A.M., Lavoie M.C., Bevers M.M. et al.* Peripheral plasma prolactin and progesterone levels in pseudopregnant goats during bromocryptine treatment. *Theriogenology*. 1988; 30: 777–778.
24. *Wittek T., Erices J., Elze K.* Histology of the endometrium, clinical–chemical parameters of the uterine fluid and blood plasma concentrations of progesterone, estradiol-17 β and prolactin during hydrometra in goats. *Small Rum. Res.* 1998; 30(2): 105–112.
25. *Wittek T., Richter A., Erices J., Elze K.* Incidence, diagnosis, therapy and subsequent fertility in goats with hydrometra. *Tierarztl. Prax.* 1997; 25: 576–582.

Шатский Кирилл Олегович, аспирант кафедры ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия; тел.: (499) 977–17–82; e-mail: kirill199651@gmail.com

Дюльгер Георгий Петрович, д-р ветеринар. наук, заведующий кафедрой ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия; тел.: (499) 977–17–82; e-mail: dulger@rgau-msha.ru

Kirill O. Shatsky, post-graduate student of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: kirill199651@gmail.com)

Georgiy P. Dyulger, DSc (Vet), Head of the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; phone: (499) 977–17–82; E-mail: dulger@rgau-msha.ru)

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВАНИИ СТАНДАРТА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Е.И. КОСТЮКОВА, А.Н. БОБРЫШЕВ, Е.И. ГРОМОВ, В.А. АВАКЯН

(Ставропольский государственный аграрный университет)

Современные социально-экономические процессы развития сельских территорий представляют под новым углом посмотреть на проблемы аграрного сектора экономики. Усиливающиеся различия сельских территорий по уровню социально-экономического развития снижают эффективность пространственной организации экономики России, влияют на продовольственную безопасность и формируют среду очагового и фрагментарного развития в традиционно-аграрных регионах. В пространственной структуре экономики России присутствуют как депрессивные сельские территории, так и достаточно успешные, показывающие стабильный экономический рост. Во многом это зависит от плотности проживающего населения, развитости социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры сельских территорий, дифференцированности и устойчивости экономики региона. Для принятия эффективных управленческих решений система регионального и муниципального менеджмента нуждается в разработке методики оценки социально-экономического развития сельских территорий на основании стандарта качества жизни. Это требует разработки соответствующих инструментов управления, что делает весьма актуальными результаты наших исследований, апробированных на примере села Водораздел Ставропольского края. Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности их использования государственными исполнительными органами власти и органами местного самоуправления в целях совершенствования аграрной политики и развития сел.

Ключевые слова: стандарт качества жизни, социально-экономический потенциал, сельские агломерации, сельское поселение, показатели качества жизни, агропромышленный комплекс

Введение

Вопросам социального и экономического развития в сельской местности, а также разработке и внедрению инструментария государственной поддержки сельских территорий посвящены труды отечественных авторов Р.Х. Адукова и А.Н. Адуковой [1], Л.В. Бондаренко [2], И.Н. Меренковой [3], Л.А. Третьяковой [4]. Исследователи анализируют современную ситуацию и предлагают действенные механизмы развития сельских территорий.

Анализ литературы позволяет сделать вывод о том, что в современном мире все больше ученых посвящают свои научные труды проблемам развития сельских территорий [5].

В.Н. Бобкова относит данный вопрос к ключевому параметру опорного каркаса региона посредством выполнения различных социально-экономических функций, формирования цепочек создания добавленной стоимости, влияния на миграционные и информационные потоки [6].

Исследования Л.В. Бондаренко [7], М.В. Лоскутовой и В.И. Меньшиковой [8] посвящены научным основам формирования системы жизненно важных стандартов для сельского населения. Учеными не раз был обозначен значительный разрыв в уровне и качестве жизни сельских и городских территорий. Ими предлагается методика измерения качества жизни и формируется ряд подходов к стандартизации жизни на сельских территориях.

Равномерному пространственному развитию сельских территорий на территории страны препятствует ряд образовавшихся в последние десятилетия проблем: демографические вопросы, длительный период миграции населения из сельской местности в городскую, формирование городских агломераций, низкая инвестиционная активность в сельской местности, дефицит и недостаточное качество социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры на сельских территориях.

На начало 2022 г. в 16 городах-миллионерах проживали 35,7 млн чел., или 24% от общей численности населения Российской Федерации. Согласно статистическим данным за последние 10 лет снизилось количество населенных пунктов с небольшой и средней численностью населения и возросло количество тех, где население превышает 100% от средней численности населения населенных пунктов в субъекте Российской Федерации.

Одним из наиболее существенных инфраструктурных ограничений развития сельских территорий является недостаточное развитие сети автомобильных дорог местного значения. Вместе с тем имеющийся потенциал сельских территорий может обеспечить ускоренный выход на устойчивое развитие экономики, повышение уровня и качества жизни сельского населения страны. Дополнительным преимуществам для закрепления населения на сельских территориях способствуют увеличение пространственной доступности услуг и активное распространение дистанционных форм выполнения трудовой деятельности вследствие внедрения информационно-телекоммуникационных технологий.

Актуальность потребности в разработке и апробировании стандартизированного подхода к оценке качества жизни на сельских территориях как инструмента государственного регулирования подчеркивается многоаспектностью и сложностью объекта исследования, а также недостаточно длительным периодом изучения механизмов устойчивого социально-экономического развития сельских территорий. При этом под стандартом качества жизни понимается свод общих правил, закрепляющих гарантию личной безопасности, обеспечения базовых социальных благ, достаточного объема ресурсов и качественных услуг для каждого гражданина.

Материал и методика исследований

Цель исследований заключается в развитии теоретических и методических положений, а также в разработке рекомендаций по оценке социально-экономического развития сельских территорий на основании стандарта качества жизни. В задачи исследований входили формирование организационно-экономической модели повышения качества жизни на сельских территориях, анализ нормативных показателей оценки качества жизни и методика их применения в целях разработки стратегии развития муниципальных образований, в том числе традиционно-аграрных территорий. Предметом исследований являлось состояние экономики и инфраструктуры в сельской местности, а также уровень жизни населения.

Наряду с монографическим и абстрактно-логическим методом исследования были применены методы обобщения, систематизации и сравнения материалов.

Исследования проводились с опорой на логический и системный подход, с использованием данных работ отечественных и зарубежных ученых в области оценки и стандартизации качества жизни на сельских территориях.

Практическая значимость исследований заключается в возможности на единой методологической основе разработать комплекс показателей, связанных между собой как логически, так и информационно, в рамках стандарта качества жизни на сельских территориях [9].

Результаты и их обсуждение

В настоящее время реализуется целый ряд национальных и федеральных проектов, интегрированных в систему государственных программ Российской Федерации и государственных программ субъектов Российской Федерации, направленных:

- на стимулирование создания новых рабочих мест;
- на устойчивое развитие сельских территорий за счет повышения обеспеченности качественной инфраструктурой, роста уровня жизни сельского населения;
- на обеспечение стабилизации численности и доли сельского населения и создание условий для его роста за счет повышения рождаемости, снижения смертности, увеличения ожидаемой продолжительности жизни, уменьшения миграционного оттока населения.

Описывая государственную поддержку развития социальной инфраструктуры и поддержания высокого качества жизни на сельских территориях, следует отметить, что программа «Социальное развитие села» (2003–2013 гг.) финансировалась в размере 286,8 млрд руб., на программу «Устойчивое развитие сельских территорий» (2014–2020 гг.) было выделено 299,2 млрд руб., бюджет программы «Комплексное развитие сельских территорий» (2020–2025 гг.) составил 1,2 трлн руб. В связи с этим можно сделать вывод о том, что новая программа предусматривает значительное увеличение расходов по сравнению с ранее реализованными программами, и это связано в первую очередь с развитием сельского ипотечного кредитования по льготной ставке.

Учеными Ставропольского государственного аграрного университета в рамках научной работы «Разработка методических рекомендаций по актуализации стандартов качества жизни на сельских территориях (сельских агломерациях)» был разработан стандарт качества жизни на сельских территориях, который включает в себя 265 показателей по 12 сферам жизни (табл. 1) [10].

С целью обеспечения оценки социально-экономического развития сельских территорий в системе отраслевого менеджмента необходима апробация инструментария стандартизации показателей качества жизни населения, проживающего на сельских территориях. Существующие показатели зачастую являются нестандартизированными, несогласованными или не поддаются сравнительному анализу в пространственно-временном разрезе.

В исследованиях применялся инструментарий, разработанный учеными ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Стандарт включает в себя следующие разделы: область применения, нормативные ссылки, условия выполнения стандарта качества жизни, объекты инфраструктуры, доступность объектов инфраструктуры, показатели стандарта, минимальные количественные значения показателей стандарта. Данный документ не является регламентирующим и не принят на уровне нормативно-правового акта.

Проведенный анализ существующих стандартов и методик оценки уровня и качества жизни позволил подготовить методику формирования стандартов как в целом для всех территорий, так и с учетом уникальных особенностей отдельных сельских территорий. Данные методики составления стандартов содержат непосредственно методику расчета показателей стандарта и нормативно-правовую и информационную базу их расчета (если таковая разработана министерствами, агентствами, ведомствами, в иных случаях предложены собственные подходы к расчету и сбору информации).

Показатели стандарта качества жизни сельского населения (фрагмент)

Сферы качества жизни	Состав показателей (фрагмент)	Общее число показателей
Образование	1 – фактическое наличие образовательных учреждений/организаций 2 – среднее время в пути для учащихся до учреждения 3 – доля обучающихся, для которых созданы равные условия получения качественного образования вне зависимости от места их нахождения, посредством предоставления доступа к федеральной информационно-сервисной платформе цифровой образовательной среды ...	30
Здравоохранение	1 – фактическое наличие станции скорой медицинской помощи 2 – среднее время ожидания доврачебной медико-санитарной помощи 3 – укомплектованность медицинских организаций средним медицинским персоналом ...	27
Экономика	1 – уровень безработицы сельского населения трудоспособного возраста 2 – доля занятых в сфере малого и среднего предпринимательства включая индивидуальных предпринимателей и самозанятых 3 – удельный вес расходов на приобретение продуктов питания в потребительских расходах сельского населения (домохозяйства) ...	14
Жилищно-коммунальная инфраструктура	1 – число комнат в жилых помещениях сельских домовладений на одного проживающего 2 – уровень доступности жилья 3 – качество питьевой воды	37
Культура	1 – радиус покрытия услугами учреждений культуры 2 – доля сельского населения, вовлеченного в активную творческую деятельность 3 – фактическое наличие (сельского дома культуры, концертного творческого коллектива) ...	29
Физическая культура и спорт	1 – доля жителей сельских территорий, систематически занимающихся физической культурой и спортом, в общей численности жителей сельских территорий 2 – фактическое наличие уличных тренажеров, турников, приспособленных площадок, не требующих капитальных вложений 3 – уровень обеспеченности сельского населения спортивными сооружениями исходя из единовременной пропускной способности объектов физической культуры и спорта ...	11

Сферы качества жизни	Состав показателей (фрагмент)	Общее число показателей
Социальное обслуживание	1 – число отделений центров «Мои документы» 2 – доля трудоустроенных через службу занятости сельских жителей в возрасте 16–65 лет из числа обратившихся 3 – доля доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем количестве приоритетных объектов ...	24
Торговое и бытовое обслуживание	1 – фактическое наличие стационарного торгового объекта 2 – среднее время в пути до организаций общественного питания 3 – число отделений почты в сельском поселении ...	22
Информационно-телекоммуникационная инфраструктура	1 – уровень цифровой грамотности населения не менее... 2 – доля социально значимых объектов инфраструктуры, имеющих возможность подключения к широкополосному доступу к сети Интернет 3 – доля площади населенного пункта, покрытая сетями 4G ...	13
Дорожно-транспортные коммуникации	1 – затраты времени на трудовые передвижения 2 – средний уровень внутреннего шума автомобилей и автобусов категорий М1, М2, М3 для перевозки пассажиров 3 – наличие такси на 1000 жителей ...	22
Личная и общественная безопасность	1 – радиус деятельности муниципальной пожарной охраны 2 – фактическое наличие (отдел надзорной деятельности и профилактической работы управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по субъекту РФ, общественные спасательные формирования) 3 – фактическое наличие ветеринарной станции по борьбе с болезнями животных, ветеринарная лаборатория ...	22
Экология	1 – объем выбросов, загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, на одного жителя 2 – фактическое наличие (система обращения с твердыми коммунальными отходами, обеспечивающая их сортировку) 3 – число выявленных нарушений природоохранного законодательства на 1000 чел. постоянного населения, проживающего в сельских населенных пунктах ...	14
Итого		265

Стандарт включает в себя показатели, отражающие цели национального развития, содержащиеся в национальных проектах, а также в государственной программе Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий»: уровень занятости сельского населения; уровень безработицы сельского населения трудоспособного возраста; соотношение среднемесячных располагаемых ресурсов сельского и городского домохозяйств; доля общей площади благоустроенных жилых помещений в сельских населенных пунктах.

