

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
2020

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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

~~д.э.н., профессор~~ **А.В. Голубев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.э.н., профессор, академик РАН **В.М. Баутин**; д.с.-х.н., профессор **С.Л. Белопухов**;
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. Данаилов**;
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.с.-х.н., профессор **А.В. Исачкин**;
д.б.н., профессор, академик РАН **В.И. Кирюшин**; д.б.н., профессор **В.Н. Корзун** (Германия);
д.в.н., профессор **Р.Т. 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, 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., доцент **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**;
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., д.э.н., доцент **В.П. Чайка**; профессор **В.А. Черников**;
д.т.н., профессор **И.Н. Шило** (Беларусь); д.с.-х.н., профессор **А.С. Шуваринов**;
д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН **Ю.А. Юлдашбаев**

Редакция

Научный редактор – **Р.А. Мигунов**

Редактор – **М.В. Лукьянченко**

Перевод на английский язык – **А.Ю. Алипичев**

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

Журнал входит в перечень
ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базу данных AGRIS
и в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия ТСХА»
размещены в Интернете (<https://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/izdaniia/zhurnal-izvestiia-tskha>)

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020

© Издательство РГАУ-МСХА, 2020

ISSN 0021- 342X

IZVESTIYA

of

Timiryazev Agricultural Academy

Scientific–theoretical Journal
of Russian Timiryazev State Agrarian University

Results of experimental, theoretical and methodical investigations
into different spheres of agricultural science and practice
carried out in various natural–economic zones
of the country are published in the journal

Founded in 1878
6 issues per year

Issue

1

January–February

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2020

EDITOR-IN-CHIEF: Prof. **Vladimir I. Trukhachev**, Dr. of Economics,
Dr. of Agricultural sciences, Member of RAS

ASSISTANT CHIEF EDITOR: Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ)

EDITORIAL BOARD

Prof. **Vladimir M. Bautin**, DSc (Econ), Member of the Russian Academy of Sciences;
Prof. **Sergei L. Belopukhov**, DSc (Ag); **R. Valentini**, Professor Italy;
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio); Prof. **Rafkat S. Gaysin**, DSc (Econ);
Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ); Prof. **S.A. Grikshas**, DSc (Ag);
Prof. **Zh. Danailov**, DSc (Ag) Bulgaria; Prof. **F.S. Dzhalilov**, DSc (Bio); Prof. **D.A. Djukic**, Serbia;
Prof. **N.N. Dubenok**, DSc (Ag), Member of the Russian Academy of Sciences;
Prof. **G.P. Dulger**, DSc (Vet); Prof. **A.A. Ivanov**, DSc (Bio); Prof. **A.V. Isachkin**, DSc (Ag);
Prof. **V.I. Kiryushin**, DSc (Bio), Member of the Russian Academy of Sciences;
Prof. **V.N. Korzun**, DSc (Bio), Germany; Prof. **R.T. Kuzmich**, DSc (Vet), Belarus;
Prof. **Ya.V. Kuzyakov**, DSc (Bio), Germany; Prof. **N.N. Lazarev**, DSc (Ag); Prof. **V.I. Leunov**, DSc (Ag);
Prof. **Vyacheslav M. Lukomets**, DSc (Ag), Member of the Russian Academy of Sciences;
Prof. **D.A. Melnichuk**, DSc (Bio), Member of NASU and NAASU, Ukraine;
R.A. Migunov, PhD (Econ), PhD MSU; **G.F. Monakhos**, PhD (Ag);
Assoc. Prof. **S.G. Monakhos**, DSc (Ag); Prof. **V.D. Naumov**, DSc (Bio);
Prof. **V.A. Panfilov**, DSc (Eng), Member of the Russian Academy of Sciences;
Prof. **S.Ya. Popov**, DSc (Bio); Prof. **N.M. Przhevalskiy**, DSc (Chem);
Prof. **A.K. Radzhabov**, DSc (Ag); Prof. **G.V. Rodionov**, DSc (Ag); Prof. **V.S. Rubets**, DSc (Bio);
Prof. **N.M. Svetlov**, DSc (Econ), Corr. Member of the Russian Academy of Sciences;
Assoc. Prof. **O.V. Selitskaya**, PhD (Bio); Prof. **Aleksandr A. Soloviev**, DSc (Bio);
Prof. **I.G. Tarakanov**, DSc (Bio); Prof. **S.P. Torshin**, DSc (Bio); Prof. **S.V. Fedotov**, DSc (Vet);
Prof. **Lyudmila I. Khrustaleva**, DSc (Bio); Assoc. Prof. **Valeriya P. Chayka**, DSc (Econ);
Prof. **V.A. Chernikov**, DSc (Ag); Prof. **I.N. Shilo**, DSc (Eng), Belarus; Prof. **A.S. Shuvarikov**, DSc (Ag);
Prof. **Yu.A. Yuldashbayev**, DSc (Econ), Corr. Member of the Russian Academy of Sciences

EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **R.A. Migunov**
Editor – **M.V. Luk'yanchenko**
Translation into English – **A.Yu. Alipichev**
Computer design and making-up – **A.S. Lavrova**

The journal is included in the list of both leading scientific journals
and publications under review of VAK (Higher Attestation Commission)

The journal is also included in both AGRIS database
and in Russian index of scientific quoting (RINTS)

Rules of scientific articles typography for publishing in the journal “Izvestiya of TAA” are put on the internet
at this address (<https://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/izdaniia/zhurnal-izvestiia-tskha>)

No fee is charged from postgraduates for publications

© Federal State Budget Establishment of Higher Education –
Russian Timiryazev State Agrarian University, 2020
© Publishing House of Russian Timiryazev Agrarian University, 2020

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ХМАО-ЮГРЫ

Е.А. ЗАРОВ, Д.В. ДУДКИН, О.И. МОРОЗОВА

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

На основе данных наблюдений 53 метеорологических постов за период 2005–2016 гг. выполнен анализ обеспеченности и распределения агроклиматических ресурсов на территории ХМАО-Югры. Установлено, что за прошедшее десятилетие изменение климата для территории округа выразилось в увеличении на 200°C суммы активных температур, превышающих биологический ноль, равный 10°C. Большая, чем наблюдалось ранее, обеспеченность территории теплом обусловлена увеличением периода вегетации на 13–15 дней. Средняя температура самого жаркого месяца не изменилась. Удлинение периода вегетации обусловлено преимущественно более длительным периодом агроклиматической осени, увеличенным в среднем на 9 дней. Сумма отрицательных температур холодного времени года за последнее десятилетие сократилась на 200–400°C, что при сохранении высоты снежного покрова, сделало период покоя для зимовки многолетних насаждений существенно более благоприятным. Установлена тенденция в сторону более равномерного распределения суммы осадков в течение года между тёплым и холодным периодами. Однако избыточное увлажнение в период вегетации, характеризующееся полусухой весной и ростом количества осадков к концу вегетации, сохраняется. На основе проведенных расчетов выполнено агроклиматическое районирование Ханты-Мансийского автономного округа: выделены и определены границы четырех агроклиматических районов округа, описана их обеспеченность агроклиматическими ресурсами, оценен биоклиматический потенциал территории. Показано, что с учётом обеспеченности территории агроклиматическими ресурсами на всей её площади экономически целесообразно развитие агропромышленного комплекса в направлении молочного и молочно-мясного скотоводства, сочетающегося с возделыванием ягодных культур, районированных для территории Западной Сибири.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, Западная Сибирь, ХМАО-Югра, агроклиматическое районирование, таёжная зона, ягодные культуры, животноводство

Введение

Глобальное изменение климата, характеризующееся устойчивым потеплением в северных широтах северного полушария Земли, на протяжении последних 45 лет [5, 13–15, 17], требует коррекции сделанных ранее оценок [2] агроклиматического потенциала таёжной зоны Западной Сибири. Агроклиматическое районирование для Западно-Сибирской равнины, выполненное в конце 60-х годов 20-го века [10], требует существенного пересмотра.

В настоящее время в условиях открытого грунта на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО-Югры) возделываются малотребовательные к обеспеченности теплом овощные культуры [4] с коротким периодом

вегетации. Основной овощной культурой территории является картофель ранних сортов созревания [4], объём производства которого достигает 80% от всей овощной продукции открытого грунта. Основная масса продуктов растениеводства в ХМАО-Югре возделывается домохозяйствами [4], аграрное производство в промышленных масштабах для открытого грунта не развито. Статистическая отчётность на 01.01.2016 г. оценивает 1,6 тыс. га как категорию залежных из числа земель сельскохозяйственного назначения [4]. В сельскохозяйственный оборот на 01.01.2016 г. вовлечено 13,1 тыс. га пашни и 10,5 тыс. га многолетних насаждений [6].

В структуре регионального землепользования прослеживается проблема нерационального использования земельных ресурсов. Причиной этого является некорректная оценка агроэкологических условий региона вследствие интенсивных изменений климатических условий на севере Западной Сибири.

К категории земель сельхозназначения отнесены наиболее плодородные территории пойменно-террасового комплекса бассейна среднего течения р. Обь и её крупных притоков [2]. Почвы данной категории земель сложены аллювиальными дерново-глеевыми почвами на среднем суглинке [2], с массовой долей гумуса 3% и сильнокислой реакцией среды почвенного раствора [2]. Слаборазвитый гумусово-аккумулятивный горизонт (12–18 см), а также длительный период половодья в регионе делают затруднительным их сельскохозяйственное использование [8]. Высокая стоимость мелиоративных вложений на фоне пониженного биоклиматического потенциала делают неоправданно затратным их использование в качестве пашни для зерновых культур, несмотря на достаточность агроклиматических условий уже в третьей четверти 20 века [10]. Автор агроклиматического районирования СССР Д.И. Шашко указывает на успешную возможность перезимовки в климатических условиях ХМАО-Югры таких плодовых культур, как: яблоня полукультурная, слива местных сортов, вишня войлочная. Однако несмотря на положительный опыт возделывания плодово-ягодных культур в условиях домохозяйств, сельское хозяйство округа не получило развития промышленного плодоводства и ягодоводства.

Ревизия и переоценка агроклиматических ресурсов с учетом современных представлений об адаптивно-ландшафтной системе земледелия позволяют оптимизировать сельскохозяйственное использование земель региона [1, 18–20].

Цель исследования – выработать общие рекомендации по развитию сельскохозяйственной деятельности на территории исследования с учётом выявленных авторами новейших изменений агроклиматических условий ХМАО-Югры.

Методика исследований

Работа является продолжением ранее опубликованного исследования, сделанного для одного из административных районов округа [21]. Данная работа методологически выполнена аналогичным образом. В работе использованы данные постов метеонаблюдений за период 2005–2016 гг., находящихся в свободном доступе на сайте компании «Расписание Погоды» (г. Санкт-Петербург) – gr5.ru. В основу всех расчетов положены срочные значения температуры и влажности воздуха, облачности и давления, количества осадков, высоты снежного покрова.

Для исследования были вычислены продолжительности периодов с температурами выше 5, 10, 15°C и от 5 до 15°C (климатическая весна и осень), годовая сумма положительных и отрицательных температур и продолжительность этих периодов. Рассчитаны средние многолетние температуры января и июля, сумма температур и осадков за вегетационный период (со среднесуточными температурами выше 5°C)

и период активной вегетации (температуры выше 10°C и 15°C), годовая сумма осадков и их распределение за тёплый (апрель – октябрь) и холодный периоды. Вычислена величина испаряемости (метод Романенко), коэффициент увлажнения, гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, а также биоклиматический потенциал (БКП), рассчитанный относительно базисной суммы температур в 1000°C, соответствующей границе возможного массового полевого земледелия.

По полученным результатам выполнено зонирование территории округа. Границы агроклиматических поясов проведены по изотерме самого теплого месяца (15°C и 26°C), агроклиматические подпояса подразделены на основании сумм температур воздуха выше 10°C (>1200°C, 1200–1600°C, 1600–2000°C), области – по отношению годовой суммы осадков к величине испаряемости (>2, 2–1, 1–0.5, 0.5–0.3, 0.3–0.25, <0.25), подобласти – по отношению суммы дождевых к снеговым осадкам (>2, 2–1, 1–0.5, 0.5–0.3, 0.3–0.25, <0.25), провинции – по амплитуде температур Н.Н. Иванова (<100, 100–130, 130–165, 165–205, 205–250, >250), районы – по сумме положительных температур (1500–1800°C, 1800–2000°C, 2000–2200°C, 2200–2400°C).

В расчетах использованы метеорологические данные по 53 населенным пунктам в пределах границ ХМАО-Югры и в ближайшем окружении: Александровское, Алтай, Березово, Ванжиль-Кынак, Верещагино, Воркута, Гари, Демьянское, Ивдель, Кургасок, Келлог, Когалым, Корлики, Куминский, Ларьяк, Леуши, Мужы, Надым, Напас, Нижневартовск, Нижнесортимск, Новый Васюган, Ноябрьск, Няксимволь, Октябрьское, Печора, Радужный, Салехард, Салым, Саранпауль, Советский, Сосьва, Средний Васюган, Сургут, Сым, Сытомино, Тарко-Сале, Таурово, Тевриз, Тобольск, Кики, Акки, Толька, Троицко-Печерск, Угут, Уньюган, Усть-Ишим, Усть-Щугор, Халесавэй, Ханты-Мансийск, Шаим, Юильск, Якша, Ярково.

Расчёт показателей производился в приложении R-project. Интерполяция была проведена в SAGA, картографический материал подготовлен в программном обеспечении QGIS.

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты расчёта гидротермического режима свидетельствуют о необходимости пересмотра прежнего районирования, в 2004 году выполненного Е.А. Божилиной, О.В. Соромотиной [2]. Общие закономерности изменений агроклиматических условий за последнее десятилетие обобщены в таблицах 1–2.

За расчётный период на территории ХМАО-Югры установлено повышение суммы активных температур периода вегетации в среднем на 200°C (табл. 1–2, рис. 1). Изменения обусловлены ростом продолжительности (на 13–15 дней) периода вегетации. При этом значение среднемесячных температур июля (самого жаркого месяца) сохраняется неизменным и соответствует среднееголетним значениям (табл. 1–2). Рост обеспеченности теплом вызван увеличением общей продолжительности периода вегетации. Так, климатическая весна и осень (число дней со среднесуточной температурой, изменяющейся в интервале 5–15°C) стали продолжительнее на 9 дней. Климатическое лето (период с температурой воздуха более 15°C) стало продолжительнее на 3–5 дней (рис. 2).

В соответствии с методологией агроклиматического районирования Шашко Д.И. [10] территория ХМАО-Югра по теплообеспеченности относится к умеренному поясу, представленному следующими подпоясами: умеренно-холодный ранних культур (индекс U_{x^1}) с температурной обеспеченностью 1200–1600; среднеранних культур (индекс U_{x^2}) с температурной обеспеченностью 1600–2200 (сумма температур выше 10°C) (рис. 3).

Таблица 1

**Характеристика агроклиматических районов
на основании среднемноголетних метеонаблюдений (2004 г.)**

Показатели		Агроклиматические районы по данным среднемноголетних метеонаблюдений на 2004 г.*			
		I	II	III	IV
Продолжительность периода со средней температурой воздуха выше	5°C	150	140	130	120
	10°C	более 100	100	90	80
Сумма температур	более 5°C	более 1900	1800–1700	1700–1500	1500–1400
Сумма температур	более 10°C	более 1600	1600–1400	1200–1400	1200–1100
Средняя температура месяца, °C	Июль	17,5	16,5	16	15
	Январь	минус 20	минус 21	минус 23,3	минус 24
Снежный покров	средняя из наибольших декадных высот, см	40	50	60	70
Сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха, °C		минус 2200-минус 2400	минус 2400-минус 2600	минус 2800-минус 2900	минус 2900-минус 3000
Сумма осадков	за год	500–550	550–600	600–650	600–650
	май – сентябрь	400–450	400–450	450	450
Продолжительность весны	число дней 5–15°C	45	40	35	35
Продолжительность осени	число дней 15–5°C	46	46	50	50

* – Составлена по Е.А. Божилиной, О.В. Соромотиной [2].

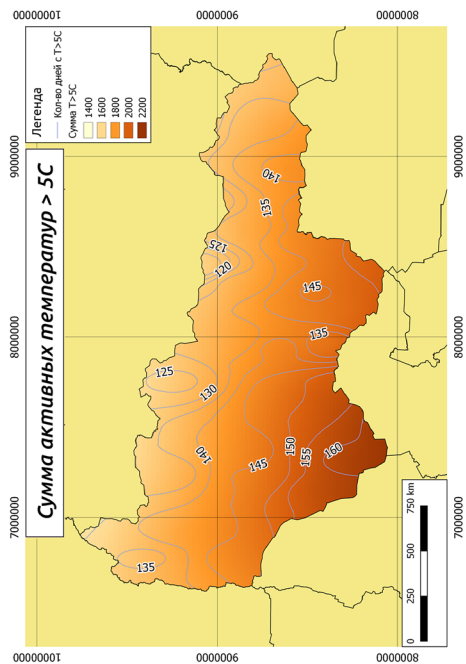
Отмечено увеличение продолжительности периода вегетации до (90–120 дней), что характеризует его как короткий (в рамках используемой методологии районирования). Среднемноголетние метеонаблюдения предыдущих периодов описывали данную территорию как регион с очень коротким периодом вегетации (менее 90 дней) [2].

Сокращение климатической зимы происходит на фоне увеличения продолжительности климатической весны и климатической осени. Все три теплых климатических сезона становятся более продолжительными и равномерно распределенными во времени. Наиболее заметно увеличение продолжительности климатической осени (в среднем на 9 дней). Данные климатические изменения являются положительными для полного развития фенологических фаз многолетними зимующими плодово-ягодными культурами при вступлении ими в период покоя.

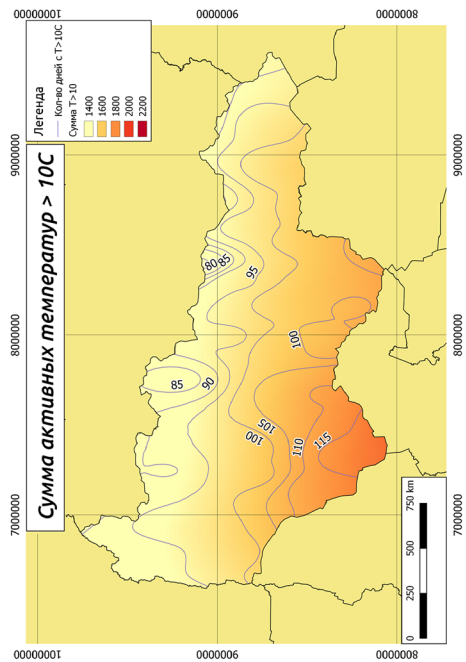
**Характеристика агроклиматических районов
на основании метеонаблюдений за период 2005–2016 гг.**

Показатели		Агроклиматические районы. Районирование по данным метеонаблюдений 2005–2016 гг.			
		I	II	III	IV
Продолжительность периода со средней температурой воздуха выше	5°C	149–175	140–147	130–140	113–125
	10°C	108–130	96–106	83–98	77–88
Сумма температур	более 5°C	2300–2000	2000–1850	1850–1700	1700–1500
Сумма температур	более 10°C	более 1750	1750–1600	1600–1400	1400–1100
Средняя температура месяца, °C	Июль	18,0	17,9	17,2	16,7
	Январь	минус 19,5	минус 21,5	минус 22	минус 24
Снежный покров	средняя из наибольших декадных высот, см	40	50	60	70
Сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха, °C		минус 1700- минус 2350 (минус 2000)	минус 1850- минус 2700 (минус 2300)	минус 1800- минус 3000 (минус 2400)	минус 2600- минус 3200 (минус 3000)
Сумма осадков	за год	340–780 (520)	420–810 (540)	380–810 (550)	470–640 (530)
	май – сентябрь	230–600 (380)	270–540 (370)	260–500 (360)	280–380 (320)
Продолжительность весны	число дней 5–15°C	25–53	43–55	35–56	44–51
Продолжительность осени	число дней 15–5°C	24–53	44–54	35–56	45–52

Тем не менее, установленные количественные изменения, в рамках применяемой методологии агроклиматического районирования Шашко Д.И. [10], не позволяют говорить о существенном изменении характеристики описания типа континентальности климата территории. Климат ХМАО-Югры на большей своей части продолжает сохранять черты среднеконтинентального типа (индекс С) со средней продолжительностью сезонов (индекс С), характеризующегося средней морозоопасностью (индекс M_{cp}) (рис. 4). Лишь северо-восточная часть Нижневартовского района может быть отнесена к очень континентальной провинции (индекс О) с короткой продолжительностью сезонов, характеризующейся очень высокой морозоопасностью (индекс M_o).



а)



б)

Рис. 1. Суммы активных температур выше 5°C (а) и выше 10°C (б)

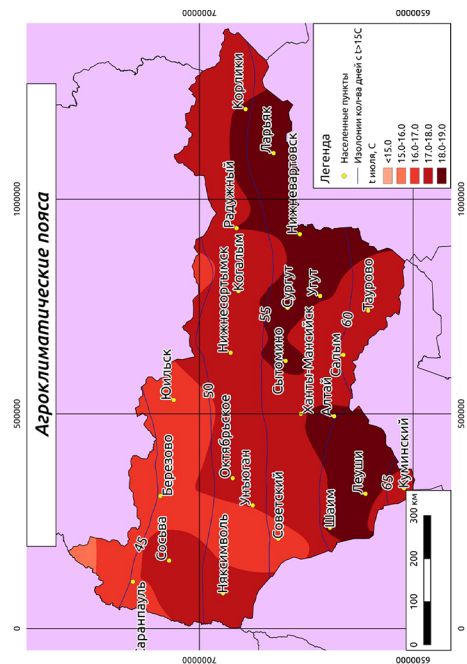


Рис. 2. Агроклиматические пояса ХМАО-Югры

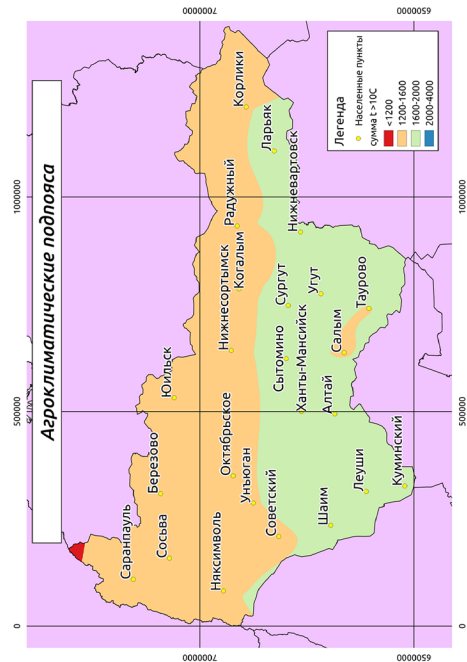


Рис. 3. Агроклиматические подпояса ХМАО-Югры

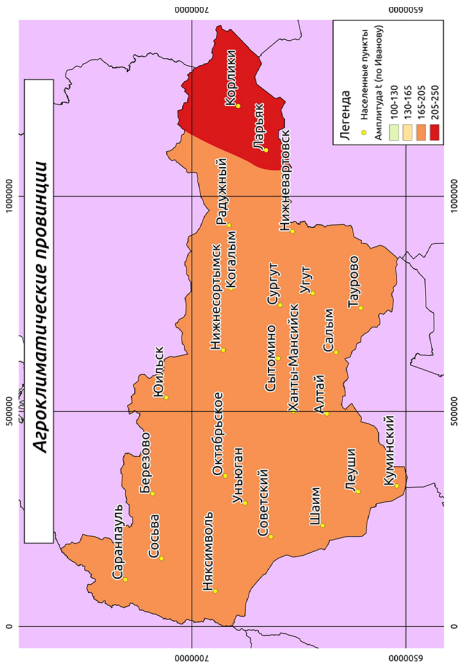


Рис. 4. Агроклиматические провинции ХМАО-Югры

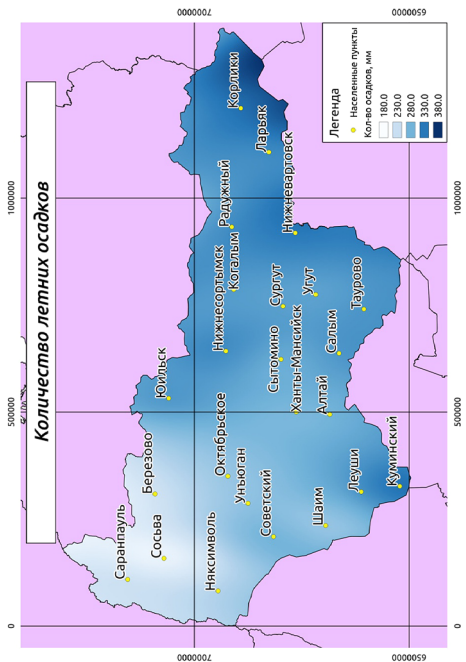


Рис. 6. Осадки периода вегетации

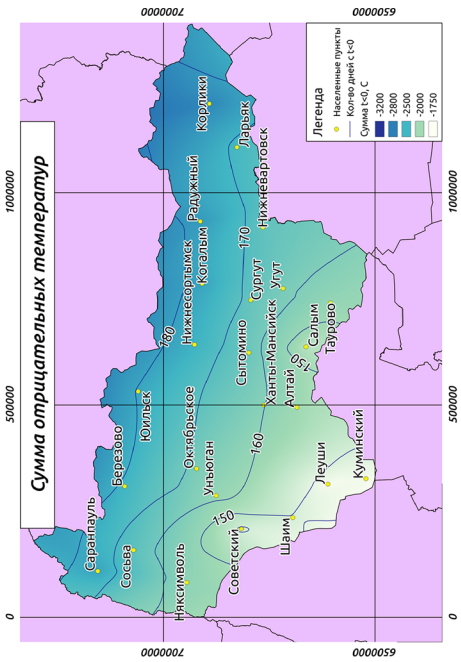


Рис. 5. Суммы температур воздуха ниже 0°C на территории ХМАО-Югры

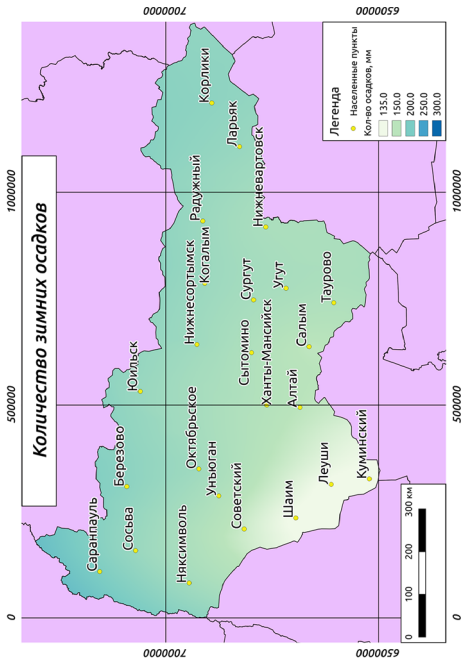


Рис. 7. Осадки холодного периода (ноябрь – март)

Данные изменения обусловлены сокращением средней продолжительности климатической зимы. Одновременно с этим происходит значительное сокращение суммы отрицательных температур холодного периода года на 200–400°С. При этом средняя температура наиболее холодного месяца года сохраняется неизменной (рис. 9). По степени суровости периода покоя зимующих растений климатический сезон можно охарактеризовать как очень холодный (индекс X^3) на всей территории округа (рис. 5). Однако анализ данных высоты снежного покрова последней декады февраля характеризует условия зимовки растений как многоснежные (индекс е). Это существенно сглаживает неблагоприятные условия зимовки многолетних насаждений. Согласно агроклиматическим представлениям проф. Д.И. Шашко [10], подобные сочетания очень холодных и многоснежных условий зимовки не позволяют устойчиво возделывать на территории округа озимые культуры, однако, такие условия позволяют успешно зимовать кустовым формам ягодных культур, полукультурным сортам яблони и груши в штамбовой форме, вишни войлочной, вишни степной, сливово-вишнёвым гибридам, районированным для территории юга Западной Сибири, сланцевым формам крупноплодных яблонь. Сокращение для данных культур периода вынужденного покоя на фоне более продолжительной, чем ранее климатической осени должны способствовать лучшему закаливанию и зимовке интродуцируемых плодово-ягодных культур.

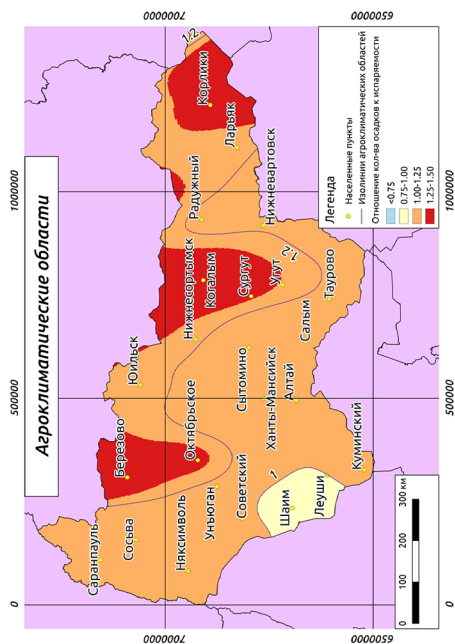
Обеспеченность теплом территории ХМАО-Югры, расположенной в рамках умеренного подпояса, является достаточной для возделывания плодово-ягодных культур с ранними сроками созревания – смородины черной, смородины красной, жимолости съедобной, малины, крыжовника, облепихи крушиновидной, аронии черноплодной, земляники садовой, вишни степной, яблони и груши полукультурной.

Наряду с ростом обеспеченности региона теплом происходят существенные изменения в распределении влагообеспеченности территории в тёплый и холодный сезоны (рис. 6–7).

Так, отношение количества осадков в теплое и холодное время года уменьшилось до величины 1,0–1,2. Подобное отношение ранее было более характерно для Европейской подобласти таежно-лесной области, чем для Западно-Сибирской подобласти, для которой отношение составляло 2–3. Таким образом, по систематике районирования Д.И. Шашко [10] территория ХМАО более соответствует таежно-лесной области достаточного увлажнения Д4 (1) Европейской подобласти, нежели Д4 (2) Западно-Сибирской подобласти, как классифицировалось ранее. Для данного типа увлажнения характерны полусухая весна и первая половина лета с увеличением количества осадков к осени до влажной и избыточно-влажной обстановки. Такой тип увлажнения является неблагоприятным для выращивания и механизированной уборки яровых злаковых культур, однако, способствует развитию аккумулятивно-гумусового горизонта почвы с активным участием почвенных микромицетов и является благоприятным для подготовки кустовых форм ягодных культур и плодовых деревьев к периоду покоя.

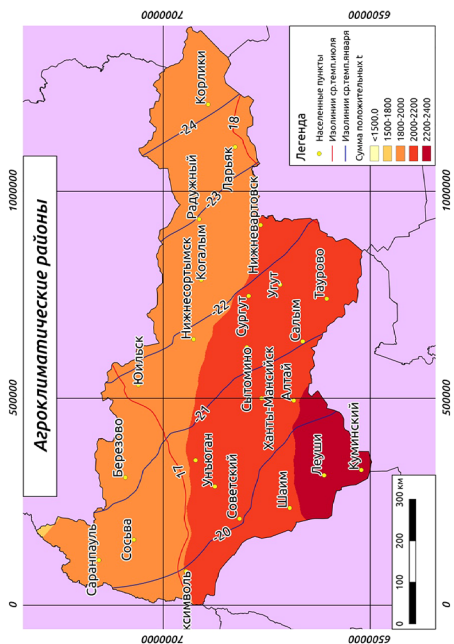
Территория округа по-прежнему относится к области достаточного увлажнения, зоне избыточного увлажнения (рис. 8). Изменений в высоте снежного покрова на последнюю декаду наиболее снежного месяца выявлено не было. Вся территория округа характеризуется как очень многоснежная (индекс е).

Рост обеспеченности теплом региона вносит коррективы в характер распределения агроклиматических зон исследуемой области. Так, выделенный нами агроклиматический район I соответствует достаточно влажной южно-таежной зоне (индекс Г), а районы II, III IV – достаточно влажной среднетаежной зоне (индекс В). По суровости зимы агроклиматические районы I–\$5II можно отнести к Западно-Сибирской агроклиматической провинции (индекс С).



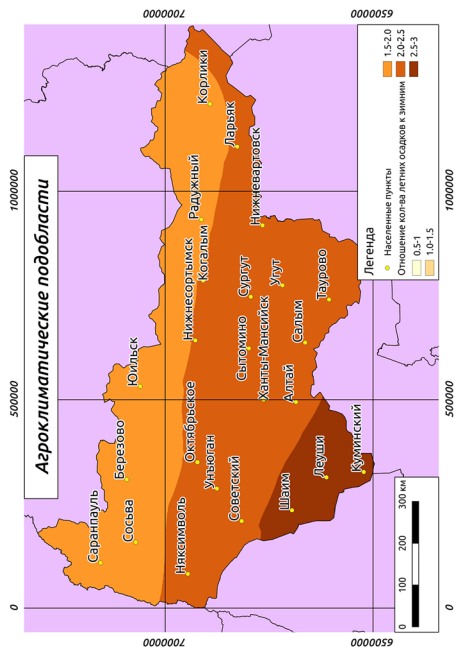
а)

Рис. 8. Агроклиматические области (а) и подобласти (б) ХМАО-Югры

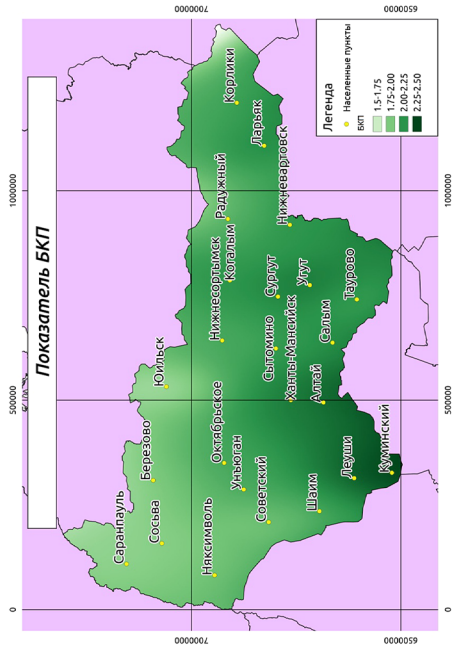


а)

Рис. 9. Агроклиматическое районирование ХМАО-Югры с нанесением изолиний температур самого тёплого и самого холодного месяца года (а) и изолиний биоклиматического потенциала (БКП) (б)



б)



б)

Таким образом, выделенные агроклиматические районы могут быть отнесены к различным агроклиматическим секторам по типам климата (табл. 3, рис. 9).

Таблица 3

Описание выделенных агроклиматических районов по секторам

Район	Индексная формула	Описание
I	$Ух^2$, Г, $Х^3$, е	Сектор умеренного пояса среднеранних культур, влажной южно-таежной зоны, с очень холодной и очень многоснежной зимой
II, III, IV	$Ух^1$, В, $Х^3$, е	Сектор умеренного пояса ранних культур, влажной среднетаежной зоны, с очень холодной и очень многоснежной зимой

Описание выделенных агроклиматических районов представлено в таблице 4.

Таблица 4

Описание агроклиматических районов*

Район	Индексная формула	Описание климата
I	С; $Ух^2$; В; $СХ^3$; е; К; Сп; К; С; $Т^1$; В; С; Ви	Климат среднеконтинентальный (С), по обеспеченности теплом относится к полосе среднеранних культур умеренного пояса ($Ух^2$), а по обеспеченности влагой к влажной зоне (В). Зима средней продолжительности (С), с очень холодной ($Х^3$) и очень многоснежной зимой (е). Весна короткая (К), полусухая (Сп). Лето средней продолжительности, умеренно теплое ($Т^1$), влажное (В). Осень средней продолжительности (С), избыточно влажная (Ви)
II	С; $Ух^1$; Ви; $СХ^3$; е; К; Сп; К; С; $Т^1$; Ви; С; Ви	Климат среднеконтинентальный (С), по обеспеченности теплом относится к полосе ранних культур умеренного пояса ($Ух^1$), а по обеспеченности влагой к избыточно влажной зоне (Ви). Зима средней продолжительности (С), с очень холодной ($Х^3$) и очень многоснежной зимой (е). Весна короткая (К), полусухая (Сп). Лето средней продолжительности, умеренно теплое ($Т^1$), избыточно влажное (Ви). Осень средней продолжительности (С), избыточно влажная (Ви)
III	С; $Ух^1$; Ви; $СХ^3$; е; Ко; Сп; К; С; $П^3$; В; С; Ви	Климат среднеконтинентальный (С), по обеспеченности теплом относится к полосе ранних культур умеренного пояса ($Ух^1$), а по обеспеченности влагой к избыточно влажной зоне (Ви). Зима средней продолжительности (С), с очень холодной ($Х^3$) и очень многоснежной зимой (е). Весна очень короткая (Ко), полусухая (Сп). Лето средней продолжительности, умеренно прохладное ($П^3$), влажное (В). Осень средней продолжительности (С), избыточно влажная (Ви)
IV	С; $Ух^1$; Ви; $СХ^3$; е; Ко; Сп; К; К; $П^3$; Ви; С; Ви	Климат среднеконтинентальный (С), по обеспеченности теплом относится к полосе ранних культур умеренного пояса ($Ух^1$), а по обеспеченности влагой к избыточно влажной зоне (Ви). Зима средней продолжительности (С), с очень холодной ($Х^3$) и очень многоснежной зимой (е). Весна очень короткая (Ко), полусухая (Сп). Лето короткой продолжительности, умеренно прохладное ($П^3$), влажное избыточно (Ви). Осень средней продолжительности (С), избыточно влажная (Ви)

* согласно систематике агроклиматического районирования Д.И. Шашко [10].

Дифференциация в теплообеспеченности агроклиматических районов, выделенных авторами, формирует различный уровень биоклиматического потенциала (БКП)

(рис. 9). В текущем периоде биоклиматическая продуктивность ХМАО-Югры является средней (индекс Ср) и имеет тенденцию к росту до повышенной (индекс Пв) в ближайшие годы. Оценка биоклиматической продуктивности ХМАО-Югры на основе средне-многолетних метеонаблюдений СССР до 1967 года характеризовалась как пониженная (индекс Пн), БКП 1,2–1,6 [10]. Эколого-географическое районирование территории ХМАО-Югры в 2008 г. оценивало БКП на уровне 1,82 [3]. В настоящее время БКП региона по данным расчётов авторов составляет 2,0–2,5 для большей части территории округа.

Численные значения ГТК характеризуют территорию I агроклиматического района как территорию оптимального увлажнения, а II и III районов как территорию избыточного увлажнения почвы при возделывании плодовых и ягодных культур [9]. В этой связи можно рекомендовать залужение междурядий при возделывании штамбовых и кустовых форм плодовых и ягодных культур. При этом избыточная влага почвы будет успешно усваиваться луговой растительностью, оптимум ГТК которой лежит в области 1–2 [7].

Условия увлажнения и теплообеспеченности ХМАО-Югры способствуют быстрому воспроизводству органического вещества (наземной зеленой массы и корней корнеплодов). Иными словами, климатические условия не являются лимитирующими в развитии земледелия на данной территории. Исходя из почвенного описания территории [2], можно предположить, что истинной причиной низкой продуктивности растениеводства является низкое плодородие почв, требующих окультуривания. Поскольку окультуривание дерново-подзолистых почв – это длительный дорогостоящий процесс, то исходя из исторического анализа хозяйственного использования земель с похожими почвенно-климатическими условиями [8, 10], можно порекомендовать для данной территории развитие животноводства в качестве основной отрасли сельского хозяйства. Основой для развития животноводства может стать развитие естественных лугопастбищных угодий. Наибольшего экономического эффекта следует ожидать от молочного и молочно-мясного животноводства. Животноводство может и должно сочетаться с интенсивным развитием промышленного, плантационного ягодоводства и в меньшей степени плодоводства с уширенными междурядьями. Подобная трансформация естественных лесных ландшафтов на старых лесных гарях позволит, по мнению авторов, снизить негативное влияние на микроклимат от естественного обезлесения территории, защитить почвы от ветровой и водной эрозии, способствуя при этом активному естественному накоплению ею гумуса в аккумулятивном горизонте междурядий сада. Основу ассортимента ягодных культур с учётом обеспеченности региона климатическими ресурсами может составить смородина черная, смородина красная, малина садовая, жимолость синяя, облепиха крушиновидная, арония черноплодная.

Заключение

Новейшая оценка агроклиматических условий ХМАО-Югры на основе данных метеонаблюдений последнего десятилетия по 53 метеопостам региона и сопредельных территорий позволяет выделить в округе два агроклиматических сектора и четыре агроклиматических района.

Агроклиматические ресурсы ХМАО-Югры обладают средним биоклиматическим потенциалом (2,0–2,5), позволяющем возделывать сельскохозяйственные однолетние (яровые) и многолетние культуры умеренного пояса.

Агроклиматические ресурсы региона делают экономически целесообразным развитие на территории ХМАО-Югры молочного и молочно-мясного скотоводства, сочетающегося с возделыванием ягодных культур для агроклиматических районов II, III и плодово-ягодных культур для агроклиматического района I на основе сортов, районированных

для Западной Сибири. Обязательным условием для ведения промышленного ягодоводства и плодководства является естественное или искусственное залужение междурядий в многолетних насаждениях кустовых форм ягодных и плодовых культур.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / Под ред. Кирюшина В.И., Иванова А.Л. М.: Росинформагротех, 2005. 794 с.
2. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа Югра. Т. 2 Природа. Экология. // Дикунец В.А., Котова Т.В., Макеев В.Н., Тикунов В.С. (отв. ред.). Ханты-Мансийск: ООО НПФ «ТАЛКА-ТДВ», 2004. 152 с.
3. Большаник П.В. Уровни антропогенной нагрузки и эколого-географическое районирование территории ХМАО-Югры. // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 317. С. 253–257.
4. Валовый сбор сельскохозяйственных культур всех категорий на 01.01.2016 [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу (Тюменьстат): [сайт]. URL: http://khmstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/khmstat/ru/statistics/enterprises/agriculture/ (дата обращения: 04.11.2016 г.).
5. Второй оценочный доклад об изменении климата и их последствий на территории Российской Федерации. Общее резюме. / Под общ. ред. А.В. Фролова. М.: «Госгидромет», 2014. 60 с.
6. Доклад губернатора Комаровой Н.В. об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2015 году [Электронный ресурс] // Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Природнадзор Югры): [сайт]. URL: <http://www.prirodnadzor.admhmao.ru/upload/iblock/b76/doklad-2015.pdf> (дата обращения: 04.11.2016 г.).
7. Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник УдГУ. Сер. Биология, Науки о Земле. 2012. № 2. С. 120–126.
8. Пестряков В.К. Окультуривание почв Северо-Запада. Л.: «Колос», 1977. 343 с.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
10. Шашико Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. М.: «Колос», 1967. 335 с.
11. Bootsma A., Gameda and DW McKenney S. Impacts of potential climate change on selected agroclimatic indices in Atlantic Canada // Canadian Journal of soil science. 2005. vol. 85. N2. pp. 329–343.
12. Carter T.R., Parry M.L., Porter J.H. Climatic change and future agroclimatic potential in Europe // International Journal of Climatology. 1991. vol. 11. N3. pp. 251–269.
13. Fleischer E., Khashimov I., Hölzel N., Klemm O. Carbon exchange fluxes over peatlands in Western Siberia: Possible feedback between land-use change and climate change // Science of the Total Environment. 2016. vol. 545. pp. 424–433.
14. Lissner T.K., Fischer E.M. Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5-°C and 2-°C // Earth system dynamics. 2016. vol. 7. N2. p. 327.
15. Pecl G.T., Araújo M.B., Bell J.D., Blanchard J., Bonebrake T.C. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being // Science. – 2017. vol. 355. N6332. p. 9214.

16. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. 2013.
17. Rezai A., Foley D.K., Taylor L. Global warming and economic externalities // The Economics of the Global Environment. – Springer, Cham, 2016. pp. 447–470.
18. Tchebakova N., Parfenova E., Lysanova G., Shvetsov E., Soja A. An agroclimatic potential in southern Siberia in a changing climate during the XXI century // annual EGU Assembly, Vienna. 2011. pp. 3–8.
19. Tchebakova N.M, Chuprova V.V., Parfenova E.I., Soja A.J., Lysanova G.I. Evaluating the agroclimatic potential of Central Siberia // Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia. – Springer, Cham, 2016. pp. 287–305.
20. Давыденко О.В. Агроклиматическое районирование Белоруссии в условиях изменения климата // Вестник Белорусского Государственного Университета. Серия 2. Химия. Биология. География. 2009. № 1. С. 106–111.
21. Заров Е.А., Дудкин Д.В. Агроклиматические ресурсы Нижневартовского района ХМАО-Югры // Вестник Югорского государственного университета. 2016. Выпуск 3(42). С. 37–42.

AGROCLIMATIC RESOURCES OF KHMAD–YUGRA REGION

YE.A. ZAROV, D.V. DUDKIN, O.I. MOROZOVA

Yugra State University

The authors made assessment of agroclimatic resources in KhMAO–Yugra based on observed meteorological data obtained from 53 meteorological posts over the period of 2005–2016. It was found that the climate change on the territory of KhMAO has resulted in an increase of 200°C in the sum of active temperatures (above the base growth that equals 10°C) over the past decade. These changes are caused by the prolonged growing season by 13–15 days. The average temperature of the hottest month has not been changed. The longer vegetation period can be mainly due to a longer climatic autumn that increased by an average of 9 days. The sum of negative temperatures in the cold season over the past decade has increased by 200–400°C, while maintaining the height of the snow cover. This fact made the rest period significantly more favorable for the over-wintering of perennial plants. There is a trend towards more even distribution of the precipitation amount between the warm and cold seasons. However, there remains excessive moisture during the growing season characterized by semi-arid spring and the steady growth of hydration dynamics towards the end of the growing season. Based on the analysis made, the authors performed agroclimatic zoning: determined and identified the boundaries of the four agro-climatic areas of the district; provided detailed description of their agro-climatic resources; and evaluated the bioclimatic potential of the territory of the Khanty-Mansi Autonomous District and its agro-climatic regions. It is shown that due to the regionally available agroclimatic resources it is economically feasible to develop dairy and dairy-meat cattle breeding, combined with the cultivation of crops zoned for the territory of Western Siberia.

Key words: agro-climatic resources, Western Siberia, KhMAO–Yugra, agroclimatic zoning, taiga zone, berry crops, livestock breeding

References

1. Agroekologicheskaya otsenka zemel', proyektirovaniye adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologiy [Agroecological assessment of land, designing adaptive-landscape systems of agriculture and agricultural technologies] / Ed. by Kiryushin V.I., Ivanov A.L. M.: Rosinformagrotekh, 2005: 794. (In Rus.)

2. Atlas Khanty-Mansiogo avtonomnogo okruga Yugra. T. 2 Priroda. Ekologiya [Atlas of the Khanty-Mansi Autonomous Region – Yugra. Vol. 2 Nature. Ecology]. // Dikunets V.A., Kotova T.V., Makeyev V.N., Tikunov V.S. (main editor). Khanty-Mansi: OOO NPF “TALKA-TDV”, 2004:152.

3. *Bol'shanik P.V.* Urovni antropogennoy nagruzki i ekologo-geograficheskoye ratsionirovaniye territorii KHMAO – Yugry [Levels of anthropogenic load and ecological-geographical rationing of the territory of Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra]. // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2008; 317: 253–257. (In Rus.)

4. Valoviy sbor sel'skokhozyaystvennykh kul'tur vseh kategoriy na 01.01.2016 [Gross harvest of crops of all categories on 01.01.2016] [Electronic resource] // Office of the Federal State Statistics Service for the Tyumen Region, the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous District (Tyumenstat): [website]. URL: http://khmstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/khmstat/ru/statistics/enterprises/agriculture/ (access date: 04.11.2016). (In Rus.)

5. Vtoroy otsenochnyy doklad ob izmenenii klimata i ikh posledstviy na territorii Rossiyskoy Federatsii. Obshcheye rezyume. [Second assessment report on climate change and its effects on the territory of the Russian Federation. General summary] / Ed. by A.V. Frolov. M.: “Gosgidromet”, 2014: 60. (In Rus.)

6. Doklad gubernatora Komarovoy N.V. ob ekologicheskoy situatsii v Khanty-Mansiom avtonomnom okruge – Yugre v 2015 godu [Report of the Governor N. Komarov on the environmental situation in the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra in 2015] [Electronic resource] // Monitoring and Supervision Service in the field of environmental protection, wildlife and forest relations of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra (Natural Supervision of Ugra):: [website]. URL: <http://www.prirodnadzor.admhmao.ru/upload/iblock/b76/doklad-2015.pdf> (access date: 04.11.2016). (In Rus.)

7. *Perevedentsev Yu.P., Sharipova R.B., Vazhnova N.A.* Agroklimaticheskiye resursy Ul'yanovskoy oblasti i ikh vliyaniye na urozhaynost' zernovykh kul'tur [Agroclimatic resources of the Ulyanovsk region and their impact on the yield of grain crops] // Vestnik UdGU. Ser. Biologiya, Nauki o Zemle. 2012; 2: 120–126. (In Rus.)

8. *Pestryakov V.K.* Okul'turivaniye pochv Severo-Zapada [Cultivation of the North-West soils]. L.: “Kolos”, 1977: 343. (In Rus.)

9. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops] / Ed. by Ye.N. Sedov and T.P. Ogol'tsova. Orel: VNIISPK, 1999: 608. (In Rus.)

10. *Shashko D.I.* Agroklimaticheskoye rayonirovaniye SSSR [Agroclimatic zoning of the USSR]. M.: “Kolos”, 1967: 335. (In Rus.)