Систематизация и анализ существующих стандартизированных подходов, определяющих качество жизни в Российской Федерации, в том числе на сельских территориях, позволили сформировать стандарт качества жизни населения сельских территорий, показатели которого отражают доступность услуг в соответствующей сфере каждому жителю сельской территории, обеспеченность населения необходимыми услугами, качество оказываемых населению услуг.

Обобщающим элементом каждой сферы стандарта является матрица минимальных количественных значений нормативов качества жизни на сельских территориях в соответствующей сфере. В матрице соотнесены услуги, объекты инфраструктуры (указано их наличие, расположение в соответствующем населенном пункте), доступность объектов инфраструктуры (время в пути до объекта, радиус обслуживания, расстояние от объекта до потребителя по дорогам общего пользования), обеспеченность населения услугами (доля населения, получающего услугу, в общей численности населения или в определенной категории населения), качество оказания услуг (благоустройство объектов инфраструктуры, укомплектованность штатов), показатели стандарта.

Фрагмент матрицы минимальных количественных значений нормативов качества жизни на сельских территориях в сфере жилищно-коммунальной инфраструктуры представлен в таблице 2.

Произведено также обоснование минимальных количественных значений показателей исходя из приказов, писем профильных министерств, сводов правил, СНиПов, национальных стандартов Российской Федерации, целей и задач государственных и ведомственных программ, национальных целей развития Российской Федерации.

В отдельных случаях для обоснования минимальных количественных значений показателей были использованы результаты статистических обследований и данные социологических опросов.

В целях исследований методический подход, разработанный учеными ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ, был апробирован на примере села Водораздел Андроповского района Ставропольского края. По численности населения (1457 чел.) село относится к наиболее многочисленной группе сельских населенных пунктов Российской Федерации и является административным центром Водораздельного сельсовета. В состав сельсовета входят 6 населенных пунктов, находящихся от него на расстоянии от 7 до 35 км с численностью населения от 18 (х. Павловка) до 586 чел. (п. Каскадный). Общая площадь муниципального образования составляет 937,9 га. Расстояние до районного центра села Курсавка – 18 км, до краевого центра г. Ставрополя – 112 км.

Село газифицировано, имеется централизованный водопровод. На территории села функционируют 3 школы, специальная школа-интернат, Дом культуры с двумя филиалами, библиотека, магазины, амбулаторно-поликлиническое учреждение, аптека. Большая часть жителей занята в сфере сельского хозяйства и торговле.

Услуги водоотведения (канализации)	Удельный вес жилищного фонда, оборудованного канализацией – не менее 62,2% (2019 г., факт, СНП РФ, – 51,7%) 49,7% (2020 г.); 51,8% (2021 г.); 54,1% (2022 г.); 56,8% (2023 г.); 59,5% (2024 г.); 62,2% (2025 г.). Средняя продолжительность перерыва водоотведения – не более 8 ч (суммарно) в течение месяца и не более 4 ч единовременно (не более 4 ч единовременно, 2020–2030 гг.) При отсутствии центральной системы водоотведения – не менее 1 выгребной ямы на каждое домовладение Водоотведение на 1 чел. – не менее 175 л/сут., или 64 м³ в год (полностью благоустроенный жилищный фонд); 125 л/сут., или 45,5 м³ в год (жилищный фонд без ГВС)
Услуги электроснабжения	Фактическое наличие – трансформаторная подстанция – не менее 2 в сельском населенном пункте Средняя продолжительность отключения электроэнергии – не более 2 ч единовременно (не более 2 ч единовременно, 2020–2030 гг.) Электроснабжение – не менее 325 кВт. ч/год (в жилых домах с газовыми плитами); 635 кВт. ч/год (в жилых домах с электроплитами)
Услуги теплоснабжения (отопления)	Фактическое наличие (при наличии централизованного теплоснабжения населенного пункта) – котельная не менее 1 в сельском населенном пункте Средняя продолжительность отключения объектов теплоснабжения – не более 24 ч в течение месяца и не более 16 ч единовременно (при температуре воздуха в жилых помещениях от +12°C); не более 8 ч единовременно (при температуре воздуха в жилых помещениях от +10°C до +12°C); не более 4 ч единовременно (при температуре воздуха в жилых помещениях от +8°C до +10°C) (не более 24 ч в течение месяца и не более 16 ч единовременно, 2020–2030 гг.) Отопление в жилых домах с централизованными системами теплоснабжения – не менее 2,9 Гкал на 1 чел. в год (не менее 2,9 Гкал на 1 чел. в год, 2020–2030 гг.)
Услуги газоснабжения	Фактическое наличие (при снабжении населенного пункта природным газом по системе газопроводов) – газорегуляторный пункт или газорегуляторная установка не менее 1 в сельском населенном пункте Средняя продолжительность отключения газоснабжения – не более 4 ч в течение месяца Уровень газификации жилых домов (квартир) сетевым газом – не менее 71,1% (2017 г., факт, СТ РФ, – 59%); 60,2% (2020 г.); 61,7% (2021 г.); 64,5% (2022 г.); 66,7% (2023 г.); 74,7% (2024 г.); 71,1% (2025 г.); 82,9% (2035 г.) Газоснабжение: - сетевой газ – не менее 70 куб. м (в полностью благоустроенных жилых домах с газовыми плитами для приготовления пищи); 265 куб. м (в домах с газовыми плитами, газовыми колонками и ваннами); 700 куб. м на 1 чел. в год (в домах с газовыми плитами для нужд отопления) (не менее 70 куб. м в полностью благоустроенных жилых домах с газовыми плитами для приготовления пищи); 265 куб. м (в домах с газовыми плитами, газовыми колонками и ваннами); 700 куб. м на 1 чел. в год (в домах с газовыми печами для нужд отопления), 2020–2030 гг.) - сжиженный газ – не менее 30 кг (в домах с газовыми плитами); 110 кг (в домах с газовыми плитами, газовыми колонками и ваннами) (не менее 30 кг (в домах с газовыми плитами); 110 кг (в домах с газовыми плитами, газовыми колонками и ваннами), 2020–2030 гг.)

Услуги	Численность сельского населенного пункта						Сельская агломерация численностью до 30000 чел.
	0–50 чел.	от 100 до 500 чел.	от 51 до 300 чел.	от 301 до 650 чел.	от 651 до 1750 чел.	От 5001 до 10000	свыше 10000 чел.
Услуги по организации освещения улиц	Средняя освещенность главных улиц – не менее 10 лк (не менее 10 лк 2020–2030 гг.) Средняя освещенность улиц в жилой застройке – не менее 6 лк (основных); 4 лк (второстепенных) (не менее 6 лк (основных); 4 лк (второстепенных), 2020–2030 гг.) Средняя освещенность поселковых проездов не менее 2 лк. (не менее 2 лк, 2020–2030 гг.)						
Озеленение территории общего пользования	Доля озелененных территорий общего пользования в сельских поселениях – не менее 12 м²/чел.; (не менее 12 м²/чел., 2020–2030 гг.); - для тундры и лесотундры – не менее 2 м²/чел.; - для полупустыни и пустыни – не менее 8,4–9,6 м²/чел.; (уменьшить не более чем на 20–30%) - для степи и лесостепи – не менее 13,4–14,6 м²/чел. (увеличить не менее чем на 10–20%)						
Услуги по сбору неопасных твердых отходов	Фактическое наличие – мусоросборник, контейнер, тара и урны; объекты хранения отходов; объекты захоронения отходов; объекты обезвреживания отходов; полигон для хранения отходов; площадка для хранения отходов						

В ходе исследований было выявлено, что 8 показателей стандарта качества жизни в сфере информационно-телекоммуникационной инфраструктуры с. Водораздел Андроповского района Ставропольского края соответствуют стандарту, среди них: уровень цифровой грамотности населения (норм. 75%, факт. 81%); количество средств коллективного доступа для оказания услуг по передаче данных и предоставлению доступа к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (норм. 1 шт., факт. 1 шт.); средняя продолжительность отключения мобильной телефонной связи (норм. 30 мин, факт. 0 мин); количество средств коллективного доступа для оказания услуг телефонной связи с обеспечением бесплатного доступа к экстренным оперативным службам (норм. 1 шт., факт. 1 шт.); средняя продолжительность отключения линий телефонной связи (норм. 1 мин., факт. 1 мин); средняя продолжительность отключения проводного радиовещания (норм. 16 мин, факт. 0 мин); фактическое наличие – сеть приема телевизионных программ (норм. «да», факт. «да»); средняя продолжительность отключения телевизионного вещания (норм. раз в мес., факт. 1 раз в мес.). Показатель «Фактическое наличие – сеть радиовещания» в населенном пункте не соответствует стандарту, но поскольку он не востребован населением, его предлагается не использовать в расчете.

Не соответствуют стандарту 4 показателя, относительно которых предложены мероприятия, обеспечивающие достижение показателей (табл. 3).

Таким образом, при проведении исследований разработан методический инструментарий (перечень мероприятий) по достижению показателей стандарта качества жизни на селе до нормативных значений. Инструментарий отличается вариативными подходами, учитывающими уникальные особенности территории (большая удаленность, малая заселенность, низкая доступность и др.), позволяет произвести расчет потребности в объеме финансирования для доведения уровня качества жизни в сельской местности до нормативных значений показателей, определенных стандартами.

На основе методического инструментария учеными Ставропольского государственного аграрного университета в рамках выполнения контракта была разработана организационно-экономическая модель повышения качества жизни на сельских территориях (рис.). Она представляет собой комплекс организационных структур управления взаимосвязанными элементами, направленными на достижение цели и решение задач по выполнению нормативов.

Модель должна быть частью хозяйственного механизма экономики, ее можно условно подразделить на две основные части:

- организационный – планирование и управление устойчивым социально-экономическим процессом развития сельских территорий и повышение качества жизни на селе; государственная поддержка развития экономики сельских территорий, ее объектов социальной сферы; государственное программное социально-экономическое развитие; открытие и поддержка особых социально-экономических зон, кластеризация агробизнеса; развитие цифровой экономики территорий; мониторинг процессов и своевременное принятие мероприятий по устранению проблем на селе;

- экономический, включающий в себя регулирование процессов финансово-кредитного, бюджетного и налогового характера, формирование цен на ресурсы и сельскохозяйственную продукцию и продукты питания, распределение, а также использование государственной собственности, стимулирование сельскохозяйственного производства [10].