11. *Bootsma A., Gameda and DW McKenney S.* Impacts of potential climate change on selected agroclimatic indices in Atlantic Canada // Canadian Journal of soil science. 2005; 85; 2: 329–343. (In English)

12. *Carter T.R., Parry M.L., Porter J.H.* Climatic change and future agroclimatic potential in Europe // International Journal of Climatology. 1991; 11; 3: 251–269. (In English)

13. *Fleischer E., Khashimov I., Hölzel N., Klemm O.* Carbon exchange fluxes over peatlands in Western Siberia: Possible feedback between land-use change and climate change // Science of the Total Environment. 2016; 545; 424–433. (In English)

14. *Lissner T.K., Fischer E.M.* Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5°C and 2°C // Earth system dynamics. 2016; 7; 2: 327. (In English)

15. *Pecl G.T., Araújo M.B., Bell J.D., Blanchard J., Bonebrake T.C. et al.* Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being // Science. – 2017; 355; 6332: 9214. (In English)

16. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. 2013. (In English)
17. *Rezai A., Foley D.K., Taylor L.* Global warming and economic externalities // *The Economics of the Global Environment*. – Springer, Cham, 2016: 447–470. (In English)
18. *Tchebakova N., Parfenova E., Lysanova G., Shvetsov E., Soja A.* An agroclimatic potential in southern Siberia in a changing climate during the XXI century // *annual EGU Assembly, Vienna*. 2011; 3–8. (In English)
19. *Tchebakova N.M, Chuprova V.V., Parfenova E.I., Soja A.J., Lysanova G.I.* Evaluating the agroclimatic potential of Central Siberia // *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia*. – Springer, Cham, 2016: 287–305. (In English)
20. *Davydenko O.V.* Agroklimateskoye rayonirovaniye Belorussii v usloviyakh izmeneniya klimata [Agroclimatic zoning of Belarus in the context of climate change] // *Vestnik Belorusskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Series 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2009; 1: 106–111. (In Rus.)
21. *Zarov Ye.A., Dudkin D.V.* Agroklimateskiye resursy Nizhnevertovskogo rayona KHAMAO-Yugry [Agroclimatic resources of the Nizhnevertovsk region of the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra] // *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016; 3(42): 37–42. (In Rus.)

Заров Евгений Андреевич, научный сотрудник НОЦ – кафедра ЮНЕСКО «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата». Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет». Юридический адрес: 628012, Российская Федерация, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д. 16. Электронный адрес: zarov.evgen@yandex.ru.

Дудкин Денис Владимирович, доцент, кандидат химических наук, доцент. Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». Юридический адрес: 628412, Российская Федерация, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, проспект Ленина, д. 1. тел.: +7-892-515-39-72. Электронный адрес: dvdudkin@rambler.ru.

Морозова Олеся Ивановна, аспирант 3-го года обучения направление: 05.06.01 Науки о Земле, профиль: Геоэкология (по отраслям). Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет». Юридический адрес: 628012, Российская Федерация, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д. 16. Электронный адрес: morozova1980@bk.ru.

Yevegny A. Zarov, Research Associate, UNESCO Chair “Environmental Dynamics and Global Climate Changes”, Yugra State University. 628012, Russian Federation, Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra, Khanty-Mansiysk, Chekhov Str., 16. e-mail: zarov.evgen@yandex.ru.

Denis V. Dudkin, Associate Professor, PhD (Chem), Associate Professor, Surgut State University; 628412, Russian Federation, Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra, Surgut, Lenina Ave., 1. e-mail: dvdudkin@rambler.ru.

Olesya I. Morozova, 3rd-year post-graduate student, Yugra State University. 628012, Russian Federation, Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra, Khanty-Mansiysk, Chekhov Str., 16. e-mail: morozova1980@bk.ru

ОБОСНОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАЛИЙНЫХ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ГИБРИДЫ ПЕКИНСКОЙ КАПУСТЫ

В.А. ДЁМИН¹, В.А. РОДИОНОВ^{1,2}

(¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; ²ИФР РАН)

В условиях дерново-подзолистой тяжёлосуглинистой почвы при высоком содержании легкогидролизуемого N и очень высоком содержании подвижных форм P_2O_5 и K_2O внесение N80–120 под пекинскую капусту позволило получить урожай кочанов гибридов F_1 Ника – 22–35 т/га, F_1 Нежность – 28–51 т/га, а продуктивность зелёной массы составила 48–64 и 49–72 т/га соответственно; внесение N120K120–720 давало урожайность кочанов – 26–65 т/га, а продуктивность зелёной массы – 52–102 т/га. Максимальный средний урожай кочанов и продуктивность зелёной массы отмечены при внесении N120K720–49 и 84 т/га, а F_1 Нежность при N120K360–52 и 74 т/га соответственно. Внесение азотных и калийных удобрений лучше сказывалось на продуктивности F_1 Ника, чем на F_1 Нежность. Натриевое удобрение (60 кг/га) не влияло на урожай капусты, а обработка растений F_1 Нежность в фазу формирования кочана 5% раствором аскорбиновой кислоты увеличило урожайность кочанов на 7 т/га. Определены: содержание нитратов в кочанах – 150–2010 мг/кг, сухого вещества в основной и побочной продукции – 3,7–8,9% от сырой массы; азот (1,8–4,3% на абсолютно сухую массу), фосфор (1,3–1,8% на абсолютно сухую массу), калий (4,2–7,7% на абсолютно сухую массу), доля нитратного азота в общем (8–24%); вынос элементов питания при разной продуктивности – 1,4–1,9 кг N, 0,7–1,0 P_2O_5 , 2,6–3,8 кг на 1 т зелёной массы K_2O , коэффициенты использования легкогидролизуемого N (20–30%), подвижных форм P_2O_5 (1–2%) и K_2O (10–15%) из почвы, азота (39–59%) и калия (8–66%) из удобрений. Гибрид F_1 Нежность в 1,3 раза больше накапливал нитратов, чем F_1 Ника. Доза N80 увеличивала содержание нитратов – в 1,3–1,4 раза, а N120 у гибрида F_1 Нежность – ещё в 1,3 раза. Наибольшее их содержание (750–2010 мг/кг) было при дозах N120K120–360. Натрий (60 кг/га) и подкормка 5% аскорбиновой кислотой не оказывали влияния на содержание нитратов в продукции.

Ключевые слова: азот, фосфор, калий, натрий, аскорбиновая кислота, пекинская капуста, нитраты, удобрение, вынос, сухое вещество.

Введение

В нашей стране агрохимических исследований с пекинской капустой проведено пока мало [1–7]. Такие исследования особенно актуальны для новых гибридов, выведенных на Селекционной станции им. Н.Н. Тимофеева в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, устойчивых к киле и цветущности [8]. В литературе слабо отражен вопрос выноса элементов питания и коэффициенты их использования из почвы и минеральных удобрений [9]. Задачей исследования являлось выявление оптимальных доз совместного применения азотных и особенно калийных удобрений под гибриды пекинской капусты (калиелюбивая культура) в условиях Центрального района Нечернозёмной зоны на высококультуренной дерново-подзолистой почве. С целью улучшения азотного питания растения и снижения содержания нитратов в продукции в 2015 году были апробированы два новых подхода к улучшению азотного метаболизма в растении и усилению продукционного процесса.

В первом случае вместе с удобрением N80 применялся Na60 в форме хлористого натрия. Можно ожидать, что внесение натрия может способствовать лучшему

использованию растением аммиачного азота, чем нитратного [10]. В последние годы в отечественной литературе начали отмечать положительное действие хлористого натрия как удобрения пойменных трав [11] и зерновых культур [12]. В качестве аргументов о необходимости такого удобрения утверждается, что натрий является обязательным компонентом цитозоля растений, играет важную роль в поддержании кислотно-щелочного равновесия, регулирует осмотическое давление и влияет на содержание воды в тканях. На важен для жизнедеятельности человека и животных. Его недостаток приводит к проблемам с аппетитом, вялости и плохому усвоению пищи [11, 13–15]. Отмечается, что внесение натриевых удобрений на пастбищах повышает поступление магния в растения, нормализует соотношение натрия и калия, улучшает качество травостоя. Несмотря на известное токсическое действие избытка хлора на растения, в малых дозах он способствует их росту и развитию, участвует в энергетическом обмене, активируя окислительное фосфорилирование, и способствует поглощению корнями соединений калия, кальция и магния, необходим для образования кислорода в процессе фотосинтеза [11–17].

Второй подход с опрыскиванием растений 5% раствором аскорбиновой кислоты на фоне 80 кг/га азота через месяц после посадки в фазе формирования кочана. Давно известно, что аскорбиновая кислота в растениях – мощный восстановитель [18], который принимает участие в восстановлении нитратов [19, 20]. Кроме того, она может участвовать в биохимических превращениях, лежащих в основе роста и развития растений [19, 21–24] за счёт роста корней [18, 24–27], стимуляции растяжения и морфогенеза клетки [19, 29]. Поэтому экзогенное её внесение может поспособствовать снижению содержания нитратов в продукции и повышению урожайности. Механизм действия аскорбиновой кислоты на рост может быть весьма многогранным. С одной стороны, она участвует в работе кодирующего механизма клетки [19, 21, 30]. С другой стороны, её действие может быть опосредовано через ауксины. Аскорбиновая кислота может тормозить окисление индолилуксусной кислоты, катализируемой пероксидазой, возможно прямо связываясь с ИУК, выступая конкурентным ингибитором пероксидазы, защищая ИУК от разрушения [19, 31]. Существует версия, что специфическая активность ауксинов сама является результатом их первичного воздействия на ИУК [19, 32]. Кроме этого аскорбиновая кислота играет роль антиоксиданта в адаптации к стрессовым воздействиям окружающей среды или биосинтезе аскорбата [18], оказывает влияние на азотистый обмен в [19, 33]. Аскорбиновая кислота необходима для биосинтеза оксипролинсодержащих белков в растениях [19, 34, 35].

Методика исследований

Исследования проводились в 2012 и 2015 гг. в полевых опытах учебно-научного центра «Овощная опытная станция имени В.И. Эдельштейна» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на дерново-подзолистой тяжёлосуглинистой высокоокультуренной почве. Участки, на которых ставились опыты, ежегодно менялись. Агрохимические характеристики пахотного слоя (0–20 см): содержание органического вещества (по Тюрину) – 6,3–6,5%, рН солевой вытяжки – 6,6–6,8; гидролитическая кислотность (по Каппену) – 1,2–1,3 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощённых оснований (по Каппену – Гильковицу) – 26,7–27,8 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 95–96%; содержание легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Кононовой) – 80–140 мг/кг почвы; подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) соответственно – 710–840 и 340–390 мг/кг почвы. Объектами исследований были гибриды *F₁* пекинской капусты: Ника и Нежность. Ежегодно опыт имел по 7 вариантов в 4-кратной повторности. Общая площадь делянки составляла в 2012 г. – 10,1 м²,

в 2015 г. – 15,0, а учётная – 5,8–9,6 м². Высадка растений в поле проводилась по схеме 60×40 см. Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. N80 – в основное; 3. N120 – в основное; 4А. (только в 2015 г.) – под гибрид *F₁* Ника – N80Na60 – в основное, под гибрид *F₁* Нежность – N80 – в основное + подкормка 5% раствором аскорбиновой кислоты; 4Б. (только в 2012 г.): Контроль 2 (без удобрений); 5. N120K120Mg13 – в основное; 6. N120K360Mg40 – в основное; 7. N120K720Mg80 – в основное. В 2012 году опыт состоял из двух участков: на первом располагались варианты с дозами азота (2, 3), на втором с дозами калия (5, 6, 7) – при фоновой дозе N120. В связи с некоторыми отличиями в плодородии участков возникла необходимость введения для вариантов 5–7 второго контрольного варианта – 4Б (без внесения удобрений). В 2015 году все варианты были на одном участке, а на 4А варианте изучались 2 агроприёма, которые могли бы способствовать лучшему восстановлению нитратов в листьях. У гибрида *F₁* Ника изучалось действие хлористого натрия на величину и качество продукции пекинской капусты (N80Na60). А у *F₁* Нежность на фоне внесения N80 изучалось действие обработки листьев в фазу формирования кочана опрыскиванием 5% раствором аскорбиновой кислоты как восстановителя нитратов.

Из азотных минеральных удобрений в опыте применяли аммиачную селитру; из калийных – калимаг, из натриевых – хлористый натрий. Основное удобрение вносилось под фрезерование после вспашки – 18 июля в 2012 году и 10 июля в 2015 году.

В 2012 г. пекинскую капусту на рассаду сеяли 2–3 июля, высаживали в открытый грунт – 23 июля, а в 2015 г. – соответственно 19–22 июня и 13–14 июля. 18, 20, 23 июля 2012 года рассаду подкармливали 0,1% раствором азофоски. В 2012 году перед высадкой рассады на поле её обработали 0,05% раствором Конфидора от поражения сосущими и грызущими вредителями, а в 2015 году опрыскивание проводилось не только перед высадкой в грунт, но и в течение месяца после неё. Проводились рыхление междурядий и прополка сорняков. В 2015 году сразу после посадки поле опрыскивалось 0,4% раствором Бутизана против сорняков. По мере необходимости применялся полив из шланга со следующими разовыми нормами расхода воды: 27.07.2012–4,4 л/м², 29.07.2012–6,7 л/м², 4.08.2012–8,3 л/м². Уборку и учёт урожая проводили сплошным методом. В 2012 г. они были проведены в начале ноября, а в 2015 г. – в конце сентября – начале октября. Для определения показателей качества во время уборки на образцы отбирали по 5 растений с делянки. В сырой массе основной продукции определяли нитраты (иономером И-500) и сухое вещество. Последний показатель был определён и в побочной продукции. В образцах сухого вещества в 2012 г. определялся аммонийный (по Кьельдалю) и нитратный (иономером И-500 с предварительным фильтрованием экстракта [36, 37]) азот, фосфор (по Мерфи–Райли) и калий (на пламенном фотометре). Математическую достоверность полученных результатов рассчитывали методом дисперсионного анализа на IBM PC с помощью программы STRAZ.

Результаты и их обсуждение

В среднем за годы исследований урожайность кочанов на контроле составила 15–25 т/га (табл. 1). Внесение азотных удобрений в дозе 80 кг действующего вещества на 1 га увеличивало урожайность пекинской капусты в 1,4–1,6 раза по сравнению с контролем и позволило получить урожайность кочанов гибрида *F₁* Ника 23 т/га, а гибрида *F₁* Нежность – 33 т/га. Доза азота 120 кг/га в 3 варианте повышала урожайность кочанов по сравнению с 2 вариантом на 9–10 т/га. Добавление K120 к N120 увеличило урожайность кочанов гибрида *F₁* Ника в 1,2 раза, а урожайность *F₁* Нежность при этом не изменилась. Максимальная урожайность кочанов была достигнута

при совместном применении калийных и азотных удобрений: у гибрида F_1 Нежность в 6 варианте – 52 т/га, а у F_1 Ника в 7 варианте – 49 т/га.

Таблица 1

Урожайность кочанов и зелёной массы, т/га

Год	Вариант								НСР ₀₅ общее	Ошиб- ка опыта, %
	1	2	3	4А	4Б	5	6	7		
гибрид F ₁ Ника										
2012	$\frac{12,0}{32,6}$	$\frac{21,6}{48,4}$	$\frac{35,4}{64,1}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{21,2}{46,6}$	$\frac{42,3}{78,2}$	$\frac{42,0}{79,7}$	$\frac{65,1}{101,8}$	$\frac{5,5}{6,0}$	$\frac{5,4}{3,1}$
2015	$\frac{17,4}{36,5}$	$\frac{26,0}{48,3}$	$\frac{29,1}{47,8}$	$\frac{23,5}{46,5}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{36,6}{63,9}$	$\frac{26,2}{51,7}$	$\frac{33,4}{66,1}$	$\frac{9,1}{15,5}$	$\frac{11,2}{10,1}$
В среднем	$\frac{14,7}{34,6}$	$\frac{23,4}{48,4}$	$\frac{32,3}{56,0}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{39,5}{71,1}$	$\frac{34,1}{65,7}$	$\frac{49,3}{84,0}$	$\frac{7,4}{10,9}$	$\frac{8,4}{6,6}$
НСР ₀₅ по вариантам удобрения						$\frac{2,8}{4,1}$	НСР ₀₅ по году			$\frac{5,2}{7,7}$
гибрид F ₁ Нежность										
2012	$\frac{24,2}{42,2}$	$\frac{36,8}{61,5}$	$\frac{51,4}{71,7}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{25,4}{44,9}$	$\frac{48,5}{71,3}$	$\frac{58,4}{83,5}$	$\frac{54,2}{76,6}$	$\frac{5,4}{6,1}$	$\frac{4,2}{3,2}$
2015	$\frac{21,5}{43,1}$	$\frac{28,4}{48,7}$	$\frac{34,5}{52,1}$	$\frac{34,9}{51,9}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{35,7}{53,3}$	$\frac{45,2}{64,2}$	$\frac{43,5}{62,3}$	$\frac{3,6}{4,5}$	$\frac{3,5}{2,8}$
В среднем	$\frac{22,9}{42,7}$	$\frac{32,6}{55,1}$	$\frac{43,0}{61,9}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{42,1}{62,3}$	$\frac{51,8}{73,9}$	$\frac{48,9}{69,5}$	$\frac{4,6}{5,2}$	$\frac{4,1}{3,1}$
НСР ₀₅ по вариантам удобрения						$\frac{1,7}{2,0}$	НСР ₀₅ по году			$\frac{3,2}{3,7}$

Примечание. Над чертой – урожайность кочанов (основной продукции), под чертой – урожайность зелёной массы (суммы основной и побочной продукции).

Весьма значительная часть зелёной массы пекинской капусты, которая не сформировалась в кочан образует побочную продукцию. Урожай побочной продукции гибрида F_1 Нежность был на уровне 17–25 т/га, а у гибрида F_1 Ника – 19–29 т/га и практически не изменялся от метеорологических условий года и доз азотных удобрений, однако калийные удобрения давали прибавку урожая только гибрида F_1 Ника в среднем от 8 (120К) до 12 т/га (720К).

Суммарная продуктивность зелёной массы пекинской капусты состояла из урожайности основной (кочаны) и побочной продукции. В среднем на контроле она составила 35–47 т/га (табл. 1). Применение дозы N80 увеличивало урожайность суммы основной и побочной продукции в 1,3–1,4 раза по сравнению с контролем и позволило получить суммарный урожай гибридов F_1 : Ника – 48 т/га, а Нежности – 55 т/га. Увеличение дозы азота до 120 кг/га увеличило продуктивность зелёной массы ещё в среднем в 1,1–1,2 раза. Добавление калия повысило суммарную продуктивность F_1 Ника ещё

на четверть. Максимальная урожайность суммарной продукции у гибрида F_1 Нежность была достигнута в 6 варианте – 74 т/га, а у гибрида F_1 Ника в 7 варианте – 84 т/га.

С повышением доз вносимых азотных удобрений увеличивалась доля кочанов в суммарной продуктивности в среднем с 42 до 58% у гибрида F_1 Ника и с 54 до 72% у F_1 Нежности. Соотношение побочной продукции к основной, напротив, сильно понижалось: с 1,0 до 0,4 у F_1 Нежности и с 1,9 до 0,7 у F_1 Ники.

Применение хлорида натрия в 4А варианте под гибрид F_1 Ника в 2015 году не способствовало увеличению урожайности как кочанов, так и всей зелёной массы. Опрыскивание растений гибрида F_1 Нежность 5% раствором аскорбиновой кислоты увеличивало урожайность кочанов на 7 т/га по сравнению с 2 вариантом. Можно предположить, что аскорбиновая кислота способствовала восстановлению нитратов до аммиака в листьях растений. К сожалению, это данные только одного года. Мы предполагаем это проверить в своих будущих исследованиях.

С возрастанием доз вносимого азота и особенно калия отмечалась тенденция к снижению содержания сухого вещества (табл. 2). В среднем основная продукция гибрида F_1 Ника накапливала 5,4–6,4% сухого вещества, с колебаниями по годам от 5,0 до 6,6%, а побочная продукция содержала от 4,8 до 8,9% (в среднем 5,9–8,3%). Кочаны гибрида F_1 Нежность накапливали в среднем 3,9–4,6% сухого вещества, а побочная продукция – 5,0–6,8%, с колебаниями по годам от 3,7 до 4,9 и от 4,6 до 7,0% сухого вещества соответственно. Таким образом, гибрид F_1 Ника больше накапливал сухого вещества, примерно в 1,3 раза.

Гибрид F_1 Нежность отличался большей нитратонакапливающей способностью, чем F_1 Ника (табл. 2). F_1 Нежность на контроле в среднем содержал 750 мг/кг нитратов, а гибрид F_1 Ника – в 1,3 раза меньше – 580 мг/кг. При внесении N80 содержание нитратов увеличивалось в 1,3–1,4 раза. Повышение дозы азота до 120 кг не сказывалось на содержании нитратов в кочанах F_1 Ника, а у F_1 Нежность – возрастало в 1,3 раза. Подкормка аскорбиновой кислотой гибрида Нежность и внесение под Нику хлорида натрия не повлияло на содержание нитратов. Калийные удобрения также не снижали содержание нитратов, а даже, напротив, увеличивали его в 1,6 раза уже при дозе калия 120 кг/га. На этих вариантах (5, 6) было зафиксировано максимальное их содержание – 750–2010 мг/кг. Содержание нитратов на удобренных вариантах в среднем было на уровне 730–1220 мг/кг сырой массы у F_1 Ника и 950–2000 мг/кг у F_1 Нежности, что в пределах ПДК (2000 мг/кг сырой массы [38]).

Содержание азота, фосфора и калия в 2012 г. в кочанах гибрида F_1 Ника находилось в пределах 2,3–3,1; 1,3–1,7; 4,2–6,4% на абсолютно сухую массу, а в побочной продукции – 1,8–3,0; 1,3–1,5; 5,4–6,8% а.с.м. соответственно (табл. 3). В основной продукции F_1 Нежности содержалось 3,2–4,3 N; 1,6–1,8 P_2O_5 ; 5,0–6,8% а.с.м. K_2O , а в побочной продукции соответственно – 2,8–4,2; 1,4–1,7; 6,0–7,7% а.с.м. С увеличением дозы вносимого азота проявлялась тенденция к повышению содержания азота в сухом веществе. Доля нитратного азота в общем его содержании в основной продукции составляла от 13 до 19% (табл. 3). В побочной продукции доля нитратов была не много больше – 8–24%.

В 2012 г. с увеличением доз азота снижался его вынос единицей основной продукции с учётом побочной у гибрида F_1 Ника с 4,4 до 3,1 кг (табл. 4), фосфора с 2,8 до 1,6 кг, а калия с 11,1 до 5,7 кг. Вынос же этих питательных элементов гибридом F_1 Нежность снижался менее интенсивно: с 2,9 до 2,5 кг N, с 1,5 до 1,1 кг P_2O_5 и с 5,6 до 3,6 кг K_2O . Вынос элементов питания единицей основной продукции с учётом побочной у пекинской капусты имел сильно варьирующие значения, во многом из-за преобладания в суммарной биомассе доли побочной продукции, а также большой вариабельности доли кочанов. Поэтому при расчёте доз минеральных удобрений лучше

использовать величины выноса элементов питания 1 т пекинской капусты в пересчёте на всю зелёную массу. Вынос азота для 1 т зелёной массы составил у гибридов F_1 : Ника – 1,4–1,8 кг, Нежность – 1,6–1,9 кг (табл. 4). Вынос фосфора составил у гибридов F_1 : Ника – 0,8–1,0 кг/т, Нежность – 0,7–0,9 кг/т. Вынос калия, соответственно: 3,1–3,8; 2,6–3,3 кг/т.

Таблица 2

**Содержание нитратов в кочанах и сухого вещества
в основной и побочной продукции**

Вариант	Сухое вещество, %						Нитраты, мг/кг		
	продукция								
	побочная			основная					
	2012	2015	в сред- нем	2012	2015	в сред- нем	2012	2015	в сред- нем
1	$\frac{7,7}{6,7}$	$\frac{8,9}{6,8}$	$\frac{8,3}{6,8}$	$\frac{6,4}{4,4}$	$\frac{6,4}{4,9}$	$\frac{6,4}{4,6}$	$\frac{1010}{890}$	$\frac{150}{610}$	$\frac{580}{750}$
2	$\frac{7,4}{6,0}$	$\frac{8,0}{6,9}$	$\frac{7,7}{6,5}$	$\frac{6,1}{4,3}$	$\frac{6,6}{4,3}$	$\frac{6,4}{4,3}$	$\frac{1240}{1080}$	$\frac{420}{830}$	$\frac{830}{950}$
3	$\frac{7,0}{5,8}$	$\frac{6,4}{5,4}$	$\frac{6,7}{5,6}$	$\frac{5,4}{4,2}$	$\frac{5,9}{4,2}$	$\frac{5,7}{4,2}$	$\frac{1050}{1360}$	$\frac{420}{1130}$	$\frac{730}{1245}$
4А	-	$\frac{7,1}{6,8}$	-	-	$\frac{5,6}{4,1}$	-	-	$\frac{440}{730}$	-
4Б	$\frac{7,7}{6,7}$	-	-	$\frac{6,2}{4,8}$	-	-	$\frac{520}{1060}$	-	-
5	$\frac{6,6}{5,1}$	$\frac{8,8}{7,0}$	$\frac{7,7}{6,1}$	$\frac{5,0}{4,7}$	$\frac{5,7}{4,3}$	$\frac{5,4}{4,5}$	$\frac{1470}{1990}$	$\frac{900}{2010}$	$\frac{1185}{2000}$
6	$\frac{6,5}{4,9}$	$\frac{8,5}{6,7}$	$\frac{7,5}{5,8}$	$\frac{5,2}{3,8}$	$\frac{6,0}{4,4}$	$\frac{5,6}{4,1}$	$\frac{1690}{1730}$	$\frac{750}{1830}$	$\frac{1220}{1780}$
7	$\frac{4,8}{4,6}$	$\frac{6,9}{5,3}$	$\frac{5,9}{5,0}$	$\frac{5,5}{3,7}$	$\frac{5,7}{4,1}$	$\frac{5,6}{3,9}$	$\frac{1000}{1920}$	$\frac{700}{1940}$	$\frac{850}{1930}$
НСР ₀₅ общее	$\frac{0,5}{0,4}$	$\frac{1,6}{2,0}$	$\frac{2,9}{2,7}$	$\frac{0,6}{0,6}$	$\frac{0,9}{0,5}$	$\frac{2,2}{1,5}$	$\frac{380}{440}$	$\frac{100}{190}$	$\frac{410}{530}$
НСР ₀₅ по вариантам удобрения			$\frac{1,1}{1,0}$			$\frac{0,8}{0,6}$			$\frac{160}{200}$
НСР ₀₅ по году			$\frac{2,1}{1,9}$			$\frac{1,5}{1,1}$			$\frac{290}{370}$
Ошибка опыта, %	$\frac{2,4}{2,5}$	$\frac{7,1}{10,0}$	$\frac{14,1}{15,5}$	$\frac{3,6}{4,9}$	$\frac{4,9}{3,8}$	$\frac{13,0}{12,2}$	$\frac{11,1}{10,3}$	$\frac{6,1}{4,9}$	$\frac{17,0}{13,5}$

Примечание. Над чертой – гибрид F_1 Ника, под чертой – F_1 Нежность.

**Содержание общего азота,
оксидов фосфора и калия (в % на абсолютно сухую массу)
и доля азота нитратов (в % от общего азота) в основной
и побочной продукции в 2012 году**

Вариант	Гибрид F ₁							
	Ника				Нежность			
	элемент							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N–NO ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N–NO ₃
1	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{1,4}{1,3}$	$\frac{4,8}{5,4}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{3,2}{2,8}$	$\frac{1,7}{1,4}$	$\frac{5,8}{6,0}$	$\frac{15}{13}$
2	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{1,3}{1,5}$	$\frac{4,2}{5,6}$	$\frac{16}{21}$	$\frac{3,6}{3,1}$	$\frac{1,6}{1,6}$	$\frac{5,0}{6,4}$	$\frac{16}{20}$
3	$\frac{2,7}{2,8}$	$\frac{1,3}{1,7}$	$\frac{4,3}{5,7}$	$\frac{16}{23}$	$\frac{4,1}{3,4}$	$\frac{1,8}{1,6}$	$\frac{5,0}{6,6}$	$\frac{18}{23}$
4Б	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{1,5}{1,3}$	$\frac{5,5}{5,4}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{2,9}{2,8}$	$\frac{1,7}{1,4}$	$\frac{5,6}{6,0}$	$\frac{14}{13}$
5	$\frac{3,0}{2,8}$	$\frac{1,5}{1,7}$	$\frac{5,8}{5,7}$	$\frac{18}{18}$	$\frac{4,3}{3,7}$	$\frac{1,8}{1,7}$	$\frac{6,4}{6,7}$	$\frac{14}{24}$
6	$\frac{3,1}{2,9}$	$\frac{1,7}{1,3}$	$\frac{6,4}{6,8}$	$\frac{18}{21}$	$\frac{3,8}{3,6}$	$\frac{1,8}{1,5}$	$\frac{6,8}{7,7}$	$\frac{17}{22}$
7	$\frac{3,0}{3,0}$	$\frac{1,6}{1,5}$	$\frac{5,8}{6,6}$	$\frac{14}{16}$	$\frac{4,0}{4,2}$	$\frac{1,8}{1,6}$	$\frac{6,8}{6,9}$	$\frac{19}{22}$
НСП ₀₅	$\frac{0,3}{0,4}$	$\frac{0,2}{0,1}$	$\frac{0,3}{0,6}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{0,5}{0,3}$	$\frac{0,2}{0,1}$	$\frac{1,0}{0,7}$	$\frac{4}{3}$
Ошибка опыта, %	$\frac{3,8}{5,5}$	$\frac{4,6}{1,8}$	$\frac{2,2}{3,4}$	$\frac{6,9}{6,5}$	$\frac{4,9}{3,2}$	$\frac{4,0}{1,7}$	$\frac{10,1}{3,4}$	$\frac{8,1}{5,7}$

Примечание. Над чертой – основная продукция; под чертой – побочная.

Из азотных удобрений при дозах N80–120 растения пекинской капусты использовали 39–59% азота. Последний показатель был немного лучшим у гибрида F_1 Ника (48–59%). Коэффициенты использования калия снижались с увеличением дозы калия от 60–66% при K120 до 8–14% при K720 (при K360 27–35%). Коэффициенты использования легкогидролизуемого азота из почвы составили 20–30%, подвижных форм фосфора 1–2% и калия 10–15%.

**Вынос N:P₂O₅:K₂O 1 т основной продукции с учётом побочной
и 1 т зелёной массы в 2012 году, кг**

Вариант	Гибрид			
	<i>F₁</i> Ника	<i>F₁</i> Нежность	<i>F₁</i> Ника	<i>F₁</i> Нежность
	1 т основной продукции с учётом по- бочной		1 т зелёной массы	
1	4,4:2,8:11,1	2,9:1,5:5,6	1,5:1,0:3,8	1,6:0,8:3,2
2	4,4:2,4:8,5	2,8:1,3:4,7	1,8:1,0:3,5	1,7:0,8:2,8
3	3,1:1,6:5,7	2,5:1,1:3,6	1,7:0,9:3,1	1,8:0,8:2,6
4Б	3,1:2,1:8,4	2,9:1,6:5,8	1,4:0,9:3,8	1,6:0,9:3,3
5	3,0:1,7:6,1	2,9:1,2:4,6	1,6:0,9:3,3	1,9:0,8:3,1
6	3,3:1,6:7,3	2,2:1,0:4,2	1,7:0,9:3,8	1,6:0,7:2,9
7	2,5:1,3:4,9	2,3:1,0:3,9	1,6:0,8:3,1	1,6:0,7:2,7
НСП ₀₅	1,0:0,7:2,5	0,5:0,2:0,8	0,2:0,1:0,3	0,2:0,1:0,3
Ошибка опыта, %	10,2:11,6:11,4	5,8:5,4:5,9	3,6:3,3:3,0	4,0:3,9:3,5

Выводы

1. На дерново-подзолистой тяжёлосуглинистой высокоокультуренной почве (с высоким содержанием легкогидролизуемого азота (80–140 мг/кг) и очень высоким содержанием подвижных форм фосфора (710–840 мг/кг) и калия (340–390 мг/кг)) применение 80 кг/га азота под пекинскую капусту позволило получить в среднем урожайность кочанов гибрида *F₁* Ника 23 т/га, гибрида *F₁* Нежность – 33 т/га. Суммарная продуктивность зелёной массы основной и побочной продукции при той же дозе азота составила 48–55 т/га. Увеличение дозы азота до 120 кг/га приводило к приросту урожая основной продукции в 1,3–1,4 раза, а суммарной зелёной массы – в 1,1–1,2 раза.

2. Добавление K120 к N120 увеличило урожайность кочанов гибрида *F₁* Ника ещё на четверть, до 40 т/га, а продуктивность зелёной массы – до 71 т/га. Наибольший урожай кочанов *F₁* Ника получен при внесении N120K720, что составило 49 т/га, а продуктивность зелёной массы составила 84 т/га; у *F₁* Нежность при внесении N120K360–52 и 74 т/га соответственно.

3. Применение хлорида натрия на фоне N80 не способствовало увеличению урожайности как кочанов, так и всей зелёной массе. Опрыскивание растений 5% раствором аскорбиновой кислоты в фазе образования кочана увеличивало урожайность кочанов на 7 т/га.

4. Доля кочанов в суммарной продуктивности находилась на уровне 36–60% у гибрида *F₁* Ника, и от 50 до 72% у *F₁* Нежности, а соотношение побочной продукции к основной составило 0,4–1,0 у *F₁* Нежность и 0,7–1,9 у *F₁* Ника.

5. Большее содержание сухого вещества в 1,3 раза было в гибриде F_1 Ника (5,0–6,6% в основной продукции и 4,8–8,9% в побочной), чем в F_1 Нежность (в кочанах – 3,7–4,9%, а в побочной продукции – 4,6–7,0%).

6. С увеличением доз азотных и особенно калийных удобрений содержание нитратов в кочанах возрастало с 150–1010 до 1220–2010 мг/кг сырой массы, находясь в пределах ПДК. Гибрид F_1 Нежность накапливал в 1,3 раза больше нитратов, чем F_1 Ника. Наибольшее их содержание было при дозах N120K120–360. Натрий (60 кг/га) и аскорбиновая кислота (в подкормку 5% раствором) не оказывали влияния на содержание нитратов в продукции.

7. В основной продукции пекинской капусты содержалось 2,3–4,3% на абсолютно сухую массу азота, 1,3–1,8% фосфора и 4,2–6,8% калия, а в побочной продукции – 1,8–4,2% а.с.м. N, 1,3–1,7% P_2O_5 и 5,4–7,7% K_2O . Доля нитратного азота в общем его содержании составила от 8 до 24%.

8. Вынос азота 1 т зелёной массы был у разных гибридов примерно одинаковый – 1,4–1,9 кг, как и фосфора – 0,7–1,0 кг, а вынос калия у F_1 Ника был немного выше – 3,1–3,8 кг, чем у F_1 Нежности – 2,6–3,3 кг/т.

9. Коэффициенты использования легкогидролизуемого азота из почвы составили 20–30%, подвижного фосфора 1–2%, а калия – 10–15%. Из удобрений растения при дозах N80–120 использовали 39–59% азота. Последний показатель был лучшим у гибрида F_1 Ника. Коэффициенты использования калия с увеличением его дозы снижались с 66 до 8%.

Библиографический список

1. Дёмин В.А., Родионов В.А. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность и показатели качества пекинской капусты (*Brassica pekinensis* Skeels) // Известия ТСХА, 2012. № 6. – с. 110–121.

2. Дёмин В.А., Родионов В.А. Удобрение пекинской капусты // Картофель и овощи, 2016. № 4. – с. 19–20.

3. Папонов А.Н., Игнатова А.Н. Влияние уровня минерального питания на продуктивность и накопление нитратов пекинской капустой // Адаптивные технологии в растениеводстве. Материалы научно-практической конференции. – Ижевск, 2005. – с. 291–293.

4. Андреев Ю.М., Осипова А.В. Пекинская капуста // Новый садовод и фермер, 2004. № 6. – с. 18–19.

5. Жукова Г.Ф., Кудряшова Л.А., Муравин Э.А. Влияние уровня азотного питания на урожайность овощных культур семейства капустные, содержание нитратов и N-нитрозаминов в продукции // Оптимизация питания растений в условиях химизации земледелия. Сборник научных трудов. М., 1987. – с. 36–41.

6. Обуховская Л.В. Влияние различных норм азотных удобрений и ингибиторов нитрификации на накопление нитратов в овощных культурах: Автореф. дис... канд. биол. наук. М.: ТСХА, 1981. 18 с.

7. Шаповал И.Е., Дёмин В.А., Родионов В.А. Минеральное питание, урожай и качество пекинской капусты // Картофель и овощи, 2012. № 1. – с. 13–14.

8. Андреев Ю.М., Константинович А.В., Куликов М.А., Монахов С.Г. Современные гибриды пекинской капусты и особенности их выращивания // Вестник овощевода, 2011. № 1. – с. 4–9.

9. Дёмин В.А., Родионов В.А. Обоснование рационального применения азотных удобрений при выращивании пекинской капусты на высококультуренной дерново-подзолистой почве // Агрохимический вестник, 2016. № 1. – с. 43–45.

10. Агрохимия / Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
11. Убугунов Л.Л., Андреева И.М., Меркушева М.Г. Агрохимическая оценка хлорида натрия как удобрения естественных пойменных травостоев западного Забайкалья // Агрохимия, 2012. № 3. – с. 32–40.
12. Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К. Влияние содержания натрия и хлора на урожайность яровых зерновых культур // Почвоведение и агрохимия, 2010. № 1 (44). – с. 148–156.
13. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 324 с.
14. Drownell P.F. Sodium as an essential micronutrient element for plants and its possible role in metabolism // Adv. Bot. Res. London E.A. 1979. V. 7. P. 117–224.
15. Химическая энциклопедия. В 5 т. / Под ред. Кнунянц И.Л. М.: БРЭ, 1992. Т. 3. 639 с.
16. Carmen, Lopez-Berenguer. Are root hydraulic conductivity responses to salinity controlled by aquaporins in broccoli plants? / Carmen, Lopez-Berenguer, Cristina Garcia-Viguera & Micaela Carvajal // Plant and Soil. – 2006. – P. 279.
17. Hempler K. Spuren- und Sekundärnährstoffe im Pflanzenbau / K. Hempler. – Frankfurt / M., 2001. – 64 p.
18. Conklin P.L., Williams E.H., and Last R.L. Environmental stress sensitivity of an ascorbic acid deficient Arabidopsis mutant // Plant Biology. 1996 Vol. 93 P.P. 9970–9974.
19. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: Монография. – Калинингр. Ун-т. – Калининград, 1997. – 120 с.
20. Bar-Akiva A., Sternbaum J. // Physiol. plantarum. 1966. Vol. 19. N2. P. 422–428.
21. Chinoy J.J., Singh Y.D. // Indian Agr. 1971. Vol. 15. N 1-2, P. 33–48.
22. Euler H. // Qualitas plant. et mater. veget. 1958. N3–4. P. 157–160.
23. Skrabka H. // Acta. Soc. bot. Polon. 1965. T. 34. N4. P. 713–718.
24. Проценко Д.Ф. // Рост и устойчивость растений. 1967. № 3. с. 215–222.
25. Чупахина Г.Н., Свеженцева С.В. // Тез. докл. XXI науч. конф. Калининградского ун-та. Калининград, 1989. с. 105.
26. Dhar A.C., Patel K.R., Shah C.K. // Histochemistry. 1980. Vol. 69. N1. P. 101–109.
27. Sharma V.K., Singh R.P., Dua K.L. // Sci. and Cult. 1975. Vol. 41. N8. P. 383–385.
28. Tonzig S., Trezzi F. // Atti Accad. naz. Lincei. Rend. Cl. Sci. fis., mat. e natur. 1954 (1955). T. 17. N6. P. 324–331.
29. Sandan T. // Bot. Mag. Tokyo. 1958. Vol. 71. N838. P. 159–163.
30. Shah C.K., Bhatt P.N., Suthar H.K. // Biol. Pflanz. 1974. Vol. 50. N1. P. 121–135.
31. Palmieri S., Giovinazzi F. // Physiol. plant. 1982. Vol. 56. N1. P. 1–5.
32. Marre E., Arrigoni O. // Atti Accad. naz. Lincei. Rend. Cl. Sci. fis., mat. e natur. 1955. Vol. 19. N5. P. 320–324.
33. Srivastava G.C., Sirohi G.S. // Indian. J. Exp. Biol. 1973. Vol. 11. N5. P. 470–471.
34. Arrigoni O., Arrigoni-Liso R., Calabrese G. // FEBS Lett. 1977. Vol. 82. N1. P. 135–138.
35. Prabha C., Bharti S. // Indian. J. Plant Physiol. 1980. Vol. 23. N3. P. 317–318.
36. Дёмин В.А., Родионов В.А. К методике определения нитратов в пекинской капусте // Картофель и овощи, 2011. № 5. – с. 14.
37. Дёмин В.А., Родионов В.А. Модификация методики определения нитратов в растениях пекинской капусты (*Brassica pekinensis* Skeels) // Национальная ассоциация учёных (НАУ). Ежемесячный научный журнал, 2015. № 6 (11). Часть 4. – с. 25–26.
38. Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция. – М., 2009. – 438 с.

RATIONALE FOR JOINT APPLICATION OF POTASSIUM AND NITROGEN FERTILIZERS UNDER HYBRIDS OF THE NAPA CABBAGE

V.A. DEMIN¹, V.A. RODIONOV^{1,2}

(¹ Russian Timiryazev State Agrarian University;

² K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology at RAS)

In the conditions of the sod-podzolic heavy loamy soil with a high content of easily hydrolyzed N and a very high content of mobile forms of P_2O_5 and K_2O , the application of N80–120 for the Napa cabbage ensures head yields of hybrids F_1 Nika of 22–35 t/hectare, F_1 Nezhnost' – 28–51 t/hectare, and green mass productivity – 48–64 and 49–72 t/hectare, respectively; the application of N120K120–720 gave the head yields of 26–65 t/hectare, and the yield of green mass of 52–102 t/hectare. The maximum average yields of heads and green mass was recorded when applying N120K720–49 and 84 t/hectare, and F_1 Nezhnost' at N120K360–52 and 74 t/hectare, respectively. The application of nitrogen and potassium fertilizers had a better effect on the yield of F_1 Nika, than F_1 Nezhnost'. Sodium fertilizer (60 kg/hectare) did not affect the cabbage yield; the treatment of plants F_1 Nezhnost' in the heading formation phase with 5% ascorbic acid solution increased the head yield by 7 t/hectare. The authors have determined: the nitrate content in the heads – 150–2010 mg/kg, dry matter in the main product and by-production – 3.7–8.9% of the wet weight; nitrogen (1.8–4.3% for absolutely dry weight), phosphorus (1.3–1.8% for absolutely dry weight), potassium (4.2–7.7% for absolutely dry weight), the content of nitrate nitrogen (8–24%); the removal of minerals at different yield – 1.4–1.9 kg N, 0.7–1.0 P_2O_5 , 2.6–3.8 kg per 1 ton of green mass K_2O , the coefficients of using easily hydrolyzed N (20–30%), mobile forms of P_2O_5 (1–2%) and K_2O (10–15%) from soil, nitrogen (39–59%) and potassium (8–66%) from fertilizers. Hybrid F_1 Nezhnost' accumulated three times as much nitrate as F_1 Nika. The rate of N80 increased the content of nitrates in 1.3–1.4 times, and N120 in the hybrid F_1 Nezhnost' – in 1.3 times. Their greatest content (750–2010 mg/kg) was observed at application rates of N120K120–360. Sodium (60 kg/hectare) and top dressing with 5% ascorbic acid had no effect on the nitrate content of the products.

Key words: nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, ascorbic acid, Napa cabbage, nitrates, fertilizer, carrying out, dry matter.

References

1. Demin V.A., Rodionov V.A. Vliyaniye razlichnykh doz mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i pokazateli kachestva pekinskoy kapusty (*Brassica pekinensis* Skeels) [Influence of various application rates of mineral fertilizers on the yield and quality indicators of the Napa cabbage (*Brassica pekinensis* Skeels)] // *Izvestiya TSKhA*. 2012; 6: 110–121. (In Rus.)
2. Demin V.A., Rodionov V.A. Udobreniye pekinskoy kapusty [Napa cabbage fertilizing] // *Kartofel' i ovoshchi*. 2016; 4: 19–20. (In Rus.)
3. Paponov A.N., Ignatova A.N. Vliyaniye urovnya mineral'nogo pitaniya na produktivnost' i nakopleniye nitratov pekinskoy kapustoy [Influence of a mineral nutrition level on the yield and accumulation of nitrates by Napa cabbage] // *Adaptivnye tekhnologii v rassteniyevodstve: materialy nauch.-prakt. konf. Izhevsk*, 2005: 291–293. (In Rus.)
4. Andreyev Yu.M., Osipova A.V. Pekinskaya kapusta [Napa cabbage] // *Novyy sadovod i fermer*. 2004; 6: 18–19. (In Rus.)
5. Zhukova G.F., Kudryashova L.A., Muravin E.A. Vliyanie urovnia azotnogo pitaniya na urozhaynost' ovoshnykh kul'tur semeystva kapustnye, soderzhanie nitratov i N-nitrozaminov v produkcii [Influence of the nitrogen nutrition level on the yield of vegetable crops of the cabbage family, the content of nitrates and N-nitrosamines in products] // *Optimizatsiya*

- pitaniya rasteniy v usloviyah chimizatsii zemledeliya. Sbornik nauchnykh trudov. M., 1987: 36–41. (In Rus.)
6. *Obukhovskaya L.V.* Vliyanie razlichnykh norm azotnykh udobreniy i ingibitorov nitrifikatsii na nakopleniye nitratov v ovoshchnykh kul'turakh [Influence of various application rates of nitrogen fertilizers and nitrification inhibitors on the accumulation of nitrates in vegetable crops]. M., 1981: 18. (In Rus.)
 7. *Shapoval I.E., Demin V.A., Rodionov V.A.* Mineral'noye pitaniye, urozhay i kachestvo pekinskoy kapusty [Mineral nutrition, yield, and quality of the Napa cabbage] // *Kartofel' i ovoshchi*. 2012; 1: 13–14. (In Rus.)
 8. *Andreev Yu.M., Konstantinovich A.V., Kulikov M.A., Monakhos S.G.* Sovremennyye gibridy pekinskoy kapusty i osobennosti ikh vyrashivaniya [Modern hybrids of the Napa cabbage and specific features of their cultivation] // *Vestnik ovoshchevoda*. 2011; 1: 4–9. (In Rus.)
 9. *Demin V.A., Rodionov V.A.* Obosnovanie ratsional'nogo primeneniya azotnykh udobreniy pri vyrashivanii pekinskoy kapusty na vysokookul'turennoi dernovo-podzolistoy pochve [Rationale for the optimal use of nitrogen fertilizers in the cultivation of the Napa cabbage on the highly cultivated sod-podzolic soil] // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2016; 1: 43–45. (In Rus.)
 10. *Agrokhimiya [Agrochemisrty] / Yagodin B.A., Smirnov P.M., Peterburgskiy A.V. and et al.; ed. by B.A. Yagodin. Agrokhimiya [Agrochemistry]. – 2nd ed. – M.: Agropromizdat, 1989: 639. (In Rus.)*
 11. *Ubugunov L.L., Andreeva I.M., Merkusheva M.G.* Agrokhimicheskaya ocenka khlorida natriya kak udobreniya estestvennykh travostoev zapadnogo Zabaikal'ya [Agrochemical assessment of sodium chloride as a fertilizer of natural floodplain grass stands of Western Transbaikalia] // *Agrokhimiya*. 2012; 3: 32–40. (In Rus.)
 12. *Golovaty S.E., Kovalevich Z.S., Lukashenko N.K.* Vliyanie sodержaniya natriya i khlorina na urozhainost' yarovykh zernovykh kul'tur [Effect of sodium and chlorine on the yield of spring grain crops] // *Pochvovedenie and agrochemistry*, 2010; 1 (44): 148–156. (In Rus.)
 13. *Shkol'nik M.Ya.* Mikroelementy v zhizni rasteniy [Trace elements in plant life]. L.: Nauka, 1974: 324. (In Rus.)
 14. *Drownell P.F.* Element for plants and its possible role in metabolism // *Adv. Bot. Res. London E.A.* 1979. V. 7. P. 117–224. (In English)
 15. *Chimicheskaya entsiklopedia. V 5 t. [Chemical encyclopedia. In 5 vol.] / Ed. by Knunyants I.L. M.: BRA, 1992; 3: 639. (In Rus.)*
 16. *Carmen, Lopez-Berenguer.* Are you trying to control the aquatic environment in broccoli plants? / *Carmen, Lopez-Berenguer, Cristina Garcia-Viguera & Micaela Carvajal* // *Plant and Soil*. 2006: 279. (In English)
 17. *Hempler K.* Trace and Secondary Nutrients in Crop Production / *K. Hempler. – Frankfurt / M.*, 2001: 64. (In English)
 18. *Conklin P.L., Williams E.H., and Last R.L.* Arabidopsis mutant, Environmental stress sensitivity and anesthetic acid deficiencies, *Plant Biology*. 1996; 93: 9970–9974. (In English)
 19. *Chupakhina G.N.* Sistema ascorbinovoy kisloty rasteniy: Monografiya [Ascorbic acid system in plants: Monograph]. – Kaliningr. Un-t. – Kaliningrad, 1997: 120. (In Rus.)
 20. *Bar-Akiva A., Sternbaum J.* // *Physiol. plantarum*. 1966; 19; 2: 422–428. (In English)
 21. *Chinoy J.J., Singh Y.D.* // *Indian Agr.* 1971; 15; 1-2: 33–48. (In English)
 22. *Euler H.* // *Qualitas plant. et mater. veget.* 1958; 3–4: 157–160. (In English)
 23. *Skrabka H.* // *Acta. Soc. bot. Polon.* 1965; 34; 4: 713–718. (In English)
 24. *Protsenko D.F.* // Rost i ustoychivost' rasteniy [Growth and resistance of plants]. 1967; 3: 215–222. (In Rus.)