Функционирование организационно-экономической модели повышения качества жизни направлено на выполнение норм стандарта по оказанию услуг сельскому населению в различных сферах жизни.

Цели и задачи модели исходят из нужд сельского населения и основаны на факторах, влияющих на условия жизни в сельской местности, и параметрах стандарта качества жизни населения, ориентированы на выполнение нормативов обеспеченности и доступности услуг.

Перечень мероприятий, обеспечивающих достижение показателей стандарта качества жизни в сфере информационно-телекоммуникационной инфраструктуры с. Водораздел Андроповского района Ставропольского края

№	Показатели стандарта качества жизни	Нормативное значение	Фактическое значение	Мероприятия, оценочные объемы финансирования для их реализации, государственные программы РФ, субъекта, муниципальные программы – источники финансирования мероприятий
1	Доля инфраструктурных объектов, имеющих возможность подключения к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», %	100	70	Подключение амбулатории к широкополосному доступу сети «Интернет»
2	Удельный вес сельских домохозяйств, имеющих доступ в информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» в общем объеме домохозяйств, %	100	42	Обеспечение доступа домохозяйств к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в рамках реализации национальной программы «Цифровая экономика РФ»: 34% (2021 г.) – 495 чел. – 165 домохозяйств 3% (2022 г.) – 45 чел. – 14 домохозяйств 3% (2023 г.) – 45 чел. – 14 домохозяйств 3% (2024 г.) – 45 чел. – 14 домохозяйств
3	Размер аудитории местных сообществ в социальных сетях, %	не менее 60	29	Обеспечение доступа домохозяйств к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в границах территории реализации ВЦП «Современный облик сельских территорий»: 34% (2021 г.) – 495 чел. – 165 домохозяйств Создание сетей Wi-Fi, обучение 495 чел. цифровой грамотности и компетенций цифровой экономики в рамках НП «Цифровая экономика РФ»
4	Доля площади населенного пункта, покрытая сетями 4G	100	75	Строительство организациями связи, оказывающими универсальные услуги связи, сооружений связи и помещений, предназначенных для оказания универсальных услуг связи (линейно-кабельные сооружения связи – сооружения и иные объекты инженерной инфраструктуры, специально созданные или приспособленные для размещения кабелей электросвязи (Базовая станция сотовой связи – микросота с радиусом покрытия 5 км, 6 выносных управляемых модулей, оптоволоконный кабель) Приобретение домашних роутеров 130 домохозяйствами Оказание услуг подвижной радиотелефонной связи операторами связи на основании договора, заключенного об оказании услуг связи

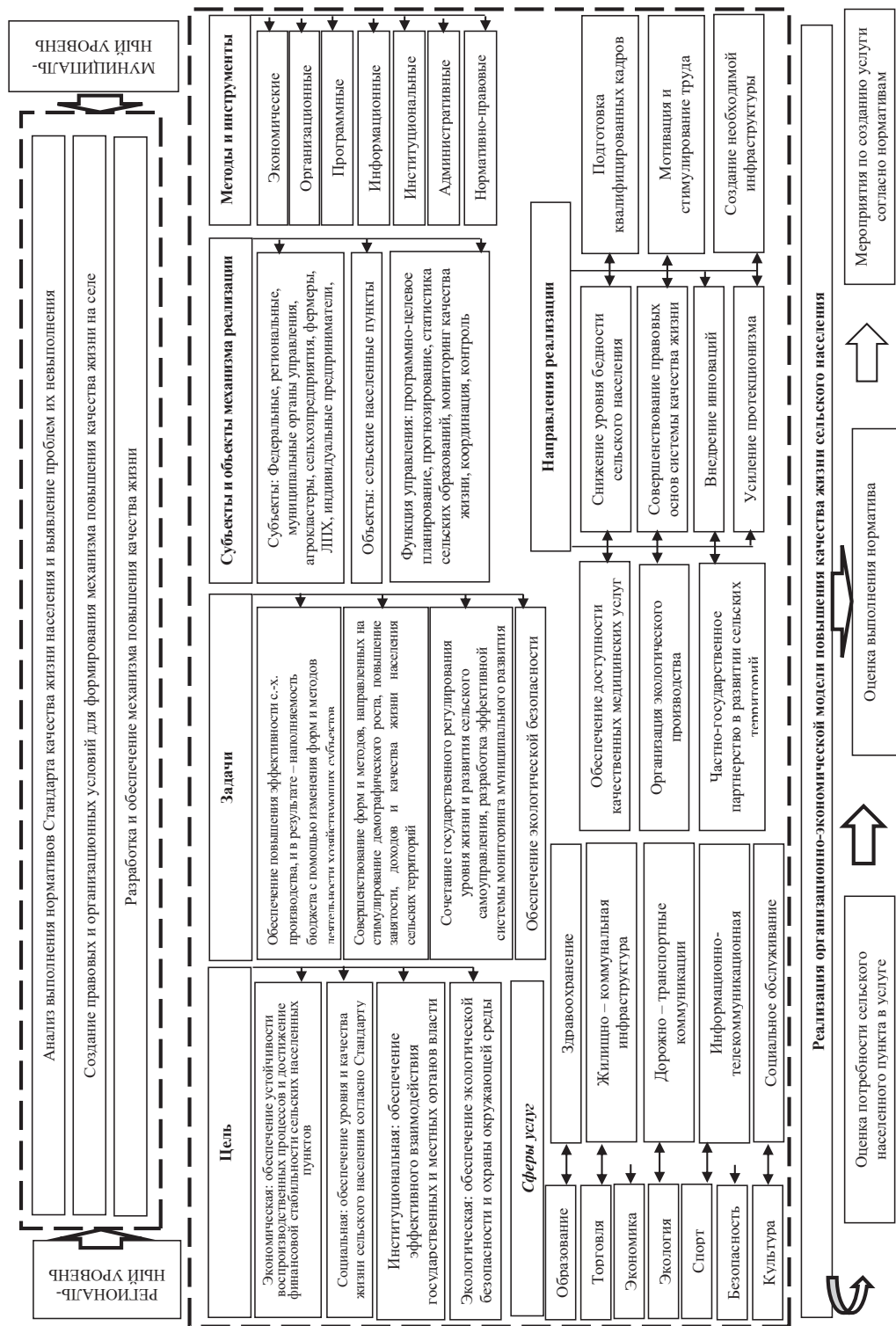


Рис. 1. Организационно-экономическая модель повышения качества жизни сельского населения

Выводы

Проведенное исследование и выполненные работы по разработке и апробации стандартов, определяющих качество жизни в Российской Федерации, в том числе на сельских территориях (сельской агломерации), позволяют сделать следующие выводы.

Качество жизни населения сельских территорий можно считать неоднородным многомерным явлением, но тем не менее его повышение является ключевой задачей в развитии сельских территорий и регулирования данного процесса со стороны государства. Сельские территории субъектов Российской Федерации в силу своих географических, климатических, экономических, социальных и других различий дифференцированы также и по уровню соответствия показателей качества жизни установленным нормативным значениям.

Стандарт обеспечивает функционирование системы правил, создает модель качества жизни населения в сельских населенных пунктах. Представленный стандарт качества жизни сельского населения учитывает различия в пространственных, территориальных и социальных условиях жизни в различных сельских населенных пунктах.

Выявленные региональные отличия в уровне соответствия сельских территорий стандартам качества жизни обусловили необходимость проведения рейтинговой оценки сельских территорий по степени соответствия этим стандартам. Такая оценка позволит идентифицировать регионы-лидеры, в которых большинство показателей стандарта выполняется, и регионы-аутсайдеры, качество жизни в которых не соответствует установленным минимальным количественным значениям.

Апробация предложенного комплекса мероприятий проведена на примере села Водораздел Андроповского района Ставропольского края. Считаем, что использованный методический подход в дальнейшем может быть рекомендован к внедрению на уровне Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Библиографический список

1. Адуков Р.Х., Адукова А.Н. Актуальность и проблемы оценки экономического потенциала сельских территорий // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2017. – № 1 (30). – С. 2–5.
2. Бондаренко Л.В. Социальное развитие сельских территорий России: проблемы и перспективы // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 4 (64). – С. 13–18.
3. Меренкова И.Н. Роль АПК в устойчивом развитии сельских территорий региона // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, 2017. – С. 161–163.
4. Третьякова Л.А. Особенности развития рынка труда на сельских территориях // Россия: тенденции и перспективы развития: Сборник научных трудов. – Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2017. – С. 961–964.
5. Коваленко Е.Г., Полушкина Т.М., Якимова О.Ю. Необходимость разработки социальных стандартов качества жизни сельских жителей // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Экономика и управление». – 2018. – № 1 (37). – С. 56–70. DOI: 10.15350/2306–2800.2018.1.56. – EDN YUPFCR.
6. Бобков В.Н. Вопросы теории, методологии изучения и оценки качества и уровня жизни населения // Уровень жизни населения регионов России. – 2009. – № 6. – С. 3–15.

7. Бондаренко Л. Сельские территории: состояние и регулирование // АПК: экономика, управление. – 2014. – № 1. – С. 69–79.
8. Лоскутова М.В., Меньщикова В.И. Обеспечение социальных стандартов качества жизни как фактор развития сельских территорий. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-sotsialnyh-standartov-kachestva-zhizni-kak-faktor-razvitiya-selskih-territoriy> (дата обращения: 12.10.2022).
9. Урядова Т.Н. Обоснование стандарт-ориентиров для оценки качества жизни сельского населения // Кант. – 2022. – № 3 (44). – С. 89–93. DOI: 10.24923/2222–243X.2022–44.14. – EDN QCAZGY.
10. Разработка методических рекомендаций по актуализации стандартов качества жизни на сельских территориях (сельских агломерациях): Отчет о НИР (заключительный) / Ставропольский государственный аграрный университет; Рук. Е.И. Костюкова; исполн.: Е.И. Костюкова, А.Н. Бобрышев, А.Н. Герасимов и др. – Ставрополь, 2020. – 381 с. – № ГР АААА-А20–120120290067–2. Инв. № 1.
11. Trukhachev A.V., Bobryshev A.N., Gerasimov A.N., Skripnichenko Yu.S., Grigoryeva O.P. Export potential of the regions of the South of Russia: patterns and development prospects // Revista Gestão & Tecnologia. – 2022. – V. 22, № 2. – Рр. 18–39.
12. Герасимов А.Н., Костюкова Е.И., Григорьева О.П. Проблемы занятости населения в сельском хозяйстве // АПК: экономика, управление. – 2022. № 1. – С. 30–35.
13. Леликова Е.И. Методика формирования и использования трудовых ресурсов в сельском хозяйстве // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 5. – С. 7–12.
14. Герасимов А.Н., Громов Е.И., Леликова Е.И. Региональная социально-экономическая политика: инструменты обеспечения и особенности проведения // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Экономика и управление». – 2021. – № 4 (56). – С. 61–69.
15. Герасимов А.Н., Громов Е.И., Леликова Е.И. Тенденции в развитии трудовых ресурсов сельского хозяйства Ставропольского края // АПК: экономика, управление. – 2020. – № 11. – С. 14–25.

ON THE ASSESSMENT OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF RURAL AREAS ON THE BASIS OF LIVING STANDARDS

E.I. KOSTYUKOVA, A.N. BOBRYSHEV, E.I. GROMOV, V.A. AVAKYAN

(Stavropol State Agrarian University)

Modern socio-economic processes of rural development make it necessary to look at the problems of the agrarian sector of the economy from a new angle. The growing differences in rural areas in terms of social and economic development reduce the efficiency of the spatial organization of Russia's economy, affect food security and form an environment of focal and fragmented development in traditionally agrarian regions. The spatial structure of Russia's economy includes both depressive rural areas and quite successful ones showing stable economic growth. This largely depends on the density of the population, the development of social, engineering and transport infrastructure in rural areas, and the differentiation and sustainability of the regional economy. In order to make effective management decisions, the regional and municipal management system needs to develop a methodology for assessing the socio-economic development of rural areas based on the quality of living standards. This requires the development of appropriate management tools, which makes the results of our research, tested on the example of the village of Vodorazdel in the Stavropol Territory, very relevant. The practical significance of the results of the study lies in the possibility of their use by state executive authorities and local governments in order to improve agricultural policy and rural development.

Key words: living standards, socio-economic potential, rural agglomerations, rural settlement, life quality indicators, agribusiness sector.

References

1. *Adukov R.Kh., Adukova A.N.* Aktual'nost' i problemy otsenki ekonomicheskogo potentsiala sel'skikh territoriy [Relevance and problems of assessing the economic potential of rural areas]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*. 2017; 1 (30): 2–5. (In Rus.)
2. *Bondarenko L.V.* Sotsial'noe razvitie sel'skikh territoriy Rossii: problemy i perspektivy [Social development of rural areas in Russia: problems and prospects]. *Agroproduktovaya politika Rossii*. 2017; 4 (64): 13–18. (In Rus.)
3. *Merenkova I.N.* Rol' APK v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy regiona [The role of the agribusiness sector in the sustainable development of rural areas of the region]. *Strategicheskie napravleniya razvitiya APK stran SNG: sb. mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Sibirskiy federal'niy nauchniy tsentr agrobiotekhnologiy Rossiyskoy akademii nauk*. 2017: 161–163. (In Rus.)
4. *Tretyakova L.A.* Osobennosti razvitiya rynka truda na sel'skikh territoriyakh [Features of the development of the labor market in rural areas]. *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya: sb. nauch. tr. Moskva: In-t nauchnoy informatsii po obshchestvennym naukam RAN*. 2017: 961–964. (In Rus.)
5. *Kovalenko E.G., Polushkina T.M., Yakimova O.Yu.* Neobkhodimost' razrabotki sotsial'nykh standartov kachestva zhizni sel'skikh zhiteley [The need to develop social standards for the quality of life of rural residents]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie*. 2018; 1 (37): 56–70. DOI: 10.15350/2306–2800.2018.1.56 – EDN YUPFCP (In Rus.)
6. *Bobkov V.N.* Voprosy teorii, metodologii izucheniya i otsenki kachestva i urovnya zhizni naseleniya [Questions of theory, methodology for studying and assessing living standards of the population]. *Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii*. 2009; 6: 3–15. (In Rus.)
7. *Bondarenko L.* Sel'skie territorii: sostoyanie i regulirovanie [Rural territories: state and regulation]. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2014; 1: 69–79. (In Rus.)
8. *Loskutova M.V., Men'shchikova V.I.* Obespechenie sotsial'nykh standartov kachestva zhizni kak faktor razvitiya sel'skikh territoriy [Ensuring social standards of quality of life as a factor in the development of rural areas]. [Electronic source]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-sotsialnyh-standartov-kachestva-zhizni-kak-faktor-razvitiya-selskih-territoriy> (Access date: 10.12.2022). (In Rus.)
9. *Uryadova T.N.* Obosnovanie standart-orientirov dlya otsenki kachestva zhizni sel'skogo naseleniya [Substantiation of standard guidelines for assessing the quality of life of the rural population]. *Kant*. 2022; 3(44): 89–93. DOI: 10.24923/2222–243X.2022–44.14 – EDN QCAZGY (In Rus.)
10. *Kostyukova E.I., Bobryshev A.N., Gerasimov A.N. et al.* Razrabotka metodicheskikh rekomendatsiy po aktualizatsii standartov kachestva zhizni na sel'skikh territoriyakh (sel'skikh aglomeratsiyakh): otchet o NIR (zaklyuchitel'niy.) [Development of guidelines for updating the quality of life standards in rural areas (rural agglomerations): report on research (final.)]. *Stavropol'skiy gosudarstvenniy agrarniy universitet. Stavropol*, 2020: 381. No. GR AAAA-A20–120120290067–2. Inv. No. 1. (In Rus.)
11. *Trukhachev A.V., Bobryshev A.N., Gerasimov A.N., Skripnichenko Yu.S., Grigoryeva O.P.* Export potential of the regions of the South of Russia: patterns and development prospects. *Revista Gestão & Tecnologia*. 2022; 22; 2: 18–39.

12. *Gerasimov A.N., Kostyukova E.I., Grigor'eva O.P.* Problemy zanyatosti naseleniya v sel'skom khozyaystve [Problems of employment in agriculture]. APK: ekonomika, upravlenie. 2022; 1: 30–35. (In Rus.)

13. *Lelikova E.I.* Metodika formirovaniya i ispol'zovaniya trudovykh resursov v sel'skom khozyaystve [Methods of formation and use of labor resources in agriculture]. APK: ekonomika, upravlenie. 2022; 5: 7–12. (In Rus.)

14. *Gerasimov A.N., Gromov E.I., Lelikova E.I.* Regional'naya sotsial'no-ekonomicheskaya politika: instrumenty obespecheniya i osobennosti provedeniya [Regional socio-economic policy: support tools and features of implementation]. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie. 2021; 4 (56): 61–69. (In Rus.)

15. *Gerasimov A.N., Gromov E.I., Lelikova E.I.* Tendentsii v razvitii trudovykh resursov sel'skogo khozyaystva Stavropol'skogo kraya [Trends in the development of labor resources of agriculture in the Stavropol region]. APK: ekonomika, upravlenie. 2020; 11: 14–25. (In Rus.)

Костюкова Елена Ивановна, декан учетно-финансового факультета, заведующий кафедрой бухгалтерского учета, д-р экон. наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет; 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12; e-mail: elena-kostyukova@yandex.ru; тел.: (962) 450–31–80

Бобрышев Алексей Николаевич, профессор кафедры бухгалтерского учета, д-р экон. наук, Ставропольский государственный аграрный университет; 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12; e-mail: bobrishevalexsey@yandex.ru; тел.: (8652) 35–75–87

Громов Евгений Иванович, проректор по учебно-воспитательной работе и цифровой трансформации работе, д-р экон. наук, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет; 196605, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2, стр. 2; e-mail: gromei@mail.ru; тел.: (812) 318–11–85

Авакян Владимир Артемович, аспирант кафедры бухгалтерского и управленческого учета, Ставропольский государственный аграрный университет; 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12; e-mail: va.avakyan@stavadm.ru

Elena I. Kostyukova, DSc (Econ), Professor, Dean of the Accounting and Finance Faculty, Head of the Department of Accounting, Stavropol State Agrarian University (12 Zootekhnicheskii Lane, Stavropol, 355017, Russian Federation; phone: (962) 450–31–80; E-mail: elena-kostyukova@yandex.ru)

Aleksey N. Bobryshev, DSc (Econ), Professor of the Department of Accounting, Stavropol State Agrarian University (12 Zootekhnicheskii Lane, Stavropol, 355017, Russian Federation; phone: (8652) 35–75–87; E-mail: bobrishevalexsey@yandex.ru)

Evgeniy I. Gromov, DSc (Econ), Vice-Rector for Educational Work and Digital Transformation of Work, Doctor of Economics, St. Petersburg State Agrarian University (2, building 2 Peterburgskoe Highway, Pushkin City, St. Petersburg, 196605, Russian Federation; phone: (812) 318–11–85; E-mail: gromei@mail.ru)

Vladimir A. Avakyan, post-graduate student, Department of Accounting and Management Accounting, Stavropol State Agrarian University (12 Zootekhnicheskii Lane, Stavropol, 355017, Russian Federation; E-mail: va.avakyan@stavadm.ru)

СОКРАЩЕНИЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАРНИКОВЫМ ЭФФЕКТОМ: ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Н.М. СВЕТЛОВ

(Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А. Никонова –
филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ)

Одна из возможностей снижения антропогенного воздействия на климат – ограничение внесения в почву азота с минеральными удобрениями. Это сократит поступление в атмосферу летучих соединений азота, обладающих сильным парниковым эффектом. При помощи сценарного анализа с использованием модели ВИАПИ – экономико-математической модели частичного равновесия на оптовых рынках сельскохозяйственной продукции субъектов Российской Федерации – дана оценка последствий для этих рынков и для сельского хозяйства страны в целом в случае сокращения внесения в почву азота с минеральными удобрениями. Изучены сценарии сокращения внесения в масштабах страны на 10% при фактическом уровне эффективности удобрений, и на 50% – при повышении эффективности до уровня лучших региональных практик. Показано, что в целом сельское хозяйство способно адаптироваться к таким сценариям, снизив валовое производство сельхозпродукции соответственно лишь на 2,09% либо на 2,85% в сравнении с базовым сценарием (который не предусматривает ограничений по внесению азота). Адаптация происходит за счет изменения отраслевой структуры в пользу овощеводства открытого грунта и скотоводства, территориальной структуры – в пользу отдельных регионов соответствующей специализации. Снижение внесения азота достигается за счет сравнительно немногих субъектов Федерации – в остальных оно остается прежним. Если сокращение внесения в почву азота с минеральными удобрениями сопровождать повышением эффективности их использования, то существует возможность обойтись без ущерба сельскохозяйственному производству как в отраслевом, так и в территориальном разрезе. Такой путь обусловлен инвестициями и, возможно, господдержкой, целесообразность которых подлежит изучению в рамках проектного подхода.

Ключевые слова: антропогенное воздействие на климат, минеральные удобрения, летучие соединения азота, сценарный анализ, частичное равновесие, модель ВИАПИ, рынки сельскохозяйственной продукции.

Введение

В текущей сложной международной обстановке борьба с изменением климата сохраняет актуальность. И правительство, и научное сообщество России продолжают изучать возможность и целесообразность различных мер, направленных на снижение темпов роста парникового эффекта. Об этом свидетельствуют как научные исследования последних лет [4, 7], так и высказывания официальных лиц на 25 Петербургском Международном экономическом форуме 15–18 июня 2022 г. [1]. В частности, специальный представитель Президента Российской Федерации по вопросам климата Руслан Эдельгериев отметил, что приоритетом климатической повестки для Российской Федерации на данном этапе являются научно-исследовательские работы. Заместитель Председателя Правительства Российской Федерации Виктория Абрамченко напомнила о запуске 8 карбоновых полигонов в различных природно-климатических зонах России.

Антропогенный вклад в изменение климата все еще остается предметом научной полемики. Вместе с тем аргументы [3] не исключают ситуацию, когда, вопреки малому вкладу антропогенного фактора (в сравнении с естественными) в формирование парникового эффекта, чувствительность к нему динамики климата может быть очень высокой ввиду его включенности в геофизические процессы с положительной обратной связью. Это подтверждается имеющимися результатами модельных расчетов [6].