25. *Chupakhina G.N., Swezhentseva S.V.* // Tez. report XXI scientific conf. Kaliningrad un-that. Kaliningrad, 1989: 105. (In Rus.)
26. *Dhar A.C., Patel K.R., Shah C.K.* // Histochemistry. 1980; 69; 1: 101–109. (In English)
27. *Sharma V.K., Singh R.P., Dua K.L.* // Sci. and Cult. 1975; 41; 8: 383–385. (In English)
28. *Tonzig S., Trezzi F.* // Atti Accad. naz. Lincei. Rend. Cl. Sci. fis., mat. e natur. 1954 (1955); 17; 6: 324–331. (In English)
29. *Sandan T.* // Bot. Mag. Tokyo 1958; 71; 838: 159–163. (In English)
30. *Shah C.K., Bhatt P.N., Suthar H.K.* // Biol. Pflanz. 1974; 50; 1: 121–135. (In English)
31. *Palmieri S., Giovinnazzi F.* // Physiol. plant. 1982. Vol. 56. No. 1. P. 1–5. (In English)
32. *Marre E., Arrigoni O.* // Atti Accad. naz. Lincei. Rend. Cl. Sci. fis., mat. e natur. 1955; 19; 5: 320–324. (In English)
33. *Srivastava G.C., Sirohi G.S.* // Indian. J. Exp. Biol. 1973; 11; 5: 470–471. (In English)
34. *Arrigoni O., Arrigoni-Liso R., Calabrese G.* // FEBS Lett. 1977; 82; 1: 135–138. (In English)
35. *Prabha C., Bharti S.* // Indian. J. Plant Physiol. 1980; 23; 3: 317–318. (In English)
36. *Demin V.A., Rodionov V.A.* К методике определения нитратов в пекинской капусте [To the methodology of nitrate detection in the Napa cabbage] // Kartoffel' i ovoshchi. 2011; 5: 14. (In Rus.)
37. *Demin V.A., Rodionov V.A.* Модификация методики определения нитратов в растеньях пекинской капусты [Modification of the method for determining nitrates in Napa cabbage plants (*Brassica pekinensis* Skeels)] // Национальная Ассоциация Ученых (NAU). Ежемесячный научный журнал. 2015; 6 (11); 4: 25–26. (In Rus.)
38. *Chernikov V.A., Sokolov O.A.* Экологически безопасная продукция [Environmentally safe production]. М., 2009: 438. (In Rus.)

Дёмин Вадим Александрович – профессор, д.с.-х.н., профессор. Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, РГАУ-МСХА, 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49. Телефон: +7-499-976-16-60.

Родионов Владимир Александрович – научный сотрудник, к.с.-х.н. Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева Российской академии наук, ИФР РАН, 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, д.35; до 2014 года – Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, РГАУ-МСХА, 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49. телефон: +7-909-978-88-53. E-mail: vladirod@mail.ru.

Vadim A. Demin – Professor, DSc (Ag), Professor. Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. Phone: +7-499-976-16-60.

Vladimir A. Rodionov – Research Associate, PhD (Ag), K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology Russian Academy of Science at RAS, 127276, Russia, Moscow, Botanicheskaya Str., 35; prior to 2014 – Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. Phone: +7-909-978-88-53. E-mail: vladirod@mail.ru.



УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Н.В. МАЛИЦКАЯ¹, С.Ю. ПУЧКОВА¹, Г.Т. СЫЗДЫКОВА², Ж.Н. АЛЕНОВ²,
Т.Ж. АЙДАРБЕКОВА², И.В. РУКАВИЦИНА³, А.А. ГАЛИУЛЛИН⁴

(¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева;

²Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова;

³Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева;

⁴Пензенский государственный аграрный университет)

Результативность проведения экологического сортоиспытания с целью массового размножения на продовольственные цели рекомендованных к возделыванию сортов яровой мягкой пшеницы в мелкосопочной степной равнине на среднесиловых черноземах Акмолинской области была отмечена по вышесреднему уровню урожая, превышающему стандарт и отличающемуся сортовыми и технологическими показателями.

Задачами исследования являются: определение влияния сортовой агротехники на элементы структуры урожая, которые связывают с технологическим качеством зерна; и определение соответствия межгосударственным стандартам качества зерна, пользующегося спросом, потребительского назначения, в основном, хлебопекарного.

К объектам исследования относят рекомендованные к возделыванию сорта яровой мягкой пшеницы среднеспелой группы: Акмола 2(St), Лютеценс 90, Карабалыкская 90, Росинка 3, Карабалыкская 20.

Сортовая технология возделывания дала возможность получить в изучаемой сельскохозяйственной зоне высокоурожайные сорта яровой мягкой пшеницы с заслуживающими внимания хозяйственными (длина вегетационного периода, сут; показатели структуры урожая, урожайность, т/га) и технологическими (натурная масса зерна, г/л; стекловидность, %; содержание белка в зерне, % и клейковины в муке, %; число падения, сек) признаками. У трех представленных сортов: Карабалыкская 90, Росинка 3, Лютеценс 90, выживаемость, % получена на следующем уровне: 64, 58, 66 и урожайность, т/га: 1.85, 1.92, 1.98, соответственно, в сравнении со стандартом Акмола 2 (60% и 1.73 т/га). Технологическое качество зерна по клейковине, % соответствовало в среднем 3 классу и составило: 24.7; 25.8; 26.0; у стандарта – 23.9.

Вышеперечисленные сорта пшеницы заслуживают дальнейшего семенного размножения в сельскохозяйственном производстве Акмолинской области, расположенной в Казахстане.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, мягкая пшеница, сортоиспытание, технология возделывания, урожайность, технологическое качество, семеноводство.

Введение

Развитие Агропромышленного комплекса в Республике Казахстан одновременно влияет на решение двух важнейших задач: обеспечение продовольственной безопасности и диверсификацию экспорта, о которых говорится в «Послании Президента Республики Казахстан» (12.04.2013 г.) [16].

Северный Казахстан – один из наиболее экономически важных регионов Агропромышленного комплекса Республики. Ведущее место в отраслях аграрного сектора Казахстана занимает производство зерна. Удельный вес зерна в общем объеме валовой и реализованной сельскохозяйственной продукции составляет более 35%. Более того, зерно является основным экспортным товаром зерновой индустрии республики.

С 2002 года Казахстан входит в шестерку стран-экспортеров зерна пшеницы. По производству зерна в настоящее время республика занимает 10-е место в мире. Причиной послужило сокращение посевных площадей на 500 тыс. га пашни и более и снижение урожайности зерновых культур в 1.5 раза [16].

Яровая мягкая пшеница – культура самого широкого ареала возделывания и масштабного объема производства, она имеет первостепенное значение в хлебном балансе страны. Больше половины населения земного шара питается в основном пшеницей в виде хлебопродуктов, макарон, кондитерских изделий. В химический состав зерна пшеницы входят белки 12–15% (с колебаниями от 10 до 24%), углеводы 70% жир 2%, клетчатка 2%, а также пигменты, витамины, ферменты и различные минеральные вещества. Усвояемость белков пшеницы достигает 95% [18].

Качество зерна связывают с природно-климатическими условиями. Географическое расположение Северного Казахстана позволяет возделывать высококачественное зерно мягких и твердых сортов пшеницы [1], хотя имеет место частое проявление ранневесенней засухи и высокого увлажнения при пониженных температурах воздуха в период налива и созревания зерна. Регион характеризуется коротким периодом вегетации, поэтому здесь возделывают скороспелые, раннеспелые и среднеспелые интенсивные, высокоурожайные сорта, хорошо адаптированные к местным условиям.

Выращенные сорта отличаются высоким качеством зерна, не уступающим мировым стандартам. Речь идет и о муке сильной пшеницы, что обеспечивает получение высокого качества хлеба. По данным Уральской сельскохозяйственной опытной станции и Казахского научно – исследовательского института земледелия имени В.Р. Вильямса сила муки из зерна, выращенного в Акмолинской области, достигает 1040 Дж, а количество клейковины доходит до 49.6% [12]. Содержание белка в зерне колеблется в зависимости от складывающихся погодных условий и составляет от 16 до 19% (мировой стандарт 14.5%). Поэтому зерно пшеницы Северного региона республики имеет большой и устойчивый спрос на международном рынке продовольственного зерна [18].

Качество зерна яровой пшеницы зависит от рекомендованных к условиям региона сортов. Последовательный рост их урожайности зависит от биологических и хозяйственно-ценных признаков, поэтому размер урожайности сильно колеблется по годам: от 0.45 до 2.72 т/га [19].

Агротехника для культуры должна быть направлена на создание наилучших условий для развития каждого растения в отдельности и формирования высокоурожайных семян. Отсутствие сортовых технологий является главной причиной того, что генетический потенциал растений используется всего на 25–30%. За последние 30 лет отечественными селекционерами выведено и районировано более 120 сортов зерновых культур с потенциальной продуктивностью 5.0–7.0 т/га, но их фактическая урожайность не превысила 2.5 т/га [13]. Причиной снижения урожая также может быть возделывание пшеницы в качестве монокультуры в структуре посевов, что ведет к нарушению научно-обоснованной системы севооборотов и, в конечном итоге, к снижению плодородия почвы, урожайности и качества производимого зерна.

С целью эффективного возделывания сортов яровой мягкой пшеницы в экологических условиях Акмолинской области было проведено научное исследование для учета связи урожайности с качеством зерна для дальнейшего семенного размножения в сельскохозяйственном производстве.

Новизна исследования: рекомендованные к возделыванию сорта яровой мягкой пшеницы в Акмолинской области исследуют на свойства пластичности и стабильности, которые усиливаются под влиянием сортовой агротехнологии в условиях меняющегося климата.

Методика исследования

Научное исследование проводили в условиях степной зоны Акмолинской области в учебно-научном производственном комплексе «Элит» при КГУ им. Ш. Уалиханова в 2014–2015 гг.

Научное исследование: «Экологическое испытание рекомендованных к возделыванию сортов яровой мягкой пшеницы в Акмолинской области» заложили по схеме:

1. Акмола 2(St)
2. Лютесценс 90
3. Карабалыкская 90
4. Росинка 3
5. Карабалыкская 20

Площадь опытной делянки составляла 5м², учетная площадь – 3м². Общая площадь под опытом – 130.6м². Повторность опыта была четырехкратной. Размещение вариантов проводилось рендомизированно – парным методом сравнения.

Сортовая технология возделывания культуры в опыте: испытание сортов яровой мягкой пшеницы проводилось в соответствии с рекомендациями для сельскохозяйственного производства в Акмолинской области с учётом погодных условий, типа почвы и особенностей возделываемой культуры [4]. Элементы агротехники: предшественником был пар в зернопаровом четырехпольном севообороте, освоенный по схеме: чистый пар – пшеница – пшеница – овес. Осенью под культуры проводилась плоскорезная обработка почвы КПШ –9 на глубину 10–12 см. Перед посевом почву обработали СЗС–2.1 с последующим боронованием и прикатыванием в сжатые сроки без разрыва с посевом, на глубину заделки семян. Качество семенного зерна отвечало требованиям первого класса. Семенное зерно до посева прогревали воздушно-тепловым методом, затем протравили препаратом Витавакс 200ФФ в концентрации 34% в.с.к. в дозе 2 л/т. Зерно высевали 26–27 мая в норме 3 млн всхожих семян/га и заделали на глубину 6–8 см. Уход за посевами проводился, по мере появления сорняков в фазу кущения. Убирали сорта пшеницы прямым комбайнированием в фазу полной спелости. Соблюдались меры механического засорения, качество зерна было доведено до требований 1-го класса семенного стандарта и влажности 14.5%.

Объекты исследования: хозяйственная и сортовая характеристики допущенных и возделываемых сортов яровой мягкой пшеницы в Акмолинской области[7], изучаемые сорта относятся к среднепоздней группе спелости.

Сорт мягкой яровой пшеницы Акмола 2 – Авторы: В.К. Мовчан, А.А. Степанов, О.М. Малютин. Выведен Казахским НИИ зернового хозяйства им. Бараева методом гибридизации (линия Лютесценс М–808 х Целинная 60). Разновидность Лютесценс. Сорт среднеспелый. По устойчивости к основным болезням и вредителям новый сорт не отличается от Саратовской 29.

Сорт Акмола 2 отличается высокими физическими, технологическими и мукомольно-хлебопекарными качествами зерна. Содержание сырой клейковины в зерне, получено на уровне 30.0%, белка 15.6%, натура зерна составила 793 г/л, масса 1000 зерен – 37.0 г, стекловидность –66%. Хлебопекарная сила муки равна 404 джоулям, валориметрическая оценка – 63 единиц прибора (е.п.), объемный выход хлеба из 100 г муки составил 630 мл, общая хлебопекарная оценка оценена в 4.1 балла; соответственно, у сорта Саратовская 29: 29–30.7%; 15.8%; 774 г/л; 35.1г; 62%; 405 джоулей; 52 е.п., 597 мл; 3.7 балла.

Сорт мягкая яровая пшеница Лютесценс 90. Авторы: В.В. Новохатин, Р.А. Уразалиев, И.А. Саурмелъх, Б.Т. Надиров. Оригинатор: КазНИИЗ с Жезказганской СХОС. Создан методом индивидуального отбора из F3 и гибридной популяции: Жница х Старт.

Разновидность Лютесценс. Среднеспелый сорт. Сорт средне – засухоустойчив, устойчив к полеганию. Формирует крупное зерно. Сильно восприимчив к бурой и стеблевой ржавчинам. Сильнее, чем стандарт поражается пыльной головней. Относится к сортам интенсивного типа. Обеспечивает потенциальную стабильную урожайность на уровне 5.6 т/га. Сорт допущен к использованию с 1996 г. в Акмолинской области и включен в список сильных сортов.

Сорт мягкая яровая пшеница Карабалыкская 90. Авторы сорта: Саурмелъх И.А., Мартынова А.В., Дик Г.И., Маркина Н.И., Тритяк Л.А. Выведен в Кустанайском НИИСХ методом гибридизации сортов Лютесценс 5714 х Целинная 21. Разновидность лютесценс. Среднеспелый. Устойчив к воздушной и почвенной засухам, осыпанию зерна на корню.

Зерно полуудлиненное, масса 1000 зерен составила 33–39 г. Средняя урожайность в регионе составила 2.5 т/га, что на 0.2 т/га выше, чем у стандарта. Среднеустойчив к полеганию, засухоустойчив. Ценным свойством данного сорта является его устойчивость к болезням. По данным технологической оценки имеет высокие хлебопекарные качества: содержание клейковины 26.4%, сила муки 417 единиц альвеографа (е.а.), общая хлебопекарная оценка – 4.6 балла, а у сорта Саратовская 29 эти показатели соответственно составили: 27.4%, 370 е.а., 4.4 балла.

Сорт мягкая яровая пшеница Карабалыкская 20. Учреждение-оригинатор – Карабалыкская СХОС. Метод создания – индивидуальный отбор из пятого поколения (Казахстанская 15 х Эритроспермум 35).

Разновидность – лютесценс. Сорт среднеспелый с вегетационным периодом в среднем 95–97 дней. Сорт устойчив к полеганию, засухоустойчив. Более устойчив к поражению бурой ржавчиной, септориозом, пыльной головней, чем стандарт. Формирует зерно с высокой силой муки 326.3 е.а. (St 295.3 е.а.), содержанием сырой клейковины 29.6% (St 27.7%), объемный выход хлеба из 100 г муки составил 800 мл (St 793), содержание белка было на уровне стандарта 14.6%. По данным конкурсного сортоиспытания за 3 года (2008–2010) урожайность сорта Карабалыкской 20, возделываемого по пару, составила не менее 1.3 т/га.

Сорт мягкая яровая пшеница Росинка 3. Создан методом индивидуального отбора из мутантной популяции. Разновидность лютесценс. Зерно удлиненное, масса 1000 зерен составила 30–35 г. Средняя урожайность в регионе получена в массе 2.3 т/га, что на 0.2 т/га ниже стандарта. Среднеранний. Вегетационный период составляет 69–76 дней. К полеганию среднеустойчив. Хлебопекарные качества хорошие. Среднеустойчив к пыльной головне. Восприимчив к твердой головне, сильно восприимчив к бурой и стеблевой ржавчинам, мучнистой росе.

Учеты и наблюдения проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14, 15]:

1. Химический состав почвы проводили по ГОСТ Р 56157–2014 «Почва. Методики (методы) анализа состава и свойств проб почв. Общие требования к разработке» [6] в лаборатории экологии и почвенно-агрохимических исследований НПЦЗХ им. А.И. Бараева.

2. Фенологические наблюдения проводили в течение вегетационного периода на всех вариантах и повторностях опыта. Отмечали фазы роста и развития, при вступлении в нее 10–15% растений: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, созревание зерна. Учитывали фазы при вступлении в нее 10–15% растений.

3. Продолжительность межфазных периодов зависит от календарных дат наступления фаз роста и развития и подсчитывается между ними, а длину вегетационного периода, сутки определяют суммарным подсчетом длины по каждому межфазному периоду.

4. Показатели структуры урожая определяли у растений, взятых с пробных площадок (0.25 м²). Пробные снопы с этикетками доставляли в лабораторию и разбирали в свежем виде.

5. Урожайность зерна учитывали прямым методом: взвешиванием бункерной урожайности с учетной части делянки по вариантам и повторностям с последующим пересчетом на 14% влажность и 100% чистоту.

6. Экспериментальные данные подвергали дисперсионному, корреляционному анализу по методике Доспехова Б.А. [8]. При определении средних (М) вычисляли их стандартные ошибки ($\pm$ SEM). Обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2010.

7. Качество зерна на засоренность, натуру, стекловидность, клейковину определяли по ГОСТ 9353–2016 «Пшеница. Технические условия» [5].

Технологическая оценка зерна была проведена в лаборатории «Технологии и хранения зерна» в Аграрно-экономическом институте им. С. Садуакасова Кокшетауского государственного университета им. Ш. Уалиханова.

Характеристика метеорологических и почвенных условий

Метеорологические условия. В 2014 году атмосферные условия в мае (15.1°C; 10.3 мм) показали, что он был засушливым, в соответствии со среднегодовыми показателями (11.9°C и 32.0 мм); июнь (19.9°C; 11.9 мм), выдался таким же, т.к. в среднем за 30 лет условия были следующими: 17.2°C и 45.0 мм. Июль отличился избыточным количеством осадков (144.5 мм), при среднегодовой норме 63 мм, а в августе, хотя земля и прогревалась до 18.9°C, но растения уже стали отставать в развитии. Сентябрь был прохладным, дневные температуры в среднем составляли 9.8°C.

За теплый период 2014 г. гидротермический коэффициент (1.14) был оптимальным по водо- и температуробеспеченности. В целом, за вегетационный период 2014 года зерно сформировалось недостаточно полным, что отразилось на массе 1000 зерен и урожайности пшеницы. Однако качество клейковины было высоким.

В 2015 году в мае (14.5°C; 39.2 мм) были хорошие условия для роста и развития культур. Июнь (20.7°C) и июль (19.1°C) были оптимальными по температуре воздуха, август (18.2 мм) и сентябрь (8.7 мм) оказались засушливыми, в сравнении со среднегодовым показателем, (43 и 27 мм). Сформированное зерно было более выполненным, но содержание клейковины было невысоким (21.2%). Судя по гидротермическому коэффициенту (0.73), можно сказать, что условия 2015 года складывались как умеренно-засушливые для роста и развития пшеницы [3].

Почвенные условия. Территория хозяйства расположена в зоне степей, с преобладанием черноземного типа почвообразования. Основной почвенной разностью на территории являются черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые, приуроченные к мелкосопочным равнинам и пологим склонам. Встречаются они как однородными массивами, так и в комплексе с другими почвенными разностями [1]. В пахотном слое почвы (0–40 см) содержание гумуса составляет 3–4.5%, нитратного азота – 60 мг, подвижного фосфора – 14 мг, подвижного калия – 338 мг на 1 кг почвы, pH равна 7.85 [6].

Результаты и их обсуждение

На формирование урожайности яровой пшеницы большое влияние оказывают онтогенетические особенности развития растений, сопровождающиеся сложнейшими физиолого-биохимическими процессами. От характера прохождения первого этапа органогенеза, завершающегося прорастанием семени и появлением всходов, зависит полевая всхожесть семян и, как следствие, густота стояния растений.

У исследуемых сортов яровой мягкой пшеницы полевая всхожесть отличается от лабораторной, которая не у всех сортов является стопроцентной, кроме сорта Карабалыкская 90 в сравнении со стандартом Акмола 2–99%, таблица 1.

Таблица 1

**Лабораторная всхожесть у сортов яровой мягкой пшеницы,
% (в среднем за 2014–2015 гг.)**

Акмола 2-St	Лютесценс 90	Карабалыкская 90	Росинка 3	Карабалыкская 20
99	97	100	94	98
M±SEM				
99.25±0.95	97.75±2.62	100.00±0.00	93.50±3.10	98.50±1.91

Между полевой всхожестью и полнотой всходов связь происходит, благодаря почвенно-климатическим условиям. Так, наибольшая полевая всхожесть 99% и дружная полнота всходов 298 шт. на 1 м² была отмечена у сорта Карабалыкская 20 и сорта Лютесценс 90, соответственно, 97 и 292, таблица 2.

Таблица 2

**Показатели густоты стеблестоя
у сортов яровой мягкой пшеницы (в среднем за 2014–2015 гг.)**

Сорта	Показатели				
	полнота всходов, шт./1м ²	полевая всхожесть, %	количество растений перед уборкой, шт./1м ²	сохранность, %	выживаемость, %
Акмола 2 –St	276	92	180	65	60
Лютесценс 90	292	97	200	68	66
Карабалыкская 90	240	80	192	80	64
Росинка 3	265	88	174	65	58
Карабалыкская 20	298	99	276	93	92
M±SEM	274.20±23.13	91.20±7.59	204.40±41.28	74.20±12.19	68.00±13.78

Кроме природных факторов, на снижение количества растений к уборке оказывают влияние сорняки, вредители и болезни. Менее подверженным к перечисленным условиям оказался сорт Карабалыкская 20, т.к. осенью насчитали 276 шт. растений на 1 м² или 93% сохранности. Разница в результатах была очень большой в сравнении со стандартом, соответственно, 180 и 65. На 80% сохранились растения (192 шт./м²) у сорта Карабалыкская 90. Соответственно, количество растений перед уборкой, шт. на 1 м² повлияло в целом на выживаемость, %, исходя из нормы высева зерен. Так, наибольший вышеуказанный показатель получен у сорта Карабалыкской 20–92, наименьший у Росинки 3–58%.

После появления всходов происходит дальнейшее развитие растений, по определенным морфологическим признакам которых определяют наступление фаз вегетации в условиях Северного Казахстана. Данные фенологического развития по пяти исследуемым сортам представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Фазы роста и развития
у сортов яровой мягкой пшеницы (в среднем за 2014–2015 гг.)**

Фазы роста и развития	Календарные даты наступления фаз				
	Акмола 2- St	Лютесценс 90	Карабалыкская 90	Росинка 3	Карабалыкская 20
Посев	26.05	26.05	27.05	27.05	27.05
Всходы	06.06	06.06	08.06	07.06	07.06
Кущение	18.06	18.06	19.06	20.06	19.06
Выход в трубку	03.07	03.07	04.07	04.07	04.07
Колошение	20.07	22.07	23.07	20.07	23.07
Цветение	28.07	29.07	30.07	25.07	1.08
Созревание зерна	19.08	17.08	24.08	16.08	26.08

По зафиксированным датам фенологического развития определили продолжительность межфазных и вегетационного периодов яровой мягкой пшеницы. В целом, продолжительность указанных периодов определяется погодными условиями и сортовыми особенностями. Вегетационный период подразделяют на 2 межфазных периода, в зависимости от репродуктивного развития: всходы – колошение, колошение–созревание.

Продолжительность периода от всходов до колошения определяется в основном двумя факторами – температурой воздуха и длиной дня. Длина данного периода, от которого зависит формирование урожая, колебалась у сортов в пределах от 54 до 57 суток [10]. Наиболее продолжительным период всходы – колошение был у сортов, суток: Лютесценс 90, Карабалыкская 90, Карабалыкская 20–57 в сравнении со стандартом, Акмола 2–55 и менее длинным у сорта Росинка 3–54, таблица 4.

Продолжительность периода колошение-созревание составляла в среднем, в сутках, от 26 до 34, что в целом подходит к условиям Северного Казахстана. Однако по сортам были отмечены различия в длительности этого периода. Более продолжительным, в сутках, он был у сортов Карабалыкская 90–32, Карабалыкская 20–34, в сравнении с контролем Акмола 2–30. Несколько меньше он был у сортов Лютесценс 90 и Росинка 3 (26 и 27 суток, соответственно).

Межфазный период определяет длину вегетации. Более продолжительной она была у сортов Карабалыкская 90 и Карабалыкская 20 и составляла 94 дня, у сорта Росинка 3–81 день, в сравнении со стандартом Акмола 2–85 дней, (табл. 4).

Структурный анализ, проведенный после уборки урожая сортов пшеницы представлен в таблице 5.

Таблица 4

**Продолжительность вегетационного периода
у сортов яровой мягкой пшеницы (в среднем за 2014–2015 гг.)**

Сорта	Межфазный период, суток						Вегетационный период, суток
	посев – всходы	всходы – кущение	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – цветение	цветение – озревание зерна	
Акмолла 2 –St	11	12	15	17	8	22	85
Лютесценс 90	11	12	15	19	7	19	83
Карабалыкская 90	12	11	15	19	7	25	94
Росинка 3	11	13	14	16	5	22	81
Карабалыкская 20	11	12	15	19	9	25	94
M±SEM	11.20± ±0.44	12.00± ±0.70	14.80± ±0.44	18.00±± 1.41	7.20± ±1.48	22.60± ±2.50	87.40± ±6.18

Таблица 5

**Элементы структуры урожая
у сортов яровой мягкой пшеницы (в среднем за 2014–2015 гг.)**

Сорта	Высота растения, см	Коэффициент продуктивной кустистости	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Масса растения, г	Число зерен с главного колоса, шт.	Масса зерна с растения, г.	Масса 1000 зерен, г.
Акмолла 2 –St	90	1.3	8.1	10.9	3.30	23	1.46	38.7
Лютесценс 90	86	1.4	8.4	14.1	3.62	26	1.49	38.8
Карабалыкская 90	84	1.3	8.3	13.3	2.87	24	1.44	37.6
Росинка 3	89	1.4	8.8	14.5	3.18	24	1.60	36.5
Карабалыкская 20	94	1.2	7.7	11.4	2.77	22	1.37	35.2
M±SEM	88.60± ±3.84	1.32± ±0.08	8.26± ±0.40	12.84± ±1.61	3.14± ±0.34	23.80± ±1.48	1.47± ±0.08	37.30± ±1.52
HCP ₀₅	-	-	-	-	0.03	-	0.01	0.40
r±t ₀₅	-0.54± ±-0.09	0.71± ±0.78	0.59± ±0.73	0.69± ±0.77	0.25± ±0.53	0.77± ±0.80	0.43± ±0.65	0.18± ±0.49

Высота растений показывает определенную возможность развития его вегетативной и репродуктивной частей, представленной элементами структуры.

Самый длинный стебель, в см, отмечен у сорта Карабалыкская 20–94, у стандарта же составил менее 90, у остальных сортов линейный рост, в среднем составил 84–89 (табл. 5).

Между высотой растения и кустистостью выявлена обратная зависимость, т.е. чем выше кустистость, тем ниже высота растений.

Коэффициент продуктивной кустистости, в среднем по сортам, составил 1.2–1.4 стебля на одно растение. Длина колоса связана с числом колосков в нем и соответственно с зерном. Чем выше длина колоса (см), тем больше колосков (шт.) он содержит. Эта закономерность была выявлена у сортов Росинка 3–8.8 см; 14.5 шт. и Лютесценс 90–8.4 см; 14.1 шт.

Озерненность колоса, указывающая на сортовой признак, составляла от 22 до 26 зерен. Этому способствовала хорошая обеспеченность влагой в период колошения.

По озерненности колоса выделился сорт Лютесценс 90 (26 шт.), который представляет следующее соотношение между озерненностью колоса и массой зерна с растения (шт./г): 26 к 1.49. Небольшое уменьшение зерна в колосе отмечено у сортов Карабалыкская 90 и Росинка 3 (по 24 шт.). По данным Rebetzke G.J. и других авторов увеличение количества зерна компенсируется значительным снижением его массы (до 5%) [23]. Так, у сорта Карабалыкская 90 соотношение составило: 24 к 1.44. У сорта Росинка 3, соответственно: 24 к 1.60. Вышеуказанные показатели были намного больше, чем у стандарта Акмола 2: 23 к 1.46.

При отборе сортов обращают внимание на показатель: масса зерна с растения, г, который учитывается для подсчета зерна при определении показателя массы 1000 зерен [22]. Такие свойства зерна, как его выполненность, крупность увеличивают массу 1000 зерен. В почвенно-климатических условиях Северного Казахстана по массе зерна с растения, г, выделился сорт Лютесценс 90–38.8 среди остальных и на +0.1 от стандарта; также хорошей массой отличился сорт Карабалыкская 90–37.6.

Доминирующими факторами, влияющими на урожайность и качество зерна яровой пшеницы, являются: средства интенсификации – 30.6%, вклад предшественников – 22.0%, погодные условия – 19.3% и система обработки почвы – менее 10% [20].

Урожайность зерна с единицы площади зависит от количества растений, сохранившихся к уборке, отличающегося по сортам. Остальные элементы структуры урожая: продуктивная кустистость, длина колоса, см; число зерен с главного колоса, шт.; масса зерна с растения, г; масса 1000 зерен, г, также влияют на повышение урожайности. В таблице 6 представлена урожайность у исследуемых сортов яровой мягкой пшеницы. В настоящее время урожайность зерна увеличивается наряду с адаптивностью, экологической пластичностью и стабильностью сортов [11].

Наибольшая урожайность как внешняя реакция культуры на предлагаемые агроприемы [2] получена у сорта Лютесценс 90 (1.98 т/га) в сравнении со стандартом (1.73 т/га), прибавка составила +0.25 т/га.

Увеличение данной урожайности получено благодаря следующим градациям показателей: коэффициент кустистости 1.4, озерненность колоса 26 шт., высота стебля 86 см., устойчивость к полеганию.

Высокая урожайность 1.92 т/га в сравнении со стандартом была получена и у сорта Росинка 3, а достоверная прибавка составила +0.19 т/га. Этот сорт характеризовался равномерным созреванием зерна и продуктивностью колоса (24 шт. зерен с колоса, 1.60 г зерна с одного растения). Коэффициент кустистости составлял 1.4. В период вегетации отмечен равномерный стеблестой, устойчивость к засухе и полеганию.

Выделился также и сорт Карабалыкская 90 с урожайностью 1.85 т/га, прибавка к стандарту составила +0.12 т/га. Высокая урожайность у данного сорта сформировалась за счет структурных элементов, а именно коэффициента кустистости – 1.4; массы 1000 зерен 38 г; озерненности колоса (24 шт.).

Стандарт – Акмола 2, является районированным сортом и в Северо-Казахстанской области, где он также учитывался при сравнении урожайных и качественных показателей с пшеницей китайской селекции [17].

Таблица 6

Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы (в среднем за 2014–2015 гг.)

Сорта	Урожайность, т/га	Отклонения, т/га
Акмола 2 –St	1.73	-
Лютесценс 90	1.98	+0.25
Карабалыкская 90	1.85	+0.12
Росинка 3	1.92	+0.19
Карабалыкская 20	1.71	-0.02
НСР ₀₅	0.01	

Выращенное зерно должно быть высококачественным в связи с его пищевым назначением благодаря почвенно – климатическим особенностям региона. Однако в настоящее время в мире на долю сильной пшеницы приходится 15–20%, так, в России данная потребность удовлетворяется на 20–40% [9]. Интенсивная технология возделывания яровой пшеницы способствует существенному повышению ее продуктивности и улучшению технологических свойств зерна [21]. По показателям натурной массы зерна, г/л, стекловидности, %, содержания белка в зерне, % и клейковины в муке, % с урожайностью имеется прямая связь.

Результаты натурной массы зерна зависели непосредственно от размеров, консистенции и выполненности зерна в период его налива и созревания. Наибольший показатель натурной массы зерна, г/л, зафиксирован у сорта пшеницы Лютесценс 90 (792), его небольшие снижения в пределах 10 г отмечены у сортов Росинка 3 (788) и Карабалыкская 90 (782) и достоверно превышают стандарт – Акмола 2 (771) и регламентированы стандартом, таблица 7.

По стекловидности, %, отмечена похожая ситуация, т.к. результаты от 86 до 83 были отмечены у тех же сортов: Лютесценс 90, Росинка 3, Карабалыкская 90 и превышали стандарт – 81. Содержание белка в зерне, % у данных сортов пшеницы варьировало от 15.0 до 14.3 в сравнении с сортом Акмола 2–13.9%. Соответствующий показатель вышеуказанному: содержание клейковины в муке, %, зафиксирован у заслуживающих внимания вышеперечисленных сортов от 26.0 до 24.7 в сравнении со стандартом 23.9%.

О хороших хлебопекарных качествах муки говорит показатель «число падения», сек. Наибольшее значение показателя выражено у сортов: Карабалыкская 90 (380/394) и Лютесценс 90 (371/377) в сравнении со стандартом (348/334). Перечисленные показатели качества зерна у сортов яровой мягкой пшеницы соответствуют ГОСТу 9353–2016.

**Показатели технологического качества зерна
у сортов яровой мягкой пшеницы (в среднем за 2014–2015 гг.)**

Сорта	Натурная масса зерна, г/л	Стекловидность, %	Содержание белка в зерне, %	Содержание клейковины в муке, %	Число падения, сек
Акмола 2 –St	771	81	13.9	23.9	348/334
Лютесценс 90	792	86	15.0	26.0	371/377
Карабалыкская 90	782	83	14.3	24.7	380/394
Росинка 3	788	85	14.9	25.8	343/350
Карабалыкская 20	768	82	13.4	22.8	340/354
M±SEM	780.20±10.44	83.40±2.07	14.30±0.67	24.64±1.33	356.40±17.95/ 361.8±23.6

Заключение

Таким образом, сравнительная оценка экологического испытания сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Акмолинской области Северного Казахстана выявила у сортов Лютесценс 90, Росинка 3 и Карабалыкская 90 тесную и прямую коррелятивную взаимосвязь урожайности (1.98; 1.92 и 1.85 т/га, соответственно) со слагающими элементами продуктивности, такими как, число зерен с главного колоса $r \pm t_{05} = 0.77 \pm 0.80$; коэффициент продуктивной кустистости $r \pm t_{05} = 0.71 \pm 0.78$; число колосков в колосе $r \pm t_{05} = 0.69 \pm 0.77$. Обратная средняя зависимость проявилась по высоте растений $r \pm t_{05} = 0.54 \pm 0.09$. Качество зерна сортов стандартизировано.

Перечисленные сорта яровой мягкой пшеницы можно рекомендовать к массовому размножению в степной зоне Северного Казахстана.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник: под ред. *С.С. Байшолонова*. Астана: Институт географии МОН РК, 2017. 125 с.
2. Агротехнологические основы технологий возделывания сельскохозяйственных культур: монография: под. общ. ред. *С.В. Богомазова А.А. Галиуллина*. Пенза: РИО ПГАУ, 2018. 257 с.
3. Архив погоды [Электронный ресурс] // Погода и климат: [сайт]. (2019). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=28879> (дата обращения: 29.10.2019).
4. Высокоэффективные технологии возделывания зерновых культур в ползузасушливых условиях Северного Казахстана: методические рекомендации. Шортанды: НПЦЗХ им. А.И. Бараева, 2009. 57 с.
5. ГОСТ 9353–2016 Пшеница. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2016. 12 с.
6. ГОСТ Р 56157–2014 Почва. Методики (методы) анализа состава и свойств проб почв. Общие требования к разработке. Москва: Стандартинформ, 2015. 12 с.

7. Государственный реестр селекционных достижений рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан [Электронный ресурс] // РГУ Госкомиссия по сортоиспытанию с.х. культур МСХ РК: [сайт]. (2019). URL: <http://www.goscomsort.kz/index.php/ru/izdaniya/gosudarstvennyj-reestr-seleksionnykh-dostizhenij-rekomenduemykh> (дата обращения: 29.10.2019).
8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. *Жученко А.А.* Ресурсный потенциал производства зерна в России. Москва: Агрорус, 2004. 1109 с.
10. *Краснова Ю.С., Шаманин В.П., Моргунов А.И., Петуховский С.Л., Трущенко А.Ю.* Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы селекции ОмГАУ в условиях изменчивых климатических факторов южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2015. № 1(34). С. 52–60.
11. *Краснова Ю.С.* Изменчивость элементов продуктивности сортов мягкой яровой пшеницы в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 1. С. 64–70.
12. *Кучеров В.С., Булеков Т.А.* Село возрождается // Ғылым және білім 2007. № 4(9). С. 12–15.
13. *Ларионов Ю.С.* Проблемные аспекты современного семеноводства и семеноведения // Селекция и семеноводство. 2004. № 3. С. 17–19.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Общие положения государственного сортоиспытания: под ред. *М.А. Федина*. Москва: Колос, 1985. Выпуск 1. 263 с.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые травы: под ред. *А.И. Григорьева*. Москва: Колос, 1989. Выпуск 2. 194 с.
16. Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013–2020 годы «Агробизнес – 2020» // Постановление Правительства Республики Казахстан от «18» февраля 2013 года № 151. – А., 2013. – 18 с.
17. *Пучкова С.Ю., Такенова Д.Е., Амелина В.А.* Продуктивность яровой пшеницы китайской селекции при сортоиспытании в условиях лесостепи Северного Казахстана // Евразийский потенциал и новые возможности развития в условиях глобальных вызовов: материалы международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения–2018». Петропавловск: ИПО СКГУ им. М. Козыбаева. С. 204–208
18. *Сулейменов М.К.* Агротехника яровой пшеницы. Алма-Ата: Кайнар, 1981. 181 с.
19. *Сыздыкова Г.Т., Середя С.Г., Малицкая Н.В.* Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 1. С. 103–110.
20. *Холмов В.Г., Юшкевич Л.В.* Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири: монография. Омск: Изд-во ФГОУ, 2006. 396 с.
21. *Юшкевич Л.В., Пахотина И.В., Ломановский А.В.* Продуктивность и технологические свойства зерна яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // Состояние и перспективы научного обеспечения АПК Сибири: сборник научных статей, посвященный 190-летию опытного дела в Сибири, 100-летию сельскохозяйственной науки в Омском Прииртышье и 85-летию образования Сибирского НИИ сельского хозяйства. ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2018. С. 149–153.
22. *Fischer R.A.* The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson // Field Crop Res. 2008. № 105. P. 15–21.
23. *Rebetzke G.J., Bonnett D.G., Reynolds M.P.* Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat // Journal of Experimental Botany. 2016 № 67(9). P. 2573–2586

RELATIONSHIP BETWEEN THE YIELD OF SPRING SOFT WHEAT VARIETIES AND TECHNOLOGICAL GRAIN QUALITY IN THE CONDITIONS OF AKMOLA REGION OF NORTH KAZAKHSTAN

N.V. MALITSKAYA¹, S.YU. PUCHKOVA¹, G.T. SYZDYKOVA², ZH.N. ALENOV²,
T.ZH. AYDARBEKOVA², I.V. RUKAVITSINA³, A.A. GALIULLIN⁴

(¹ North-Kazakhstan State University named after M. Kozybayev;

² Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov;

³ Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Barayev;

⁴ Penza State Agrarian University)

The effectiveness of environmental variety testing was registered by the average yield level exceeding the standard and differing in varietal and technological indicators. The tests were carried out for mass reproduction and food purposes, recommended for cultivating spring soft wheat varieties in a hilly area of steppe plain on medium chernozem of Ak-mola region.

The research objectives include the influence of varietal agricultural technology on the elements of the yield structure associated with the technological grain quality; grain quality conformity with the interstate consumer standards, mainly the baking ones.

The objects of research include the varieties recommended for cultivation of spring soft wheat of the mid-ripening group: Ak-mola 2 (St), Lutetsens 90, Karabalykskaya 90, Rosinka 3, Karabalykskaya 20.

Varietal cultivation technology provided an opportunity to obtain high-yielding varieties of spring soft wheat in the studied agricultural zone with noteworthy economic (length of the vegetation period, days; indicators of yield structure, yield, t/ha) and technological (bushel weight of grain, g/l; kernel hardness, %; protein content in grain, % and gluten in flour, %; falling number, sec) signs.

Three varieties: Karabalykskaya 90, Rosinka 3, Lutetsens 90, have survival rate (%) at the following level: 64, 58, 66; yield (t/ha): 1.85, 1.92, 1.98, respectively, as compared to Ak-mola 2 standard (60% and 1.73 t/ha). The technological grain quality as to the gluten content (%) corresponded on average to grade 3 and amounted to: 24.7; 25.8; 26.0; 23.9 (standard).

The above mentioned wheat varieties deserve further seed propagation in the agricultural enterprises of Ak-mola region (Kazakhstan).

Key words: food safety, soft wheat, variety testing, cultivation technology, yield, technological quality, seed production.

References

1. Agroklimaticheskiye resursy Severo – Kazahstanskoy oblasti: nauchno-prikladnoy spravochnik [Agroclimatic resources of the North Kazakhstan region: scientific-and-applied reference book]: ed. by S.S. Baysholanov. Astana: Institut geografii MON RK, 2017: 125. (In Rus.)
2. Agrotekhnologicheskiye osnovy tekhnologiy vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: monografiya [Agrotechnological basis of technologies for crop cultivation of: monograph]: ed. by S.V. Bogomazov A.A. Galiullin. Penza: RIO PGU, 2018: 257. (In Rus.)
3. Arhiv pogody [Weather archive] [Electronic resource] // Pogoda i klimat [Weather and climate]: [website]. (2019). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=28879> (access date: 29.10.2019). (In Rus.)
4. Vysokoeffektivniye tekhnologii vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v poluzasushlivykh usloviyakh Severnogo Kazakhstana: metodicheskiye rekomendatsii [Highly efficient technologies for the cultivation of grain crops in semi-arid conditions of Northern Kazakhstan: guidelines]. Shortandy: NPCZKH im. A.I. Barayev, 2009: 57. (In Rus.)

5. GOST 9353–2016 Pshenitsa. Tekhnicheskie usloviya [Wheat. Technical conditions]. Moskva: Standartinform, 2016: 12. (In Rus.)
6. GOST R56157–2014 Pochva. Metodiki (metody) analiza sostava i svoystv prob pochv. Obshchiye trebovaniya k razrabotke [Soil. Methods of analyzing the composition and properties of soil samples. General development requirements]. Moskva: Standartinform, 2015: 12. (In Rus.)
7. Gosudarstvenniy reestr selektsionnykh dostizheniy rekomenduemykh k ispol'zovaniyu v Respublike Kazahstan [State register of selection achievements recommended for use in the Republic of Kazakhstan] [Electronic resource] // State Commission for Variety Testing of agricultural cultures of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan: [website]. (2019). URL: <http://www.goscomsort.kz/index.php/ru/izdaniya/gosudarstvennyj-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-rekomenduemykh> (access date: 29.10.2019). (In Rus.)
8. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta [Methodology of field experiments]. Moskva: Agropromizdat, 1985: 351. (In Rus.)
9. *Zhuchenko A.A.* Resursniy potentsial proizvodstva zerna v Rossii [Resource potential of grain production in Russia]. Moskva: Agrorus, 2004: 1109. (In Rus.)
10. *Krasnova Yu.S., Shamanin V.P., Morgunov A.I., Petuhovskiy S.L., Trushchenko A.Yu.* Urozhainost sortov yarovoy myagkoy pshenitsy selektsii OmGAU v usloviyakh izmenchivyykh klimaticheskikh faktorov yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri [Yield of spring soft wheat varieties of the OmsAU selection in conditions of variable climatic factors of the southern forest-steppe of Western Siberia] // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015; 1(34): 52–60. (In Rus.)
11. *Krasnova Yu.S.* Izmenchivost elementov produktivnosti sortov myagkoy yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Variability of yield elements of soft spring wheat varieties grown in Western Siberia] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; 1: 64–70. (In Rus.)
12. *Kucherov V.S., Bulekov T.A.* Selo vozrozhdaetsya [Rural areas are reviving] // Gilym zhane bilim 2007; 4(9): 12–15. (In Rus.)
13. *Larionov Yu.S.* Problemniye aspekty sovremennogo semenovodstva i semenovedeniya [Problematic aspects of modern seed production and seed science] // Seleksiya i semenovodstvo. 2004; 3: 17–19. (In Rus.)
14. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur [Methodology of state variety testing of crops] / Obshchiye polozheniya gosudarstvennogo sortoispytaniya: ed. by *M.A. Fedin*. Moskva: Kolos, 1985; 1: 263. (In Rus.)
15. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaistvennykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops] / Zernoviye, krupyaniye, zernoboboviye, kukuruza i kormoviye travy: ed. by *A.I. Grigoriev*. Moskva: Kolos, 1989; 194. (In Rus.)
16. Programma po razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Kazahstan na 2013–2020 gody "Agrobiznes – 2020" [Program for agricultural development in the Republic of Kazakhstan for 2013–2020 "Agribusiness – 2020"] // Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazahstan ot "18" fevralya 2013 goda No. 151. – A., 2013: 18. (In Rus.)
17. *Puchkova S. Yu., Takenova D.E., Amelina V.A.* Produktivnost yarovoy pshenitsy kitajskoy selektsii pri sortoispytanii v usloviyakh lesostepi Severnogo Kazakhstana [Yield of spring wheat of the Chinese selection during variety testing in the forest-steppe region of Northern Kazakhstan] // Evraziyskiy potentsial i novye vozmozhnosti razvitiya v usloviyakh global'nykh vyzovov: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Kozybaevskiyecheniya-2018". Petropavlovsk: IPO SKGU im. M. Kozybaeva. 204–208. (In Rus.)
18. *Suleymenov M.K.* Agrotekhnika yarovoy pshenitsy [Agrotechnology of growing of spring wheat]. Alma –Ata: Kajnar, 1981: 181. (In Rus.)
19. *Syzdykova G.T., Sereda S.G., Malitskaya N.V.* Podbor sortov yarovoy myagkoy pshenitsy (*Triticum aestivum*L.) po adaptivnosti k usloviyam stepnoy zony Akmolinskoy

oblasti Kazahstana [Selection of varieties of spring soft wheat (*Triticumaestivum* L.) for adaptability to the conditions of the steppe zone of the Akmla region (Kazakhstan)] // Sel'skohozyaistvennaya biologiya. 2018; 53; 1: 103–110. (In Rus.)

20. *Kholmov V.G., Yushkevich L.V.* Intensifikatsiya i resursosberezheniye v zemledelii lesostepi Zapadnoy Sibiri: monografiya [Intensification and resource saving in the agriculture of the forest-steppe of Western Siberia: Monograph]. Omsk: Izd-vo FGOU, 2006: 396. (In Rus.)

21. *Yushkevich L.V., Pakhotina I.V., Lomanovskiy A.V.* Produktivnost' i tekhnologicheskiye svoystva zerna yarovoy pshenitsy v lesostepi Zapadnoy Sibiri [Grain yield and technological properties of spring wheat grown in the forest-steppe of Western Siberia] // Sostoyaniye i perspektivy nauchnogo obespecheniya APK Sibiri: sbornik nauchnykh statey, posvyashchennyiy 190-letiyu opytного dela v Sibiri, 100-letiyu sel'skohozyaistvennoy nauki v Omskom Priirtshe i 85-letiyu obrazovaniya Sibirskogo NII sel'skogo khozyaystva. FGBNU "Omskiy ANC". – Omsk: Izd-vo IP Maksheyevoy E.A., 2018: 149–153. (In Rus.)

22. *Fischer R.A.* The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson // Field Crop Res. 2008; 105: 15–21. (In English)

23. *Rebetzke G.J., Bonnett D.G., Reynolds M.P.* Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat // Journal of Experimental Botany. 2016; 67(9): 2573–2586. (In English)

Малицкая Наталья Владимировна – к.с.-х.н., старший преподаватель кафедры «Агрономия и лесоводство» НАО «Северо – Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева» (150000, Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86; телефон: 8-777-421-02-35, e-mail: natali_gorec@mail.ru).

Пучкова Светлана Юрьевна – магистр садоводства, старший преподаватель кафедры «Агрономия и лесоводство» НАО «Северо – Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева» (150000, Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86; телефон: 8-777-656-62-25, e-mail: puchkova-1968@mail.ru).

Сыздыкова Гульсум Ташкеновна – к.с.-х.н., доцент кафедры «Растениеводство, почвоведение, агрохимия» РГП на ПХВ «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова» (020000, Казахстан, г. Кокшетау, ул. Куанышева, 192; телефон: 8-701-997-89-04, e-mail: syzdykova_1956@mail.ru).

Аленов Жумабай Нурсентович – к.с.-х.н., доцент кафедры «Растениеводство, почвоведение, агрохимия» РГП на ПХВ «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова» (020000, Казахстан, г. Кокшетау, ул. Куанышева, 192; телефон: 8-707-281-09-49, e-mail: zh_alenov@mail.ru).

Айдарбекова Тойжан Жумагалиевна – магистр сельского хозяйства, старший преподаватель кафедры «Растениеводство, почвоведение, агрохимия» РГП на ПХВ «Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова» (020000, Казахстан, г. Кокшетау, ул. Куанышева, 192; телефон: 8-771-665-65-62, e-mail: aidarbekovat@mail.ru).

Рукавицина Ирина Викторовна – к.б.н., заведующая лабораторией микробиологии ТОО «Научно – производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева» (021601 Акмолинская область, Шортандинский район, п. Шортанды-1; телефон: 8-778-643-83-64, e-mail: irukavitsina@mail.ru).

Галиуллин Альберт Амирович – к.с.-х.н., доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» (440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30; телефон: 8-964-872-71-57, e-mail: galiulin.a.a@pgau.ru).

Natalya V. Malitskaya – PhD (Ag), Senior Lecturer, the “Agronomy and Forestry” Department, M. Kozybayev North Kazakhstan State University (150000, Kazakhstan, Petropavlovsk, 86 Pushkin Str.; phone: +7-777-421-02-35, e-mail: natali_gorec@mail.ru).

Svetlana Yu. Puchkova – MSc of Horticulture, Senior Lecturer, the “Agronomy and Forestry” Department, M. Kozybayev North Kazakhstan State University (150000, Kazakhstan, Petropavlovsk, 86 Pushkin Str.; phone: +7-777-421-02-35, e-mail: puchkova@mail.ru).

Gulsum T. Syzdykova – PhD (Ag), Associate Professor, the “Plant Growing, Soil Science, and Agricultural Chemistry” Department, Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov (020000, Kazakhstan, Kokshetau, 192 Kuanysheva St.; phone: +7-701-997-89-04, e-mail: syzdykova_1956@mail.ru).

Zhumabay N. Alenov – PhD (Ag), Associate Professor, the “Plant Growing, Soil Science, and Agricultural Chemistry” Department, Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov (020000, Kazakhstan, Kokshetau, 192 Kuanysheva St.; phone: +7-701-997-89-04, e-mail: zh_alenov@mail.ru).