Одна из возможностей снижения антропогенного вклада в парниковый эффект связана с ограничением внесения в почву азота с минеральными удобрениями [16, 14] при одновременном повышении эффективности их использования на основе более тщательного мониторинга других факторов, лимитирующих урожайность сельскохозяйственных культур в соответствии с «законом минимума» Ю. фон Либиха. Потенциальная технологическая и экономическая осуществимость такого мониторинга связана с миниатюризацией и удешевлением соответствующих датчиков, с возможностью сбора фиксируемых ими данных при помощи технологий «интернета вещей» (IoT). Исследования в этом направлении ведутся, в частности, в Почвенном институте имени В.В. Докучаева [2]. Однако прежде чем вкладываться в дорогостоящие опытно-конструкторские работы, необходимо дать оценку вероятных последствий введения подобных ограничений в масштабах России, располагающей уникальным разнообразием природных (в том числе почвенных и климатических) условий сельскохозяйственной деятельности. Именно в такой оценке заключается цель изложения статьи. Ее выводы основаны на анализе изменений объемов производства и цен продукции сельского хозяйства при изменении объемов внесения азота в почву с минеральными удобрениями в масштабе страны. Эти изменения определены при помощи компьютерного эксперимента на модели ВИАПИ [13], который охватывает всю Россию и дает оценки в разрезе субъектов Федерации.

Материал и методика исследований

Модель ВИАПИ – это не имеющая аналогов в мировой науке пространственная национальная модель частичного равновесия на оптовых рынках сельхозпродукции. Она сочетает в себе ряд новаторских архитектурных решений [5, 10, 11].

В исследованиях использован 9-продуктовый вариант модели и версия 2.6а ее программного обеспечения. Для 8 продуктов (зерно, подсолнечник, сахарная свекла, картофель, овощи открытого грунта, молоко, скот, птица) моделируются продажи, перевозки, внешняя торговля и потребление; для 9 продукта – «остальная продукция сельского хозяйства» (только продажи)¹.

Модель охватывает все субъекты Российской Федерации, за исключением входящих в состав других субъектов. Их рынки считаются частью «вышестоящего» субъекта. Предполагается, что в городах федерального значения сельскохозяйственное производство отсутствует.

Источники данных, используемые для построения модели, за исключением данных о внесении азота в почву с минеральными удобрениями, описаны в трех вышеуказанных публикациях. Источники данных об азоте описаны в статье [9].

При помощи модели получены равновесные решения для трех сценариев: базового (сценарий 0); сокращения внесения азота в почву с минеральными удобрениями

¹ Принято упрощающее предположение того, что вся сельскохозяйственная продукция перерабатывается в регионе ее потребления. По сути это предположение определяет принятое в модели ВИАПИ правило пересчета продукции переработки в продукцию сельского хозяйства. Нетоварная часть произведённой сельхозпродукции любого вида учитывается в составе остальной продукции сельского хозяйства по ценам региона-производителя.

на 10% (сценарий 1)²; сокращения на 50% при росте эффективности использования азота до уровня лучших региональных практик (сценарий 2)³.

Во всех трех сценариях границы производственных возможностей строятся по фактическим данным 2015...2019 г. (далее – базовый период), причем для каждого года в отдельности⁴. Для их построения учитываются следующие ресурсы: площадь сельскохозяйственных угодий; площадь пашни; поголовье сельскохозяйственных животных, за исключением птицы (в пересчете на коров); поголовье птицы; численность работников; только по данным сельхозорганизаций: среднегодовая стоимость основных средств производства, используемых в сельском хозяйстве; стоимость оборотных средств на конец года (может быть пополнена краткосрочным кредитом); энергетические мощности; зернофураж (ресурс формируется за счет производства зерна); азот, вносимый в почву с минеральными удобрениями (объем ресурса задан для страны в целом; в сценарии 2 фактические данные о его использовании заменены расчетными, изложенными ниже).

При всех сценариях планирование производства в модели осуществляется так, чтобы план был сбалансирован (с учетом спроса по соответствующим равновесным ценам) при условиях любого из 5 лет, а средний за эти 5 лет маржинальный доход был максимальным по всем переменным, кроме цен, которыми сельхозпроизводители не управляют. Сценарии не предусматривают новых инвестиций, то есть объемы ресурсов, доступных каждому субъекту Федерации в каждом году, соответствуют фактическим данным базового периода.

Межрегиональная диффузия технологий ограничивается замещением не более 20% технологии каждого субъекта Федерации, зафиксированной данными базового периода, технологиями других субъектов той же или худшей природно-сельскохозяйственной группы регионов [12], в размере, не превосходящем фактического использования каждой из них в регионе происхождения⁵. Населению каждого субъекта Федерации, учтенного в модели, гарантируются поставки 8 видов продукции (всех учтенных в модели, кроме «остальной»), в объемах, удовлетворяющих его потребности на уровне не менее 90% от актуальных норм потребления, рекомендованных Минздравсоцразвития России. Считается, что при достижении уровня потребления, на 20% превышающего рекомендованный, потребители достигают насыщения. В число сценарных условий входит также матрица эластичностей и кросс-эластичностей спроса по ценам (одна и та же для всех субъектов Федерации)⁶; коэффициенты пересчета этой матрицы на импорт и экспорт;

² Предпринята попытка моделирования еще одного сценария, предусматривающего сокращение внесения азота на 20% при тех же условиях. Оказалось, что в ряде регионов такой сценарий не позволяет сохранить производство на уровне хотя бы 90% к существующему. Несмотря на то, что гарантии продовольственной безопасности, заложенные в модель, при этом могут быть выполнены за счет наращивания импорта, практической интерес такой сценарий, по мнению автора, не представляет: во-первых, его осуществление обесценивает значительную часть активов сельского хозяйства; во-вторых, модельные оценки при таких значительных отличиях от факта могут утратить достоверность.

³ Произведенные расчеты показали, что в целом по России за счет роста эффективности использования азота существует возможность сократить потребность в нем до 58,2% к фактическим уровням базового периода 2015...2019 гг. без каких бы то ни было изменений в объемах производства сельхозпродукции.

⁴ Этот прием улавливает (насколько это возможно в границах пятилетнего периода) факторы неопределенности сельскохозяйственного производства при вычислении планов производства и соответствующих им состояний конкурентного равновесия [5].

⁵ Это условие устанавливает равным примерно 5 годам время, требуемое для перехода к сценарному равновесию из начального состояния, определяемого данными базового периода.

⁶ Данные этих таблиц представляют собой авторские экспертные оценки. Они основаны на аналогичной матрице, использованной в варианте модели частичного равновесия EPACIS [8].

состояние частичного конкурентного равновесия на моделируемых рынках при сценарных условиях. Функции спроса откалиброваны индивидуально для каждого года базисного периода и каждого субъекта Федерации таким образом, чтобы при ценах данного года объемы спроса в данном субъекте совпадали с фактом того же года.

В сценарии 0 баланс азота, вносимого в почву с минеральными удобрениями, рассчитывается, но не лимитируется. В сценарии 1 установлено ограничение суммарного (по всей России) внесения азота в почву с минеральными удобрениями на уровне 90% к соответствующему году базисного периода. В сценарии 2 аналогичное ограничение установлено на уровне 50%, но внесение азота в почву в каждом субъекте Федерации, учтенное при построении границы производственных возможностей, снижено до уровня, соответствующего полному использованию резервов повышения эффективности использования этого действующего вещества.

Формулировке сценария 2 предшествовало исследование [9], направленное на оценку таких резервов. В нем проведена (по методу максимальной энтропии) параметрическая идентификация линейной границы производственных возможностей использования азота и учтена природно-сельскохозяйственная группировка регионов, принятая в модели ВИАПИ.

В сценарии 1 экономия денежных затрат, возникающая в связи с сокращением внесения азота, рассчитывается непосредственно в процессе моделирования. В сценарии 2 делается предположение того, что средства, сэкономленные сокращением внесения азота в почву в связи с ростом эффективности его использования, целиком расходуются сельхозорганизациями на покрытие части затрат, обеспечивающих рост эффективности. Оставшаяся часть этих затрат, согласно предположению, финансируется государством.

В качестве эффектов сокращения внесения азота в почву на 10% приняты различия между сценариями 1 и 0, сокращения внесения азота в почву на 50% при росте эффективности его использования – различия между сценариями 2 и 0.

Сценарий 2 умозрителен: он характеризует имеющийся потенциал сокращения внесения азота в почву за счет роста эффективности его использования при понимании практической невозможности полного использования этого потенциала. Поэтому ниже основное внимание уделяется сценарию 1, в котором эффективность использования азота соответствует фактическому состоянию дел в базовом периоде.

Для правильного понимания результатов, представленных ниже, необходимо учитывать, что решения, обнаруживаемые моделью ВИАПИ, – это состояния частичного равновесия, то есть такие состояния, при которых совершены все взаимовыгодные сделки по продуктам, учтенным в модели, и дальнейшее продолжение торговли невозможно вплоть до появления нового спроса или нового предложения. В реальности такое состояние никогда не наступает: моменты полного удовлетворения спроса и полного исчерпания предложения не совпадают у разных потребителей и поставщиков. Как следствие, использование равновесных решений в качестве прогнозов приемлемо лишь в отсутствие более надежных методов прогнозирования.

Интерес экономистов к состоянию равновесия обусловлен иной причиной: он связан с тем, что это состояние стало бы тупиковой точкой последовательности сделок в умозрительной ситуации, когда спрос и предложение в процессе заключения и исполнения сделок остаются неизменными и соответствуют заданным сценарным условиям. Это удобно для сценарного анализа: в равновесных решениях эффекты сценариев освобождены от помех, связанных с тем, что в реальной экономике едва ли можно заключить хотя бы две сделки при одних и тех же внешних условиях.

Когда равновесие для каждого сценария единственно, у различий между сценарными равновесиями нет других причин, кроме различий между самими

сценариями. Однако сценарный анализ при помощи моделей равновесия осложняется тем, что реальные рынки зачастую не обладают свойствами, при которых равновесие единственно [8]. Модель ВИАПИ описывает оптовые региональные рынки сельхозпродукции весьма детально и не предусматривает (в отличие от некоторых других вычислимых моделей равновесия – например, RATSIM [15]) внесения в процессе калибровки поправок в ее параметры с целью обеспечить выполнение теоретических предпосылок единственности равновесия, если в реальности они не выполняются. Вместо этого алгоритм модели ВИАПИ отдает предпочтение равновесию, которое менее других отличается от фактических данных базового периода. Когда множество равновесных решений не связно или не выпукло, такой подход не дает гарантии того, что найденное в результате решения равновесие непременно окажется ближайшим к факту. Поэтому с помощью модели ВИАПИ следует сравнивать сценарии, различающиеся настолько, чтобы различия между любыми равновесиями для разных сценариев значительно превосходили наибольшее возможное различие между альтернативными равновесиями для одного и того же сценария. Способы добиться полной уверенности в выполнении этого условия не существует, но отыскание равновесных решений с использованием разных начальных приближений и их содержательная оценка, основанная на анализе полученных результатов, позволяют свести риск получения ошибочных выводов к минимуму.

Результаты и их обсуждение

Осуществление сценария 1 приводит к следующим эффектам в сравнении со сценарием 0:

- “ снижение производства сельхозпродукции (измеренному в фактических ценах базового периода 2015...2019 гг.) на 2,09%, что соответствует эластичности производства по сокращению внесения азота в почву с минеральными удобрениями, равной 0,209;
- “ снижение стоимости продукции у ворот предприятия на 1,26%;
- “ сокращение выручки на внутренних рынках, измеренной в ценах по месту потребления, на 0,49%;
- “ рост импорта (учтенного в модели, то есть не включающего в себя продукты, вошедшие в состав агрегата «Остальная продукция сельского хозяйства») на 0,29%;
- “ снижение учтенного в модели экспорта на 6,93%;
- “ снижение производственных издержек на 1,72%;
- “ снижение транспортных издержек на 5,89%;
- “ снижение маржинального дохода на 12,62 млрд руб., обусловленное сокращением выручки на внутренних и внешних рынках, превосходящее сокращение издержек;
- “ рост индекса внутренних цен (у ворот производителя) на 0,16 процентного пункта.