Toyzhan Zh. Aydarbekova – MSc of Agriculture, Senior Lecturer, the “Plant Growing, Soil Science, and Agricultural Chemistry” Department, Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov (020000, Kazakhstan, Kokshetau, 192 Kuanysheva St.; phone: +7-701-997-89-04, e-mail: zh_alenov@mail.ru).

Irina V. Rukavitsina – PhD (Bio), Head of the Microbiology Laboratory, Research and Production Center of Grain Farming named after A.I. Barayev (021601 Akmola Region, Shortandy District, Shortandy-1; phone: +7-778-643-83-64, e-mail: irukavitsina@mail.ru).

Albert A. Galiullin – PhD (Ag), Associate Professor, the “Processing of Farm Produce” Department, Penza State Agrarian University (440014, Russia, Penza, Botanicheskaya Str., 30; phone: +7-964-872-71-57, e-mail: asketgaliulin.aa@pgau.ru).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

А.С. КЛЮЧНИКОВ

(Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса»)

Для решения вопроса повышения посевных качеств семян и снижения их травмирования при послеуборочной обработке был разработан, изготовлен и апробирован опытный образец универсальной сушилки УС-0,35, в которой реализован новый энергоэффективный трёхэтапный конвективный способ сушки. Проведена серия лабораторных экспериментов и полевых опытов по влиянию разработанного способа сушки на посевные качества семян на примере озимой ржи, яровой пшеницы, ярового овса. Была определена всхожесть, энергия прорастания семян и полнота всходов. Перед началом эксперимента уборка урожая каждой культуры осуществлялась тщательно отрегулированным согласно заводским инструкциям зерноуборочным комбайном ДОН-1500Б. Клавиши соломотряса комбайна были модернизированы гибкими подбивальщиками. Зерновой ворох контрольной партии сушили по стандартной технологии, конвективным способом на сушилке СКУ-2,5. Опытную партию сушили на разработанной универсальной сушилке УС-0,35. Показано, что выход семян ржи в опытной группе, заложенный на хранение, был больше на 12,5% по сравнению с контролем. Выход семян пшеницы в опытной группе был больше на 11,7% по сравнению с контролем. Выход овса в опытной группе был больше на 4,6% по сравнению контролем. Показатели всхожести семян ржи, пшеницы и овса превосходили аналогичные показатели контрольной группы соответственно на 7,6, 5,4 и 4,2%, показатели энергии прорастания соответственно на 15,1, 19,5 и 4,2%. Результаты полевого опыта показали, что полнота всходов семян ржи опытной группы была на 12,5% достоверно выше по сравнению с контрольной группой, пшеницы и овса достоверно выше на 10,1%.

Ключевые слова: сушка, универсальная сушилка, качественные семена, всхожесть, энергия прорастания, полнота всходов, полевой опыт.

Введение

Одним из важнейших условий сохранения биосферы и увеличения продуктивности земледелия является построение его систем на принципах энергосбережения и экологической сбалансированности [11; 15; 16; 17; 18; 19].

Задача органического земледелия сводится к получению максимально возможного урожая культуры для данного региона, без использования минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Для перехода на органическое земледелие необходимо решить проблему подготовки семенного материала, так как именно от качества семян зависит равномерность всходов, развитие и способность растений противостоять болезням и вредителям. Высококачественные семена позволяют наиболее полно использовать генетический потенциал любой культуры [14].

В условиях Северо-Западного региона в большинстве хозяйств полевая всхожесть различных культур колеблется в широких пределах. Это в первую очередь связано с травмированием семян и, как следствие, нарушением у них биохимических процессов в результате машинной уборки и послеуборочной обработки [10].

Повсеместная распространенность и отрицательное воздействие на посевные и урожайные качества семян превратили травмирование в одну из серьезных проблем современного семеноводства и семеноведения. Травмирование семян особенно велико в увлажненных районах страны, к которым относится Северо-Западный регион. Из-за данной проблемы сельхозтоваропроизводители несут значительные экономические убытки.

Показано, что каждое повышение травмирования семенного материала на 10% приводит к снижению урожайности более чем на 1 центнер с гектара [5]. Поэтому применение биологически полноценных семян – одно из наиболее важных и необходимых условий решения трёх народнохозяйственных задач: уменьшения нормы высева семян, повышения равномерности распределения растений по площади и увеличения валового сбора продукции растениеводства.

Большая часть среди травмированных при послеуборочной обработке семян получает повреждения во время сушки в результате механических и термических воздействий. До настоящего времени ряд вопросов, связанных с послеуборочной обработкой семян с сохранением их нативных свойств, слабо изучен. Для решения поставленных задач автором был разработан и изготовлен опытный образец универсальной сушилки УС-0,35, в которой реализован эффективный трёхэтапный конвективный способ сушки. Новизна конструкции сушилки и способа сушки подтверждена патентами на изобретение № 2648176 и № 2654768. Цель данного исследования – изучить посевные качества семян на примерах озимой ржи, яровой пшеницы, ярового овса.

Методика исследования

Исследование проведено на трёх зерновых культурах, среди которых: озимая рожь сорта Татьяна; яровая пшеница сорта Сударыня; яровой овёс сорта Яков. Все исследуемые сорта в период с 2012 по 2014 гг. районированы по Ярославской области, данные сорта широко используются в сортосмене сельхозтоваропроизводителями области, кроме того, по ГОСТу испытание сушилок в обязательном порядке проводится на зерне пшеницы.

Перед подготовкой к экспериментам по влиянию нового способа сушки на посевные качества семян уборку урожая каждой культуры осуществили тщательно отрегулированным зерноуборочным комбайном ДОН-1500Б. Клавиши соломотряса комбайна были оборудованы гибкими подбивальщиками. Это наше новшество позволило снизить частоту вращения молотильного барабана до минимально допустимой из диапазона регулировок по заводской инструкции для уборки зерновых. Данные настройки были проведены для снижения потерь и травмирования семенного материала [2]. Семенной ворох для экспериментов отбирали из урожая, выращенного в действующем севообороте филиала ФГБУ «Государственная комиссия Российской федерации по испытанию и охране селекционных достижений по Ярославской области» в Большесельском районе.

Собранный экспериментальный ворох поступал на зерноочистительно-сушильный пункт. Уборочная площадь каждой культуры составила 10 га, влажность семенного вороха, поступающего на пункт, для ржи Татьяна составила 21,5%, для пшеницы Сударыня – 24,7%, для овса Яков – 18%. Зерновой ворох проходил первичную очистку на машине ОВС-25 и поступал на сушку. Масса поступившего на сушку вороха для ржи Татьяна составила 277 ц, для пшеницы Сударыня – 278 ц, для овса Яков – 237 ц.

Зерновой ворох контрольной партии сушили по стандартной технологии, конвективным способом на сушилке СКУ-2,5. Опытную партию сушили на разработанной универсальной сушилке УС-0,35. Высушенный зерновой ворох контрольной и опытной партий проходил вторичную очистку и сортирование, после чего семенная фракция была заложена на хранение в склад. Для проверки гипотезы о влиянии разработанного способа сушки на посевные качества семян были проведены лабораторные опыты с участием сертифицированной лаборатории филиала ФГУ «Россельхозцентр по Ярославской области» Ярославского районного отдела и полевые опыты по определению полноты всходов, а также силы роста. В таблице 1 приведены условия проведения опытов.

Сушилка УС-0,35 (рис. 1) представляет собой агрегат, основой которого является сушильная камера 1, верхняя и нижняя части которой представлены воздухо-распределительной решёткой с регулируемым коэффициентом живого сечения для эффективной сушки разноразмерных частиц семенного вороха всех полевых культур и измельчённого травяного корма. В сушилке УС-0,35 осуществлена сушка материала в неподвижном слое. Равномерная влажность материала по толщине слоя обеспечена постепенным, длительным его нагревом и охлаждением, движением сушильного агента в первой половине цикла сушки снизу-вверх, а во второй – сверху-вниз. Равномерная сушка по площади сушильной камеры обеспечена клиновой формой четырех воздухоподводящих каналов с возможностью регулирования воздушного потока на входе в каждый. Трёхэтапный способ сушки реализован комплексной работой электрокалорифера с регулируемой теплопроизводительностью и системы реверсирования направления движения сушильного агента. Выгрузка с одновременным доохлаждением материала сушки осуществлена аэрожелобами энергией движения воздуха от вентиляторов.

Для проведения лабораторных опытов на всхожесть, энергию прорастания и химический состав семян из насыпей каждой культуры с помощью щупа по стандартной методике отбирались по 1 кг пробы, которые были упакованы в мешки и опечатаны. Мешки доставляли в лабораторию, вскрывали, вручную отбирали по 100 зёрен для определения всхожести и энергии прорастания в контрольной и опытной партиях. Опыт проведён в четырёх повторностях, использован метод проращивания на ложе из песка. Химический состав исследуемых культур определяли по стандартным методикам.

Полевой опыт для каждой культуры провели в действующем севообороте. Для соблюдения принципа экологичности органического сельского хозяйства, поля, где проходили эксперименты, имели естественный агрофон. Стабильный уровень плодородия почвы поддерживается восьмипольным севооборотом: занятый пар (вико-овсяная смесь); озимые (озимая рожь); яровые с подсевом трав (овёс + клевер луговой + тимopheека луговая + овсяница луговая); многолетние травы первого года пользования (второго года жизни); многолетние травы второго года пользования (третьего года жизни); занятый пар (вико-овсяная смесь); яровые (яровая пшеница); яровые (овёс).

Поля, на которых проходили опыты, обладают однородностью почвенного покрова, имеют дерново-подзолистый легкосуглинистый тип почв. Средняя мощность перегнойного горизонта составляет 20 см, pH = 5, содержание P_2O_5 = 166 мг/кг, K_2O = 75 мг/кг, гумуса – 1.91%, сумма поглощённых оснований – 10,8 мг-экв, степень насыщенности почв основаниями – 80.6%. Многолетние наблюдения за состоянием культурных растений на участках позволили сделать вывод о приемлемом состоянии микробиоты их почв. Рельеф участков ровный, уклон отсутствовал.



Рис. 1. Сушилка УС-0,35:

- 1 – сушильная камера; 2 – электрокалорифер; 3 – осевой вентилятор;
 4 – поворотный патрубок; 5 – реверсивный осевой вентилятор; 6 – диффузор;
 7 – жалюзийная заслонка; 8 – рычаг управления кареткой воздухораспределительной решётки;
 9 – нижний клиновидный воздухоподводящий канал; 10 – загрузочный лоток; 11 – рама;
 12 – подрамник

Таблица 1

Условия проведения опытов

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	Кон- троль	опыт	Кон- троль	опыт	Кон- троль	опыт
Масса поступившего на сушку вороха, ц	138,5	138,5	139,0	139,0	118,5	118,5
Температура сушильного агента, °С	45	I – 10...35 II – 35 III – 35...10	45	I – 10...35 II – 35 III – 35...10	45	I – 10...35 II – 35 III – 35...10
Количество семян в лабораторном эксперименте перед закладкой на хранение, шт.	400	400	400	400	400	400
Количество семян в лабораторном эксперименте перед посевом, шт.	400	400	400	400	400	400
Количество высеванных семян в полевом опыте, млн шт./га	6	6	6	6	6	6

Были проведены двухвариантные опыты с четырёхкратной повторностью. Схема опыта представлена на рисунке 2. Размер делянки ширина 1,95 м, длина 12,82 м ($S = 25 \text{ м}^2$). Дорожки между делянками 0,3 м.

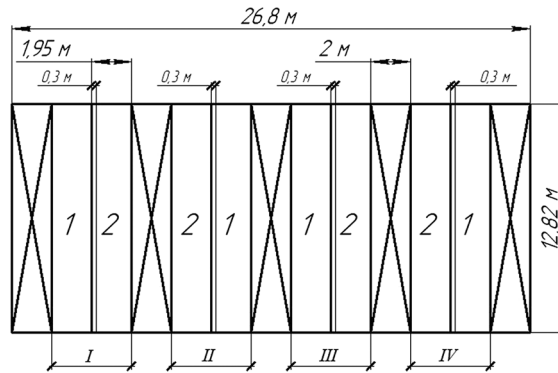


Рис. 2. Схема однофакторного полевого опыта:
1 – контроль; 2 – опыт; х – защитная делянка; □-□ – повторности опыта

Разбивку участков согласно схеме (рис. 2) провели после подготовки поля к посеву. На площади участков, отведённых под опыты, отсутствовали свальные и развальные борозды. Зяблевая обработка почвы была проведена в сроки согласно агротехническим требованиям и включала следующие операции: дискование бороной БДТ-3, через две недели была проведена вспашка плугом ПЛН-5-35. Предпосевная обработка включала культивацию с одновременным боронованием культиватором КШП-8 в направлении поперечном к вспашке. При закладке опытов за один день, проводили посев сеялкой СН-16ПМ с шириной захвата 1,95 м. Посев проводили вдоль большого размера делянки, высевающие аппараты сеялки включали за 1,5 м до начала делянки и выключали после выхода сеялки за пределы делянки, при этом следили за работой сошников, количеством семян в ящике и равномерностью их размещения в нём. После закладки каждого опыта незанятую под эксперимент часть поля засевали с помощью сеялки СЗТ-3,6.

Весовую рекомендованную норму высева Q_k для каждой культуры рассчитали по формуле:

$$Q_k = \frac{Q_{ш} \cdot m_a}{x}, \quad (1)$$

где $Q_{ш}$ – штучная норма высева, у нас 6000000 шт/га; m_a – масса 1000 шт. семян, у нас для пшеницы сорта Сударыня – $m_a = 0,039$ кг/1000шт; x – хозяйственная годность семян в долях единицы.

Навеску культуры H_k для высева на делянку определяли по формуле:

$$H_k = \frac{Q_k \cdot S_d}{10000}, \quad (2)$$

где H_k – масса навески для высева на делянку, кг; S_d – посевная площадь делянки, м².

Полноту всходов Π_b (полевою всхожесть) определяли с использованием формулы:

$$\Pi_b = \frac{K_b \cdot 100}{K_\phi}, \quad (3)$$

где Π_b – полнота всходов, %; K_b – число растений на 1 м² во время полных всходов; K_ϕ – количество фактически высеянных семян на 1 м².

При учёте полноты всходов на делянках отбивали шесть пробных площадок, в каждую из которых входили два смежных рядка на площади 1/6 м². Пробные площадки размещали по диагонали учётной делянки так, чтобы в пробы попали растения двенадцати рядков.

Длину D_n площадки определяли по формуле:

$$D_n = \frac{1}{6 \cdot i \cdot \Pi_m} \quad (4)$$

где D_n – длина площадки выборки анализа на полноту всходов, м; i – число рядков, шт.; Π_m – ширина междурядья, м.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе MS Excel 2010. Для оценки параметров изучаемых признаков применяли статистические методы. Определяли среднее арифметическое значение (M), стандартную ошибку среднего (m). Для определения различий между средними значениями производили проверку статистических гипотез с использованием критерия Манна-Уитни ($P \leq 0,05$) после предварительной оценки нормальности распределения.

Результаты и их обсуждение

Сушку семенного вороха всех исследованных культур проводили до равновесной влажности (13,5%), рекомендованной для длительного хранения семян зерновых. Для всех культур экспозиция сушки в контрольных и опытных группах была примерно сопоставимо одинаковой. Для ржи этот показатель составил около 460 мин, для пшеницы – 830 мин, для овса – 180 мин. Сушку контрольных групп проводили стандартной для сушилки СКУ-2,5 технологией – за два пропуска [3, 12]. Сушка опытных партий всех исследуемых культур из-за конструкторских особенностей сушилки УС-0,35 проходила циклично в неподвижном слое за одну загрузку. Следует отметить, что в контрольных группах семенной ворох всех исследуемых культур после выхода из сушилки требовал дополнительной операции – охлаждения с помощью бункера активного вентилирования. Охлаждение каждой контрольной партии семенной массы длилось 30 минут и сопровождалось дополнительными материальными и денежными затратами на электроэнергию. Бункер активного вентилирования в комплект сушилки не входит. Хозяйство его вынуждено приобретать и монтировать для получения семенного материала. Ранее было показано, что дополнительные перевалки на операции охлаждения увеличивают степень травмированности семян [4].

Ворох после сушки, очистки и сортировки был разделён на семена, фуражное зерно, сорные, органические и неорганические примеси. Выходы семян, ржи, пшеницы, овса в опытных группах, заложенных на хранение, были, соответственно, на 12,5, 11,7 и 4,6% выше по сравнению с аналогичными контрольными группами. Известно, что наибольшее травмирование семян в сушилке СКУ-2,5 происходит во время загрузки и выгрузки вороха, а также в результате его трения о наружную кольцевую стенку сушильной камеры. Особенности конструкции у сушилки УС-0,35 позволили за одну загрузку сушить опытные партии всех исследуемых культур в неподвижном слое с исключением промежуточных операций с выгрузкой аэрожелобом на воздушной подушке без контакта с травмирующими поверхностями. Снижение травмирования позволяет получать больший выход семян (табл. 2). Масса 1000 зерен в контрольных и опытных группах всех исследуемых культур достоверно не отличалась. Значения по данному показателю были близки к средним значениям массы 1000 зерен для зерна исследуемых культур урожая Ярославской области за 2014...2016 гг. [13].

Влияние способов сушки на физико-химические свойства семян

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Выход семян, ц	56,00	63,00	49,40	55,20	58,10	60,80
Масса 1000 зерен, г	33,50	33,50	36,80	36,80	34,30	34,30
Общая влага, %	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
Протеин, %	8,76	8,92	11,59	11,81	11,17	11,22
Жир, %	2,45	2,40	1,08	1,08	3,00	3,06
Зола, %	1,56	1,41	1,95	1,77	3,74	3,39
Клетчатка, %	2,58	2,49	2,88	2,87	13,00	12,84

Известно, что критериями кормовой и технологической ценности зерна сельскохозяйственных культур являются биохимические показатели, одну из лидирующих позиций в которых занимает белок. Количество белка в зерне играет важную роль в раскрытии генетического потенциала фаз развития полевых культур [7].

Предлагаемый автором новый способ оказал положительное влияние на биосинтез исследуемых зерновых культур, в результате которого в высушенном материале повысилось содержание протеина и снизилось содержание клетчатки. Таким образом, новый способ сушки создал условия, ускоряющие процесс созревания и обеспечил более высокие качества семян при длительном хранении.

Результаты показали, что у всех исследуемых культур как в контроле, так и в опыте всхожесть семян соответствовала требованиям к репродукционным семенам для производства товарной продукции – ГОСТ Р 52325–2005. Сходимость результатов между повторностями при определении всхожести и энергии прорастания находилась в допустимых пределах, регламентированных стандартом ГОСТ 12038–84.

Посевные качества семян культур в опыте перед закладкой на хранение в опытной группе были достоверно выше (табл. 3). Так показатели всхожести семян ржи, пшеницы и овса превосходили аналогичные показатели контрольной группы соответственно на 7,6, 5,4 и 4,2%, а показатели энергии прорастания соответственно на 15,1, 19,5 и 4,2%.

Проверка посевных качеств семян перед посевом также показала, что семена опытной группы имеют более высокую всхожесть и энергию прорастания, при этом показатели качества семян в контрольной группе за время хранения заметно снизились (табл. 3).

Известно, что на всхожесть семян значительное влияние оказывает также и степень их травмированности. Как уже было отмечено выше, большую часть повреждений при послеуборочной обработке семенной материал получает во время сушки. Механические повреждения семян, включающие сжатия, вмятины, трещины и различные разрывы как оболочки, так и эндосперма, и зародыша, наносимые рабочими органами сушильных машин, усиливают гигроскопичность и интенсивность дыхания, лишают семена защиты от проникновения микроорганизмов. В результате ухудшается их стойкость при хранении, что в свою очередь приводит к гибели семян [10]. Помимо травм, вызванных механическим воздействием подвижными рабочими

органами сушиллки, имеют место термические повреждения и повреждения, связанные с температурным изменением объёма зерновки. При интенсивном высушивании на СКУ-2,5 лопаются оболочки зерна, образуются макро- и микротрещины, пустоты и в объёмах зерновок. Существенным недостатком карусельной сушиллки является высокая неравномерность сушки вороха по объёму сушильной камеры. Во время сушки происходит локальный перегрев семенной массы, в результате чего происходит пересушивание внешних слоёв зерна, происходит уменьшение диаметра пор и капилляров, влага «закупоривается» внутри и происходит закал зерна. Он является причиной снижения показателей всхожести и энергии прорастания [6]. В сушиллке СКУ-2,5 нижний слой зерна под выгрузным шнеком не выгружается и находится в сушильной камере продолжительное время. Поэтому сушка контрольной партии зерна сопровождалась у нижнего слоя пересушиванием, которое, вероятно, вызывало объёмные напряжения, приводящие к образованию микротрещин, что в свою очередь приводило к снижению показателей всхожести и энергии прорастания [9]. Операция охлаждения высушенных контрольных партий вороха в бункере активного вентилирования, также способствовала образованию трещин и различных макро- и микроповреждений [8].

Таблица 3

Влияние способов сушки на всхожесть и энергию прорастания семян

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Перед закладкой на хранение						
Всхожесть	92±1,91	99±0,47	93±0,75	98±0,55	95±0,55	99±0,55
Энергия прорастания	86±2,18	99±0,75	82±1,2	98±0,58	95±0,33	99±0,33
Перед посевом						
Всхожесть	90±1,25	99±0,55	91±1,20	98±0,29	93±1,25	99±0,55
Энергия прорастания	86±1,59	98±0,29	84±1,63	98±0,29	92±0,94	99±0,75

Таким образом, новые способ сушки и конструкция сушильной камеры позволили так изменить внешние факторы, чтобы за время сушки в положительную сторону сработали биологические системы зерна. Пошаговые, длительные во времени у семенного материала в сушильной камере, нагрев до не высокой температуры и охлаждение до температуры окружающей среды, обеспечили равномерное движение влаги в жидком виде всегда в одном направлении, из внутренних слоёв каждой отдельной зерновки – к наружным. Скорость испарения влаги с поверхности зерновки равна скорости её подвода изнутри, тем самым исключены закал и различные деформации зерновки [4]. При этом происходил эффект более полного послеуборочного дозревания [6].

Полевой опыт. Результаты полевого опыта, проведённого по вышеописанной методике, представлены в таблице 4. Табличные данные показали, что разница значений между $\bar{M}_{\max}$ и $\bar{M}_{\min}$ была выше на контроле. На делянках, посеянных семенами опытных партий, были выше, по сравнениям с контролями, средние арифметические значения количества входов и полнота всходов по ржи, пшенице и овсу, соответственно на 12,5; 10,1 и 10,1%. Кроме того, более дружные всходы на опытных делянках обеспечили меньшую гибель и более равномерное созревание растений к периоду уборки.

Полевая всхожесть семян исследуемых культур

Показатели	Рожь Татьяна		Пшеница Сударыня		Овёс Яков	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Количество высеванных всхожих семян, шт./м ²	600	600	600	600	600	600
Среднеарифметическое количество всходов $\bar{M} \pm m$, шт./м ²	528 $\pm$ 1,44	591 $\pm$ 1,05	533 $\pm$ 1,25	587 $\pm$ 1,00	535 $\pm$ 1,37	586 $\pm$ 1,52
Максимальное $\bar{M}_{\max}$ и минимальное $\bar{M}_{\min}$ количество всходов шт./м ²	531–525	593–589	536–531	588–584	538–533	588–582
Полнота всходов, %	88	99	89	98	89	98

Заключение

В условиях Северо-Западного региона России при органическом и неорганическом земледелии показана целесообразность включения в технологический процесс послеуборочной обработки семенного материала нового эффективного низкотемпературного конвективного способа сушки, реализованного на универсальной сушилке УС-0,35. Установлено, что отсутствие движущихся частей в сушильной камере, сушка за одну загрузку любого исходного материала и трехэтапный способ сушки, совмещающий в сушильной камере и операцию охлаждения, обеспечивали больший процент выхода семенного материала, лучшие условия для процесса синтеза и послеуборочного дозревания, а это в свою очередь положительно влияло на посевные качества семян, увеличивая полевую всхожесть, энергию прорастания и силу роста.