Расчетное значение эластичности производства по сокращению внесения азота говорит о достаточно высокой устойчивости сельского хозяйства России как целого к стрессу от ограничения применения азотсодержащих минеральных удобрений. В горизонте времени около пятилетия оно обладает возможностью маневра ресурсами – перераспределения их между производством различных видов продукции (рис. 1), благодаря которому минимизируется падение производства сельхозпродукции в целом и наносится минимальный ущерб экономике сельского хозяйства страны. Именно существенно сокращаются объемы производства в отраслях растениеводства исключая овощеводство открытого грунта; растет производство овощей открытого грунта и скота; производство молока, птицы и остальной продукции сельского хозяйства сокращается в существенно меньшей степени, чем валовое

производство сельхозпродукции. Поскольку первые (слева) четыре продукта, представленные на рисунке 1, в сценарии 1 формируют лишь 20,86% стоимости валовой продукции сельского хозяйства, существенное сокращение их производства укладывается в вышеприведенную цифру сокращения валового производства на 2,09%.

Изменения в структуре сельскохозяйственной продукции в масштабах России, обусловленные снижением внесения азота в почву, согласуются с пространственными изменениями в ее объемах лишь отчасти (рис. 2, 3). Несмотря на то, что некоторые субъекты Федерации из числа крупнейших поставщиков продукции растениеводства на российские и зарубежные рынки при условиях сценария 1 подвержены существенному сокращению валового производства сельскохозяйственной продукции (в их числе – Краснодарский и Ставропольский края, а также Курская, Орловская, Липецкая, Курганская и Амурская области), другие (например, расположенные в Поволжье, а также Ростовская и Белгородская области) не реагируют на сценарные условия и вносят в почву столько же азота, сколько в базовом сценарии. Производство продукции растениеводства, а вслед за ним и валовой продукции сокращается в первую очередь там, где возможна наибольшая экономия азота, вносимого в почву, при безусловном выполнении гарантий продовольственного снабжения населения каждого субъекта Федерации, заложенных во все изученные сценарии.

Отдельные субъекты Федерации в условиях сценария 1 приобретают конкурентные преимущества и получают возможность несколько нарастить производство – преимущественно за счет животноводческой продукции. Тройку лидеров образуют Кировская, Кемеровская и Рязанская области.

Региональные эффекты в отличие от общероссийских неустойчивы в отношении как малых изменений сценарных условий, так и выбора одного из альтернативных равновесий. Однако регионы, занимающие верхние или нижние строчки рейтинга, как правило, сохраняют свои позиции⁷.

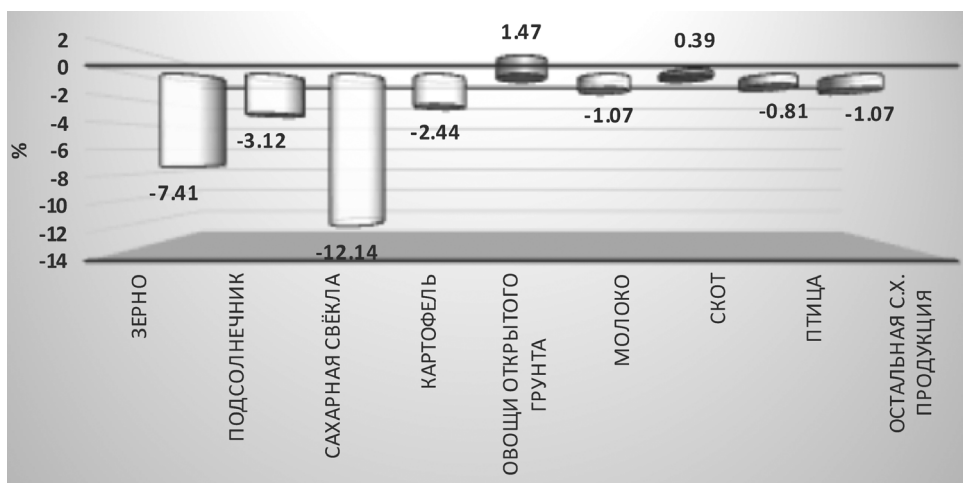


Рис. 1. Изменение производства отдельных видов продукции сельского хозяйства при сокращении внесения азота в почву с минеральными удобрениями на 10% и отсутствии прогресса в эффективности их использования

⁷ За исключением Архангельской области, где за высоким процентом спада в сценарии 1 кроется сокращение валового производства всего лишь на 479 млн руб. Для сравнения: в среднем в расчете на один субъект Федерации оно составляет 1,679 млрд руб., причем субъектов, где производство остается неизменным, 46 из 79.

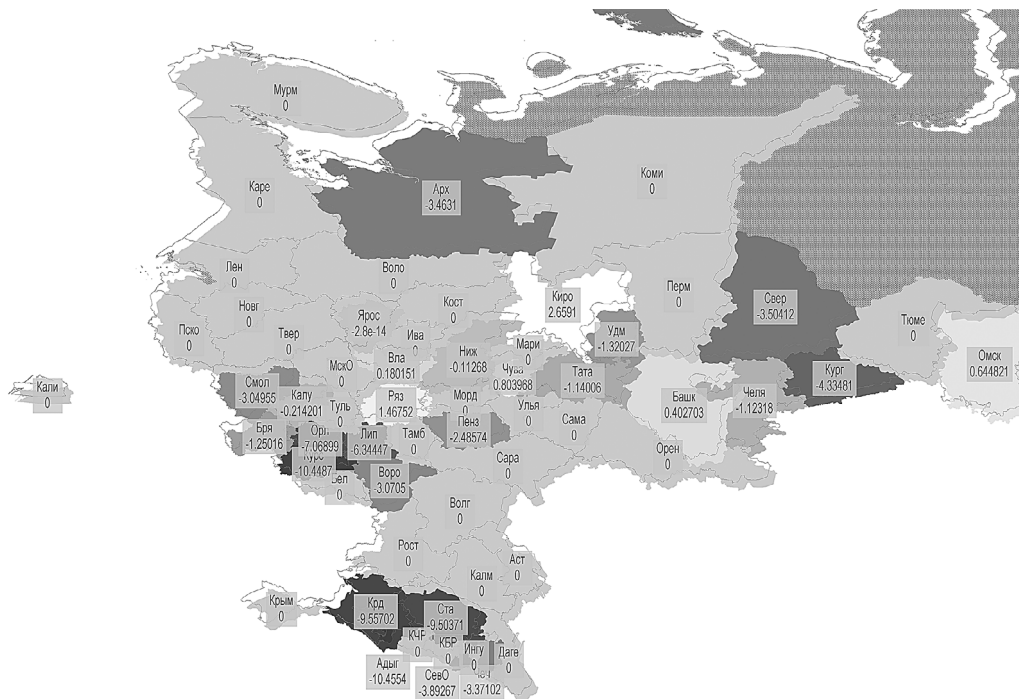


Рис. 2. Изменение производства продукции сельского хозяйства, %, при сокращении внесения азота в почву с минеральными удобрениями на 10% и отсутствии прогресса в эффективности их использования (Европейская Россия и Урал): светлая тень соответствует росту объемов производства, темная – снижению. Заштрихованы субъекты Федерации в составе других субъектов и города федерального значения

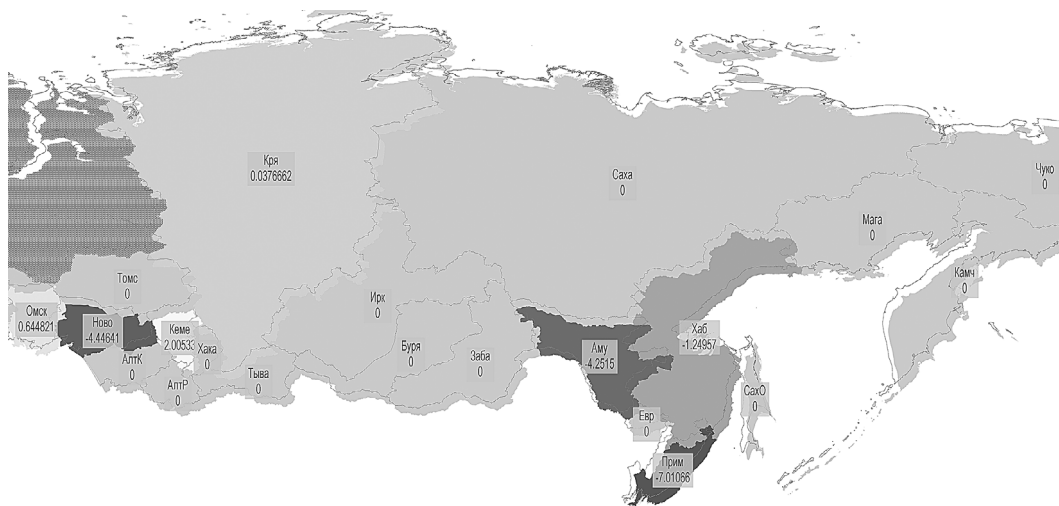


Рис. 3. Изменение производства продукции сельского хозяйства, %, при сокращении внесения азота в почву с минеральными удобрениями на 10% и отсутствии прогресса в эффективности их использования (Сибирь и Дальний Восток): светлая тень соответствует росту объемов производства, темная – снижению. Заштрихованы субъекты Федерации в составе других субъектов и города федерального значения

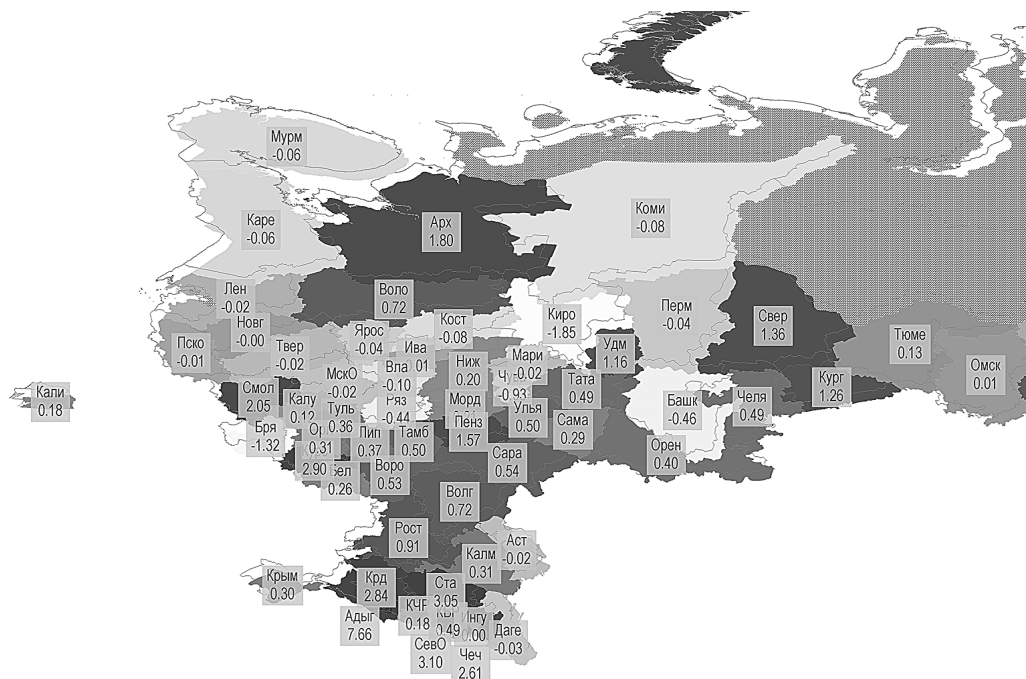


Рис. 4. Изменение индекса цен продукции сельского хозяйства (у ворот производителей, %) при сокращении внесения азота в почву с минеральными удобрениями на 10% и отсутствии прогресса в эффективности их использования (Европейская Россия и Урал): светлая тень соответствует снижению цен, темная – росту. Заштрихованы субъекты Федерации в составе других субъектов и города федерального значения

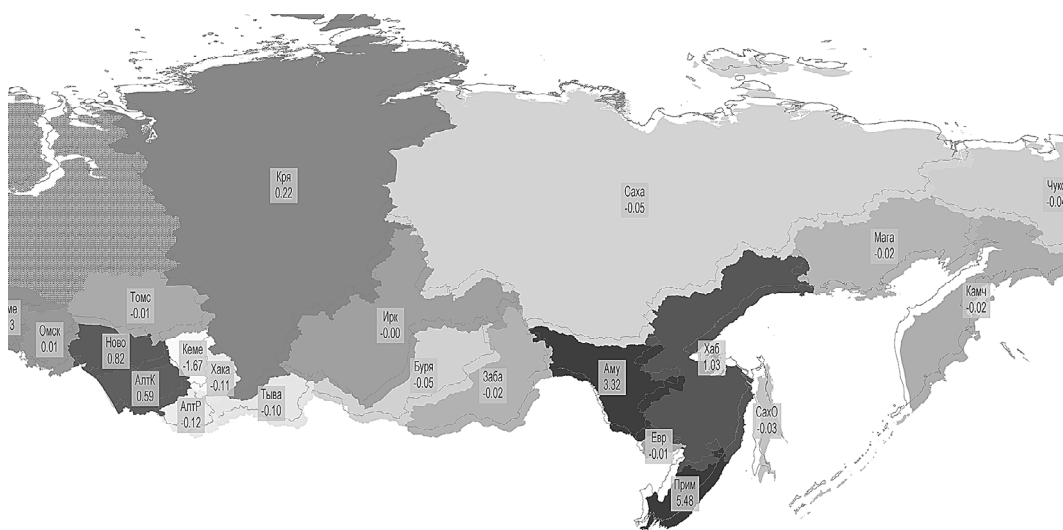


Рис. 5. Изменение индекса цен продукции сельского хозяйства (у ворот производителей, %) при сокращении внесения азота в почву с минеральными удобрениями на 10% и отсутствии прогресса в эффективности их использования (Сибирь и Дальний Восток): светлая тень соответствует снижению цен, темная – росту. Заштрихованы субъекты Федерации в составе других субъектов и города федерального значения

География изменений в объемах производства и география изменения цен на сельхозпродукцию взаимосвязаны (рис. 4, 5). Наибольший рост цен, как правило, отмечается там, где имеет место наибольшее снижение производства. Исключением из этого правила стали юг Поволжья и Ростовская область. Чувствительный для потребителей рост цен на сельхозпродукцию отмечается в Приморье, где он превышает 5%, а также в Амурской области, Ставропольском и Краснодарском краях. В большинстве регионов рост цен не превышает 1%. В ряде регионов вследствие происходящих территориальных сдвигов в производстве цены даже снижаются, но это снижение превосходит на 1% лишь в Кемеровской, Кировской и Брянской областях.

Результаты для сценария 2 доложены автором на научно-практической конференции «Аграрная политика России: устойчивость и конкурентоспособность» в ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ в рамках празднования 100-летия академика ВАСХНИЛ В.Р. Боева.

Ниже приведены значения ряда показателей, характеризующих этот сценарий, полученные после исправления замеченных неточностей в исходных данных и повторного прогона модели ВИАПИ. Согласно обновленным расчетам (результаты которых незначительно отличаются от доложенных на конференции) производство сельхозпродукции (в фактических ценах базового периода 2015...2019 гг.) на 2,85% меньше, чем в сценарии 0, и на 0,77% меньше, чем в сценарии 1. Стоимость продукции у ворот предприятия (в равновесных ценах) меньше, чем в сценарии 0, на 1,94%. Выручка на внутренних рынках сокращается по отношению к сценарию 0 на 0,98%, то есть меньше, чем в сценарии 1. Учтенный в модели импорт возрастает на 0,63%, экспорт падает на 11,04% – эти эффекты больше, чем при сценарии 1. Производственные издержки больше на 2,47%, а транспортные – на 8,57%, что также больше, чем в условиях сценария 1.

Снижение маржинального дохода также оказывается большим и составляет 55,57 млрд руб. Индекс цен при этом остается практически таким же, что и в базовом сценарии, чему содействуют заложенные в сценарий рост эффективности применения минеральных удобрений и компенсация сельскому хозяйству издержек на него, превосходящих стоимость сэкономленных удобрений. Изменения объемов производства отдельных видов продукции в масштабах России имеют те же знаки, что и в сценарии 1, а коэффициент корреляции рангов этих изменений составляет 0,950, то есть сценарий 2 не обладает ярко выраженными отличительными чертами в сравнении со сценарием 1. В частности, рост производства овощей открытого грунта в сравнении с базовым сценарием характерен для обоих изученных сценариев сокращения внесения азота (в сценарии 2 этот рост составляет 2,09%).

В пространственном срезе корреляция между сценариями 1 и 2 рангов отклонений объемов производства сельхозпродукции от базового сценария (измеренных в фактических ценах базового периода) составляет 0,617: как уже отмечалось выше, региональные эффекты оказываются более чувствительными к сценарным различиям, чем сводные эффекты по всей России.

В разрезе субъектов Российской Федерации данные о различиях между сценариями 1 и 0, 2 и 0 в производстве и ценах отдельных продуктов, учтенных в модели, могут быть предоставлены заинтересованным исследователям по запросу.

Выводы

Компьютерные эксперименты на модели ВИАПИ показали, что сокращение внесения азота в почву с минеральными удобрениями на 10% не повлечет за собой разрушительных последствий для сельского хозяйства страны и ее регионов, а также для отдельных отраслей сельского хозяйства.

Адаптационный механизм обеспечивается изменением отраслевой структуры производства в пользу овощеводства открытого грунта и выращивания скота на мясо, а территориальной – в пользу отдельных регионов, имеющих соответствующую специализацию. Экономия внесения азота обеспечивается главным образом за счет немногочисленных регионов Черноземной зоны и Северного Кавказа, где и происходит наибольшее сокращение производства.

Повышение эффективности использования минеральных удобрений с использованием цифровых решений, внесение их только там, где именно их действующие вещества оказываются фактором, ограничивающим урожайность, либо в увязке с устранением иных ограничивающих факторов (дефицит микроэлементов, влаги) обладают, согласно полученным оценкам, потенциалом снижения ущерба сельскому хозяйству от сокращения внесения азотных удобрений на 10% (и даже до 40%) в сравнении с модельными оценками, основанными на сопоставлении сценариев 1 и 0.

В зависимости от того, насколько широко распространятся существующие сегодня лучшие практики, при указанных объемах сокращения внесения азота потери сельского хозяйства можно снизить вплоть до нуля. Как добиться этого на каждом поле, а не только на тех, где уже сегодня достигается наивысшая эффективность использования внесенного в почву азота, оцененная по конечному результату – стоимости проданной товарной продукции сельского хозяйства? Возможно ли при этом избежать роста себестоимости продукции? Существуют ли перспективы привлечения инвесторов для финансирования технологического перехода и кадров для эксплуатации новых технологий земледелия, решающих данную задачу? Возникнет ли при этом потребность в дополнительной целевой господдержке сельхозпроизводителей и в каком объеме? Ответы на эти вопросы требуют применения методологии, свойственной проектному подходу, – в частности, моделирования денежных потоков для конкретных проектно-технологических решений, дифференцированных по природно-сельскохозяйственным зонам, почвам, ландшафтам, биоценозам, условиям доступа к инфраструктуре.

Библиографический список

1. Адаптация к климатическим изменениям: вызовы и возможности. Ключевые выводы // Петербургский Международный экономический форум 15–18 июня 2022 г. – СПб., 2022. – URL: <https://forumspb.com/news/news/adaptatsija-k-klimaticheskim-izmenenijam-vyzovy-i-vozmozhnosti/> (дата обращения: 31 июля 2022).
2. Кирюшин В.И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. – 2022. – № 2. – С. 3–7.
3. Огнивцев С.Б. Глобальные климатические изменения, углеродные балансы и влияние на них сельского хозяйства // Актуальные вопросы современной экономики. – 2022. – № 7.
4. Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю., Единак Е.А. Возможности и риски политики климатического регулирования в России // Вопросы экономики. – 2022. – № 1. – С. 72–89.
5. Применение математических методов в управлении АПК Беларуси и России / Под ред. Н.М. Светлова, В.И. Буць. – М.: ЦЭМИ РАН, 2020. – 177 с.
6. Розенберг Г.С. Глобальные модели динамики биосферы // Биосфера. – 2017. – № 2. – С. 107–122.
7. Романенко И.А., Сиптиц С.О., Евдокимова Н.Е. Агропродовольственная стратегия регионов в условиях неопределенности будущего климата: Монография. – М., 2020. – 204 с.

8. Светлов Н.М. Альтернативные равновесия на аграрных рынках // Журнал экономической теории. – 2016. – № 3. – С. 188–201.
9. Светлов Н.М. Методический подход к оценке эффективности применения азотных удобрений в регионах России // Современная аграрная экономика – наука и практика: Материалы V Международной научно-практической конференции. – Горки, Беларусь: БГСХА, 2022. – С. 166–171
10. Светлов Н.М. Непараметрическая граница производственных возможностей в вычислимой модели частичного равновесия // Экономика и математические методы. – 2019. – № 4. – С. 104–116.
11. Светлов Н.М. Современный экономико-математический инструментарий анализа последствий изменения климата // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 6. – С. 20–25.
12. Светлов Н.М., Сипиц С.О., Романенко И.А. Как улучшить размещение отраслей сельского хозяйства России // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 3. – С. 13–19.
13. Светлов Н.М., Шишкина Е.А. Инновационная модель частичного равновесия в приложении к анализу эффектов изменения климата // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 5. – С. 58–63.
14. Chai R., Ye X., Ma C. et al. Greenhouse gas emissions from synthetic nitrogen manufacture and fertilization for main upland crops in China // Carbon Balance Manage. – 2019. – № 14. – 10 p.
15. Fock A., Weingarten P., Wahl O., Prokopiev M. Russia's bilateral agricultural trade: first results of a partial equilibrium analysis // Russia's Agro-food Sector: Towards Truly Functioning Markets. Boston; Dordrecht; London: Kluwer Academic Publishers, 2000. – Pp. 271–301.
16. Zhang W.F., Dou Z.X., He P. et al. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China // Proceedings of National Academy of Sciences of the USA. – 2013. – Vol. 110. – P. 8375–8380.

REDUCING NITROGEN NUTRITION OF PLANTS TO WITHSTAND THE GREENHOUSE EFFECT: ASSESSING THE IMPACT ON AGRICULTURE

N.M. SVETLOV

(All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A.A. Nikonov –
Branch of the FSBSIFRC AESDRA VNIIESH)

One way of reducing the anthropogenic impact on the climate is to limit the introduction of nitrogen into the soil with mineral fertilizers. This will reduce the release of volatile nitrogen compounds into the atmosphere, which have a strong greenhouse effect. A scenario analysis using the VIAPI model (an economic-mathematical model of a partial equilibrium of the wholesale agricultural markets of the constituent entities of the Russian Federation), is used to assess the changes in these markets and in the country's agriculture as a whole in the case of reduced introduction of nitrogen into the soil with mineral fertilizers. Scenarios were investigated for a 10% reduction in national application at actual fertilizer efficiency levels and a 50% increase in efficiency to the level of best regional practices. It is shown that, in general, agriculture is able to adapt to these scenarios, reducing the gross agricultural production by only 2.09% or 2.85%, respectively to the baseline scenario (which does not include nitrogen application restrictions). Adaptation takes place due to changing the sectoral structure in favor of open ground vegetable production and meat cattle breeding, changing territorial structure in favor of the regions of the corresponding

specialization. The decrease in nitrogen application is achieved by relatively few federal subjects, while in the rest it remains the same. If the reduction in the introduction of nitrogen into the soil with mineral fertilizers is accompanied by the efficiency growth, there is an opportunity to avoid any damage to agricultural production, both sectorally and territorially. This opportunity is conditioned by investments and, possibly, state support, the feasibility of which is to be studied within the framework of the project approach.

Key words: *anthropogenic impact on the climate, mineral fertilizers, volatile nitrogen compounds, scenario analysis, partial equilibrium, VIAPI model, markets of agricultural products.*

References

1. Adaptatsiya k klimaticheskim izmeneniyam: vyzovy i vozmozhnosti. Klyuchevyye vyvody [Adapting to climate change: challenges and opportunities. Key findings]. Peterburgskiy mezhdunarodniy ekonomicheskiy forum 15–18 iyunya 2022 g. Saint Petersburg, 2022. URL: <https://forumspb.com/news/news/adaptatsiya-k-klimaticheskim-izmeneniyam-vyzovy-i-vozmozhnosti/> (Access date: 31.07. 2022). (In Rus.)
2. Kiryushin V.I. Sistema nauchno-innovatsionnogo obespecheniya tekhnologiy adaptivno-landshaftnogo zemledeliya [System of scientific and innovative support for technologies of adaptive landscape agriculture]. Zemledelie. 2022; 2: 3–7. DOI: 10.24412/0044–3913–2022–2–3–7 (In Rus.)
3. Ognitsev S.B. Global'nye klimaticheskie izmeneniya, uglerodnye balansy i vliyaniye na nikh sel'skogo khozyaystva [Global climate change, carbon balances and the impact of agriculture on them]. Aktual'nye voprosy sovremennoy ekonomiki. 2022; 7. DOI: 10.34755/IROK.2022.83.55.067 (In Rus.)
4. Porfir'ev B.N., Shirov A.A., Kolpakov A.Yu., Edinak E.A. Vozmozhnosti i riski politiki klimaticheskogo regulirovaniya v Rossii [Opportunities and risks of climate regulation policy in Russia]. Voprosy ekonomiki. 2022; 1: 72–89. DOI: 10.32609/0042–8736–2022–1–72–89 (In Rus.)
5. Primenenie matematicheskikh metodov v upravlenii APK Belarusi i Rossii [Application of mathematical methods in the management of the agro-industrial complex of Belarus and Russia]. Ed. by N.M. Svetlov, V.I. Buts'. Moscow: TsEMI RAN, 2020: 177. DOI: 10.33276/978–5–8211–0782–4 (In Rus.)
6. Rozenberg G.S. Global'nye modeli dinamiki biosfery [Global models of biosphere dynamics]. Biosfera. 2017; 2: 107–122. DOI: 10.24855/BIOSFERA.V9I2.352 (In Rus.)
7. Romanenko I.A., Siptits S.O., Evdokimova N.E. Agropodovol'stvennaya strategiya regionov v usloviyakh neopredelennosti budushchego klimata [Agri-Food Strategy of the Regions under the Uncertainty of the Future Climate: Monograph]. Moscow, 2020: 204. (In Rus.)
8. Svetlov N.M. Al'ternativnye ravnovesiya na agrarnykh rynkakh [Alternative equilibria in agricultural markets]. Zhurnal ekonomicheskoy teorii. 2016; 3: 188–201. (In Rus.)
9. Svetlov N.M. Metodicheskiy podkhod k otsenke effektivnosti primeneniya azotnykh udobreniy v regionakh Rossii [Methodological approach to evaluating the effectiveness of nitrogen fertilizers in the regions of Russia]. Sovremennaya agrarnaya ekonomika – nauka i praktika: Materialy V mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii. Ed. by I.V. Shafranskaya. Gorki, Belarus: BGSKhA, 2022: 166–171. (In Rus.)
10. Svetlov N.M. Neparametricheskaya granitsa proizvodstvennykh vozmozhnostey v vychislimoy modeli chastichnogo ravnovesiya [Nonparametric production possibility frontier in a computable partial equilibrium model]. Ekonomika i matematicheskie metody. 2019; 4: 104–116. DOI: 10.31857/S042473880006779–5 (In Rus.)

11. *Svetlov N.M.* Sovremenniy ekonomiko-matematicheskiy instrumentariy analiza posledstviy izmeneniya klimata [Modern economic and mathematical tools for analyzing the consequences of climate change]. *Mezhdunarodniy sel'skokhozyaystvenniy zhurnal*. 2020; 6: 20–25. DOI: 10.24411/2587–6740–2020–16103 (In Rus.)
12. *Svetlov N.M., Siptits S.O., Romanenko I.A.* Kak uluchshit' razmeshchenie otrasley sel'skogo khozyaystva Rossii [How to improve the placement of Russian agricultural industries]. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2018; 3: 13–19. (In Rus.)
13. *Svetlov N.M., Shishkina E.A.* Innovatsionnaya model' chastichnogo ravnovesiya v prilozhenii k analizu effektiv izmeneniya klimata [Innovative Partial Equilibrium Model Applied to the Analysis of Climate Change Effects]. *Mezhdunarodniy sel'skokhozyaystvenniy zhurnal*. 2019; 5: 58–63. DOI: 10.24411/2587–6740–2019–11587 (In Rus.)
14. *Chai R., Ye X., Ma C. et al.* Greenhouse gas emissions from synthetic nitrogen manufacture and fertilization for main upland crops in China. *Carbon Balance Manage.* 2019; 14: 10. DOI: 10.1186/s13021–019–0133–9
15. *Fock A., Weingarten P., Wahl O., Prokopiev M.* Russia's bilateral agricultural trade: first results of a partial equilibrium analysis. *Russia's Agro-food Sector: Towards Truly Functioning Markets*. Boston; Dordrecht; London: Kluwer Academic Publishers. 2000: 271–301.
16. *Zhang W.F., Dou Z.X., He P. et al.* New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *Proceedings of National Academy of Sciences of the USA*. 2013; 110: 8375–8380.

Светлов Николай Михайлович, д-р экон. наук, профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ; Российская Федерация, г. Москва; тел.: (495) 624–29–09; e-mail: svetlov@viapi.ru

Nikolay M. Svetlov, DSc (Econ), Professor, RAS Corresponding Member, Chief Research Associate, All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics (VIAP) named after A.A. Nikonov – Branch of the FSBSIFRC AESDRA VNIIESH (21–1 Bol'shoy Khariton'evskiy L., Moscow, 107078, Russian Federation; phone: (495) 624–29–09; E-mail: svetlov@viapi.ru)

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

- Лапушкин В.М., Добрин П.В. Влияние кремнийсодержащих удобрений на урожай томата и огурца при малообъемной технологии выращивания 5

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

- Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Биологические особенности некоторых представителей рода *Ocimum* (базилик) в Башкирском Предуралье 20
- Тухватуллина Л.А. Особенности развития из семян и семенная продуктивность редкого эндема Средней Азии *Allium backhousianum* Regel 27

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Павлова О.В., Марченкова Л.А., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Гармаш Н.Ю., Чебаненко С.И., Савоськина О.А. Посевные качества семян и ростовые процессы на ранних этапах органогенеза озимой пшеницы в зависимости от обработки их биопрепаратами 36
- Мартынов А.А., Боме Н.А., Юркова В.А., Базюк Д.А. Полевая оценка эффекта обработки семян яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) биологическими препаратами .. 44

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Каррум Р., Гриценко В.В. Видовой состав трипсов (Insecta: Thysanoptera) на селекционных посевах яровой пшеницы в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 57
- Курдюкова О.Н. Семенная продуктивность и жизнеспособность семян сорных растений в различных типах почв 66

ЗООТЕХНИКА, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

- Бисембаев А.Т., Касенов Ж.М., Батанов С.Д., Жали С.Т., Чиндалиев А.Е., Баймуканов Д.А. Возрастная динамика живой массы казахской белоголовой породы мясного скота 81
- Нарожных К.Н. Модели прогнозирования уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота 89
- Шатский К.О., Дюльгер Г.П. Терапевтическая эффективность эстрофантина при псевдобеременности (гидрометре) у коз 104

ЭКОНОМИКА

- Костюкова Е.И., Бобрышев А.Н., Громов Е.И., Авакян В.А. К вопросу об оценке социально-экономического развития сельских территорий на основании стандарта качества жизни 114
- Светлов Н.М. Сокращение азотного питания растений для борьбы с парниковым эффектом: оценка последствий для сельского хозяйства 130

TABLE OF CONTENTS

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE AND ECOLOGY

<i>Lapushkin V.M., Dobrin P.V.</i> Effect of silicon-containing fertilizers on tomato and cucumber yields under conditions of low-volume hydroponics	5
--	---

BOTANY, POMICULTURE

<i>Anishchenko I.E., Zhigunov O.Yu.</i> Biological features of some representatives of the <i>Ocimum</i> genus in the Bashkir Cis-Urals	20
<i>Tukhvatullina L.A.</i> Development features from seeds and seed productivity of the rare Central Asian endemic species <i>Allium backhousianum</i> Regel.....	27

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SELECTION AND SEED BREEDING

<i>Pavlova O.V., Marchenkova L.A., Chavdar' R.F., Orlova T.G., N Garmash Yu., Chebanenko S.I., Savos'kina O.A.</i> Seed quality and growth processes at early stages of winter wheat organogenesis depending on their biological treatment	36
<i>Martynov A.A., Bome N.A., Yurkova V.A., Bazyuk D.A.</i> Field assessment of the result of biological treatment of seeds of spring soft wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	44

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

<i>Karrum R., Gritsenko V.V.</i> Species composition of thrips (Insecta: Thysanoptera) on selection crops of spring wheat in the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy	57
<i>Kurdyukova O.N.</i> Seed productivity and viability of weed seeds in various soil types.....	66

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

<i>Bissembaev A.T., Kasenov Z.M., Batanov S.D., Zhali S.T., Chindaliev A.E., Baymukanov D.A.</i> Age dynamics of the live weight of the Kazakh white-headed breed of beef cattle	81
<i>Narozhnykh K.N.</i> Models for predicting the level of zinc in the muscle tissue of cattle	89
<i>Shatsky K.O., Dyulger G.P.</i> Therapeutic potency of estrophanthin in pseudo-pregnancy (hydrometra) of goats	104

ECONOMY

<i>Kostyukova E.I., Bobryshev A.N., Gromov E.I., Avakyan V.A.</i> On the assessment of socio-economic development of rural areas on the basis of living standards.....	114
<i>Svetlov N.M.</i> Reducing nitrogen nutrition of plants to withstand the greenhouse effect: assessing the impact on agriculture	130

Журнал «ИЗВЕСТИЯ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ»

e-mail: izvtsha@rgau-msha.ru

тел.: (499) 976–07–48

Подписано в печать 13.02.2023 г. Формат 70×100/16 Бумага офсетная

Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная. 9 печ. л.

Тираж 500 экз.

Отпечатано в ООО «ЭйПиСиПублишинг»

127550, г. Москва, Дмитровское ш., д. 45, корп. 1, оф. 8

Тел.: (499) 976–51–84