Библиографический список

1. Бодртдинов А.З. Послеуборочная обработка зерна и семян. Казань: Изд-во Казанск. Ун-та. 1998. 72 С.;
2. Дианов Л.В., Ключников, А.С. Оптимизация работы подбивальщика в соломотрясе зерноуборочного комбайна для снижения потерь зерна и семян // «Селекция семеноводство и генетика». 2018. Т. 4. № 4 (22). С. 32–38;
3. Дианов Л.В., Смелик В.А., Ширяев С.А. Механизация сушки урожая зерновых и кормовых культур. Ярославль.: ФГОУ ВПО Ярославская ГСХА, 2005. 150 С.;
4. Дианов Л.В., Ключников А.С. О передовом и перспективном на послеуборочной обработке урожая семян в Ярославской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 1. С. 73–81;
5. Дринча В.М Павлов С.А., Бабченко В.Д. и др. Технологические основы применения пневматических сортировальных столов в сельском хозяйстве. М.: Россельхозакадемия, 2003. 98 С.;
6. Захарченко И.В. Послеуборочная обработка семян в Нечерноземной зоне. М: Россельхозиздат, 1983. 263 С.;

7. Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Мударисов Ф.А. Кормовая и технологическая ценность зерна пшеницы и семян гороха // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2 (18). С. 24–28;
8. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропроиздат, 1989. 368 С.;
9. Казаков Е.Д., Карпенко Г.П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. / 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 С.;
10. Карпов П.А. Уборка обработка и хранение семян. М.: Россельхозиздат, 1974. 208 С.;
11. Носкова Е.В., Щукин С.В. Влияние ресурсосберегающих агротехнологий на засоренность посевов ярового рапса // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: материалы 68-й Международной науч.-практ. конференции (26–27 апреля). Ч. 1. Рязань. Рязанский государственный агротехнологический университет. 2017. С. 451–457;
12. Перекопский А.Н. Карусельная сушилка высоковлажных семян // Сельский механизатор. 2015. № 5. – С. 6–7;
13. Результаты государственного испытания сортов сельскохозяйственных культур за 2014–2016 годы / Характеристики сортов сельскохозяйственных культур, вновь включенных в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к использованию по Ярославской области. г. Ярославль. 2017. 56 с;
14. Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Мерчалова М.Э., Сорокин Н.Н. Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна // Лесотехнический журнал. 2014. № 1. С. 36–39. DOI: 10.12737/3343;
15. Hoepfner J.W., Entz M.H., McConkey B.G., Zentner R.P., and Nagy C.N. Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 21(1); 60–67. DOI: 10.1079/RAF2005118.;
16. Pimentel D., Hepply P., Hanson J., Douds D., and Seidel R. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience* Vol. 55, No. 7, July 2005, pp. 573–582;
17. Rigby D., Caceres D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems / *Agricultural Systems* 68 (2001) 21–40.;
18. Kirchmann H., Bergström L. Organic Crop Production – Ambitions and Limitations. Springer Science+Business Media B.V., 2008. p. 247. DOI 10.1007/978-1-4020-9316-6.;
19. Mikkelsen R. and Hartz T.K. Nitrogen Sources for Organic Crop Production. *Better Crops*. Vol. 92, 2008, No. 4, pp. 16–19.

STUDY OF THE INFLUENCE OF NEW DRYING TECHNOLOGY ON THE QUALITY OF GRAIN SEEDS

A.S. KLIUCHNIKOV

(Yaroslavl Research Institute of Livestock Breeding and Forage Production – Branch of Federal Williams
Research Center of Forage Production and Agroecology, Russian Federation)

To address the issue of increasing the sowing qualities of seeds and reducing their injury during post-harvest processing, a prototype of the universal dryer US-0.35 was designed, manufactured, and tested. A new energy-efficient three-stage convective drying method has been implemented in the dryer. The author carried out a series of the laboratory and field experiments on the effect of the developed method of drying on the sowing qualities of seeds using the example of winter rye, spring wheat, and spring oats. The experiments allowed determining germination, the germination energy of seeds

and the completeness of sprouts. Before the start of the experiment, each crop was harvested by a combine harvester DON-1500B, carefully adjusted according to the manufacturer instructions. The combine straw walker keys were upgraded with flexible pads. Reference samples of grain crops were dried according to the standard technology, by the convective method with the SKU-2.5 dryer.

The experimental samples were dried with the developed universal dryer US –0.35. It has been shown that the output of experimental rye seeds stockpiled for storage was 12.5% more as compared to the reference group. The output of experimental wheat seeds was 11.7% more as compared to the reference group. The output of experimental oats in the group was 4.6% higher as compared to the reference group. The seed germination rates of rye, wheat and oats exceeded those of the reference group, respectively by 7.6, 5.4, and 4.2%, and the germination rates, respectively, by 15.1, 19.5, and 4.2%. The field experiment results have shown that the completeness of rye sprouts from the experimental group was 12.5% higher as compared with the reference group, while wheat and oats were significantly higher by 10.1%.

Key words: drying, universal dryer, quality seeds, germination, germination energy, completeness of sprouts, field experiment.

References

1. Bodrtdinov A.Z. Posleuborochnaya obrabotka zerna i semyan [Post-harvest processing of grain and seeds]. Kazan': Izd-vo Kazansk. Un-ta. 1998: 72. (In Rus.)
2. Dianov L.V. Kliuchnikov, A.S. Optimizatsiya raboty podbival'shchika v solomotryase zernouborochnogo kombaina dlya snizheniya poter' zerna i semyan [Optimizing the operation of pressing pads in a combine harvester straw walker to reduce grain and seed losses] // "Selektsiya semenovodstvo i genetika". 2018; 4; 4 (22): 32–38. (In Rus.)
3. Dianov L.V., Smelik V.A., Shiryayev S.A. Mekhanizatsiya sushki urozhaya zernovykh i kormovykh kul'tur [Mechanization of drying grain and forage crops]. Yaroslavl': FGOU VPO Yaroslavskaya GSKhA, 2005: 150. (In Rus.)
4. Dianov L.V., Klyuchnikov A.S. O peredovom i perspektivnom na posleuborochnoy obrabotke urozhaya semyan v Yaroslavskoy oblasti [Advanced experience and promising issues of post-harvest seed crop processing in the Yaroslavl region] // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2016; 1: 73–81. (In Rus.)
5. Drincha V.M Pavlov S.A., Babchenko V.D. et al. Tekhnologicheskiye osnovy primeneniya pnevmaticheskikh sortiroval'nykh stolov v sel'skom khozyaistve [Technological grounds for the use of pneumatic sorting tables in agriculture]. M.: Rossel'hozakademiya, 2003: 98. (In Rus.)
6. Zaharchenko I.V. Posleuborochnaya obrabotka semyan v Nechernozemnoy zone [Post-harvest seed processing in the Non-Chernozem zone]. M.: Rossel'hozizdat, 1983: 263. (In Rus.)
7. Isaichev V.A., Andreyev N.N., Mudarisov F.A. Kormovaya i tekhnologicheskaya tsennost' zerna pshenitsy i semyan gorokha [Feed and technological value of wheat and pea seed grain] // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2012; 2 (18): 24–28. (In Rus.)
8. Kazakov Ye.D., Kretovich V.L. Biokhimiya zerna i produktov ego pererabotki [Biochemistry of grain and products of its processing]. / 2nd ed., reviewed and extended. M.: Agropromizdat, 1989: 368. (In Rus.)
9. Kazakov E.D., Karpenko G.P. Biokhimiya zerna i hleboproduktov [Biochemistry of grain and bakery products]. / 3rd ed., reviewed and extended. SPb.: GIOR, 2005: 512. (In Rus.)
10. Karpov P.A. Uborka obrabotka i khraneniye semyan [Harvesting, processing, and storage of seeds]. M.: Rossel'hozizdat, 1974: 208. (In Rus.)

11. *Noskova Ye.V., Shchukin S.V.* Vliyaniye resursosberegayushchikh agrotekhnologiy na zasorennost' posevov yarovogo rapsa [Influence of resource-saving agricultural technologies on the weediness of spring rape crops] // Printsipy i tekhnologii ekologizatsii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom khozyaistve: materialy 68-oy Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konferentsii (April 26–27). Part 1. Ryazan'. Ryazanskiy gosudarstvenniy agrotekhnologicheskiy universitet. 2017: 451–457. (In Rus.)
12. *Perekopskiy A.N.* Karusel'naya sushilka vysokovlazhnykh semyan [Rotary dryer of high moisture seeds] // Sel'skiy mekhanizator. 2015; 5: 6–7. (In Rus.)
13. Rezul'taty gosudarstvennogo ispytaniya sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur za 2014–2016 gody [Results of the state testing of crop varieties for 2014–2016] / Kharakteristiki sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur, vnov' vklyuchennykh v Gosudarstvenniy reestr selektsionnykh dostizheniy i dopushchennykh k ispol'zovaniyu po Yaroslavskoy oblasti. g. Yaroslavl'. 2017: 56. (In Rus.)
14. *Tarasenko A.P., Orobinskiy V.I., Merchalova M.E., Sorokin N.N.* Sovershenstvovaniye tekhnologii polucheniya kachestvennykh semyan i prodovol'stvennogo zerna [Improving the technology for producing quality seeds and food grain] // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2014; 1: 36–39. DOI: 10.12737/3343. (In Rus.)
15. *Hoepfner J.W., Entz M.H., McConkey B.G., Zentner R.P., and Nagy C.N.* Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. Renewable Agriculture and Food Systems: 21(1); 60–67. DOI: 10.1079/RAF2005118. (In English)
16. *Pimentel D., Heprly P., Hanson J., Douds D., and Seidel R.* Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. BioScience 55; 7, July 2005: 573–582. (In English)
17. *Rigby D., Caceres D.* Organic farming and the sustainability of agricultural systems / Agricultural Systems 68 (2001) 21–40. (In English)
18. *Kirchmann H., Bergström L.* Organic Crop Production – Ambitions and Limitations. Springer Science+Business Media B.V., 2008: 247. DOI 10.1007/978-1-4020-9316-6. (In English)
19. *Mikkelsen R. and Hartz T.K.* Nitrogen Sources for Organic Crop Production. Better Crops. 92; 2008; 4: 16–19. (In English)

Ключников Артём Сергеевич, научный сотрудник. Ярославский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса». 150517, Россия, Ярославская обл., Ярославский р-н., пос. Михайловское, ул. Ленина, д. 1. тел.: +7-485-243-75-67; e-mail: yaniizhk@yandex.ru.

Artem S. Kliuchnikov, Research Associate. Yaroslavl Research Institute of livestock breeding and Forage Production – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology. 152517, Russian Federation, Yaroslavl region, Mikhailovskoye village, Lenina Str., 1. phone: +7-485-243-75-67; e-mail: yaniizhk@yandex.ru

МОРФОГЕНЕЗ СТРУКТУР ТЕЛА
 РУЧЬЕВОЙ ФОРЕЛИ (*SALMO TRUTTA MORPHA FARIO*)
 И АМЕРИКАНСКОГО ГОЛЬЦА (*SALVELINUS FONTINALIS*)
 НА РАННИХ СТАДИЯХ ПОСТНАТАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В.П. ПАНОВ, С.С. ФАЛИЙ, И.В. БАЙДАРОВ,
 Ю.И. ЕСАВКИН, А.В. ЗОЛотова

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье приводятся данные о росте и морфометрических особенностях молоди ручьевой форели и американского гольца в период раннего постнатального онтогенеза. Дается характеристика рыб, связанная с постепенным морфофункциональным изменением их статуса от предличинки до малька. Метаморфоз изучаемых видов занимает достаточно большой промежуток времени – более 3 месяцев. За это время у рыб существенно изменяется форма тела за счет неравномерности роста его отдельных частей, происходит утилизация питательных веществ желточного мешка и его исчезновение, появляются лепидотрихии в плавниковых складках, и усиливается пигментация покровов рыб. Плавательный пузырь заполняется воздухом, молодь поднимается на плав, переходит сначала на смешанное, а затем и полностью на экзогенное питание. Несмотря на внешнее сходство между ручьевой форелью и американским гольцом на ранних этапах онтогенеза, выявлен ряд различий по морфометрическим признакам. В течение предличиночного периода (от 1–45 суток) средняя масса молоди гольца скачкообразно увеличивается. У форели, напротив, наблюдается снижение массы после 24-х суток с момента выклева. К моменту окончания предличиночного этапа различия по величине этих показателей уменьшаются, однако, остаются еще достаточно существенными. Предличинки форели крупнее по сравнению с американским гольцом (масса выше на 54,1%, а длина – на 20,7%). В личиночный период происходит непрерывная редукция желточного мешка, особенно его малого диаметра (голец в 4,4 раза, $P \leq 0,05$; форель в 4,7 раза, $P \leq 0,05$). Хвост у личинок интенсивно растет от IV до VI стадии ($P \leq 0,05$). Отличительной особенностью личиночного периода является существенное увеличение относительной высоты тела мальков обоих видов с одинаковой интенсивностью и уменьшение высоты хвостового стебля. При этом наблюдается полное исчезновение желточного мешка и переход рыб на экзогенное питание. При переходе в стадии личинки на внешнее питание интенсивность роста хвостовой части рыб заметно увеличивается. Ее рост характеризуется умеренной положительной аллометрией. Изменения формы тела рыб в раннем постэмбриональном периоде от стадии предличинок до малька непосредственно связаны с функциональным значением различных частей тела и тех органов, которые в них находятся. Выявление особенностей формирования морфологических структур тела молоди необходимо проводить при всестороннем учете экологии рыб и условий их содержания в аквакультуре.

Ключевые слова: предличинки, личинки, мальки, желточный мешок, длина головы, длина хвоста, аллометрия.

На ранних стадиях постнатального онтогенеза наблюдаются важные изменения, затрагивающие структурные и функциональные стороны жизнедеятельности рыб. Это в дальнейшем сказывается на благополучии отдельных особей, популяций и вида в целом. При существующем видовом разнообразии рыб, отличающихся особенностями воспроизводства потомства, возникает необходимость тщательного изучения этого процесса. Это даст возможность оптимального и обоснованного отбора гидробионтов для культивирования в регулируемых и контролируемых условиях аквакультуры. Особое внимание уделено вопросам, связанным с биомеханическими свойствами личинок и развитием способов локомоции, позволяющим избежать полной элиминации [24, 9, 22]. В период раннего постнатального онтогенеза происходит развитие и преобразование систем органов (дыхания, пищеварения, рецепции и др.), состояние которых обеспечивает в дальнейшем благополучие популяций различных видов рыб [15, 13, 6, 19]. При постэмбриональном развитии тело многих видов рыб подвержено качественным и количественным изменениям. При этом соотношение отдельных частей тела меняется, и рыбы постепенно приобретают вид взрослого животного. Наиболее существенные морфогенетические процессы происходят на ранних стадиях постнатального онтогенеза [16, 21, 20]. Морфометрические показатели широко используются при изучении начальных этапов развития гидробионтов в искусственных и естественных условиях, однако, до настоящего времени далеко не все представители ихтиофауны изучены в достаточной степени. Виды рыб семейства лососевых являются одними из наиболее ценных объектов аквакультуры. Поэтому росту и развитию молоди лососевых рыб уделяется большое внимание [1, 3, 14]. К ним относятся ручьевая форель и американский голец. Несмотря на то, что эти рыбы не являются коммерческими видами, они представляют интерес, поскольку, начиная с ранних этапов онтогенеза обладают рядом биологических особенностей [5]. Вопросы, связанные с ростом и развитием молоди ручьевой форели и американского гольца, остаются малоизученными.

Целью настоящего исследования является установление морфофункциональных особенностей ручьевой форели и американского гольца на разных этапах раннего постнатального онтогенеза.

Материал и методы исследований

Объектами исследования служили предличинки, личинки и мальки ручьевой форели и американского гольца. Их выращивание осуществлялось на базе межкафедрального учебно-научного центра развития животноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ). УЗВ снабжены биологическим фильтром, аэрацией, ультрафиолетовыми лампами и холодильниками для поддержания низкой температуры воды. Икра перед выклевом, а также свободные эмбрионы до начала активных локомоций, находились в инкубационных лотках с сетчатым дном. Затем рыбы выпускались в аквариумы объемом 200 л. Подмена воды (не более трети всего объема установки) производилась не реже двух раз в неделю.

Температура воды на момент выклева составляла +5°C и по мере роста рыб постепенно повышалась до +10 – +13°C. Содержание растворенного в воде кислорода находилось в пределах 5,5–6,5 мг/л. В период выращивания рыб регулярно производили определение гидрохимических показателей: pH, содержание нитратов, нитритов, аммиака, аммония, железа, а также карбонатной и общей жесткости воды с помощью капельных тестов Sera и JBL. Содержания кислорода в воде измерялось с помощью электрооксиметра.

С момента перехода на смешанное питание молодь кормили живыми науплеусами артемии (*Artemia salina*) и замороженным циклопом. В период от полной резорбции желточного мешка до этапа малька рыбы получали смесь, приготовленную из молотого форелевого комбикорма «RAISIO aqua» и обезжиренного творога. В последующий период их рацион составляла замороженная артемия.

Для исследования живой материал фиксировался в 10% формалине. Всего было взято 9 стадий развития каждого вида рыб (3, 24, 30, 45, 58, 66, 72, 86 и 100 сутки). Выбор дней взятия проб основан на изменении морфологических и функциональных признаков или приспособлений, характерных для определенного периода развития рыб. В основном этими изменениями являются резорбция желточного мешка, пигментация тела, а также образование лепидотрихий на плавниковой складке, переход на экзогенное питание, приобретение ювенильной формы тела и др. Этапы развития рыб (предличинки, личинки, малек) устанавливали в соответствии с онтогенетическим подходом Т.С. Расса (1946) [4].

Количество особей в каждой пробе составило 10–15 штук. Определение индивидуальной массы особей с точностью до 1 мг производили с помощью электронных аналитических весов. Промеры тела рыб выполнялись с использованием бинокулярной лупы МБС-1 с точностью до 0,1 мм по общепринятой схеме (рис. 1).

Расчетным путем определяли объем желточного мешка, используя формулу для объема сфероида:

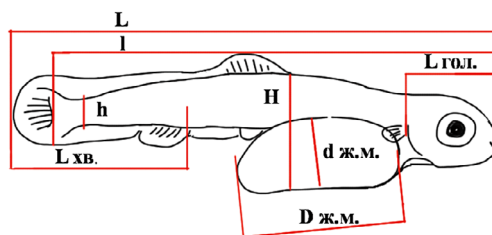


Рис. 1. Схема промеров рыб:

- L — длина тела по Смитту;
- l — малая длина тела;
- H — наибольшая высота тела;
- h — высота хвостового стебля;
- L гол. — длина головы;
- D ж.м. — большой диаметр желточного мешка;
- d ж.м. — малый диаметр желточного мешка;
- L хв. — длина хвоста

$$V_y = \pi/6 \times D_1 \times D_2^2,$$

где D_1 — большой диаметр, D_2 — малый диаметр.

Для определения относительного роста различных частей тела рыб применяли степенное уравнение $y = ax^b$ [2].

Полученный материал обработан статистически с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Основные морфологические изменения, описывающие этапы онтогенеза молоди ручьевой форели и американского гольца представлены в таблице 1. Они включают в себя характеристику рыб, связанную с постепенным морфофункциональным изменением их статуса от предличинки до малька. Метаморфоз изучаемых видов занимает достаточно большой промежуток времени — более трёх месяцев. За это время у рыб существенно изменяется форма тела за счет неравномерности роста его отдельных частей, происходит утилизация питательных веществ желточного мешка и его исчезновение, появляются лепидотрихии в плавниковых складках, и усиливается пигментация покровов. Плавательный пузырь заполняется воздухом, молодь поднимается на плав, переходит сначала на смешанное, а затем и полностью на экзогенное питание (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Диагностические признаки стадий развития молоди рыб

№ стадии	Количество дней с момента массового выклева	Описание стадии развития
I	3	Предличинка. Желточный мешок шарообразной формы, плавниковый контур полностью прозрачен, пигментация тела наблюдается только на голове. Голова опущена и прижата к телу
II	24	Появляются малочисленные лепидотрихии на хвостовой плавниковой складке, голова выпрямляется. Объем желточного мешка составляет примерно $\frac{3}{4}$ от первоначального. Начинается пигментация тела рыбы
III	30	Желточный мешок становится более вытянутым и сдавленным по бокам, его объем составляет около половины от первоначального. Лепидотрихии развиваются на спинной и хвостовой плавниковой складке
IV	45	Личинка. Ротовая складка открывается, особи переходят на смешанное питание и вступают в личиночную стадию развития. Объем желточного мешка существенно уменьшается
V	58	Поднятие на плав, в камере плавательного пузыря присутствует воздух, желточный мешок практически не выделяется на теле рыбы. У личинок гольца появляется жировой плавник
VI	66	Желточный мешок присутствует в остаточном объеме.
VII	72	Малек. Желточный мешок полностью резорбирован. Все органы и системы окончательно сформированы. Пропорции тела и окраска отличаются от таковых у взрослой особи
VIII	86	Продолжается рост рыб, усиливается пигментация
IX	100	Этап позднего малька. Пропорции тела сходны с пропорциями взрослых особей. Мальки отличаются от взрослых рыб только окраской

Несмотря на внешнее сходство между ручьевой форелью и американским гольцом на ранних этапах онтогенеза, выявлен ряд различий по морфометрическим признакам. Они связаны, прежде всего, с биологическими особенностями этих рыб, а также с тем фактом, что культивируемые виды неоднозначно реагируют на искусственно созданные условия среды, в которой им приходится развиваться. Эти различия по-разному проявляются на каждом этапе онтогенеза, поскольку организм рыб претерпевает существенные морфофункциональные изменения.

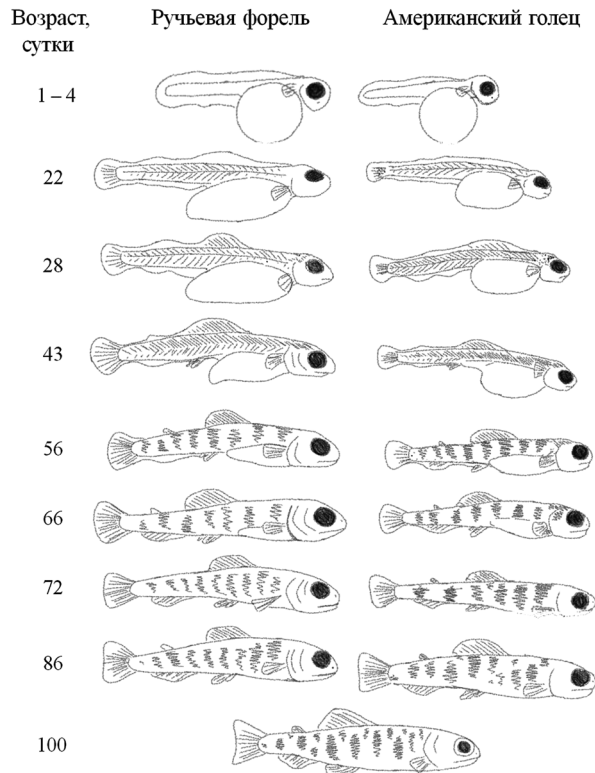


Рис. 2. Стадии развития и изменение формы тела у молоди рыб

Предличиночный этап

Икра обоих исследуемых видов в последние дни инкубации имеет сходные размеры (диаметр 4–5 мм), однако, вышедшие из оболочки предличинки ручьевой форели заметно крупнее. При выклеве масса свободных эмбрионов форели практически в два раза больше, чем у гольца. В течение предличиночного периода (1–45 суток) средняя масса молоди гольца скачкообразно увеличивается. У форели, напротив, наблюдается снижение массы после 24-х суток с момента выклева. К концу предличиночного периода масса ручьевой форели увеличивается на 4 мг, в то время как прирост у американского гольца составил 13 мг (табл. 2).

Поскольку резорбция желточного мешка у форели происходит более интенсивно, потеря массы не компенсируется весовым ростом молоди, в отличие от гольца, у которого этот процесс осуществлялся более плавно (рис. 3). В первые сутки жизни масса и длина тела форели превышали значения этих показателей у гольца на 87,5% и 37,2% соответственно, что свидетельствует об относительно большем запасе вителлина (желтка) у молоди форели. К моменту окончания предличиночного этапа различия по величине этих показателей уменьшаются, однако, остаются еще достаточно существенными. Предличинки форели крупнее по сравнению с американским гольцом (масса выше на 54,1%, а длина – на 20,7%). Разнокачественность (CV %) перед личиночным периодом у молоди форели и гольца по массе и длине мало меняется или существенно снижается. Вариабельность массы рыб выше, чем их длины. Коэффициент вариации по большинству относительных показателей не высок (табл. 2–4).

**Динамика морфометрических показателей
у предличиннок гольца и форели (n = 10–15)**

Показатели	Возраст рыб, сутки					
	I (4)	CV, %	II (24)	CV, %	III (30)	CV, %
Масса рыбы, мг	$\frac{48,0 \pm 1,0}{90,0 \pm 4,7}$	$\frac{20,3}{25,8}$	$\frac{54,0 \pm 1,0}{104,0 \pm 2,0}$	$\frac{18,0}{19,5}$	$\frac{49,0 \pm 0,6}{99,0 \pm 1,4}$	$\frac{11,5}{14,5}$
L, мм	$\frac{11,3 \pm 0,1}{15,5 \pm 0,7}$	$\frac{1,3}{9,6}$	$\frac{15,9 \pm 0,2}{19,8 \pm 0,2}$	$\frac{3,2}{3,4}$	$\frac{17,0 \pm 0,1}{20,1 \pm 0,2}$	$\frac{2,3}{2,9}$
в % от L						
H	$\frac{38,6 \pm 1,0}{38,0 \pm 3,5}$	$\frac{8,5}{20,7}$	$\frac{27,3 \pm 0,6^*}{26,2 \pm 0,4^*}$	$\frac{7,6}{5,4}$	$\frac{25,4 \pm 0,2^*}{25,8 \pm 0,2^*}$	$\frac{6,2}{5,6}$
h	$\frac{12,2 \pm 0,5}{10,8 \pm 0,3}$	$\frac{12,4}{5,9}$	$\frac{9,6 \pm 0,4^*}{9,5 \pm 0,2^*}$	$\frac{12,1}{9,2}$	$\frac{12,2 \pm 0,1}{11,3 \pm 0,1}$	$\frac{7,2}{6,2}$
Lгол.	$\frac{14,5 \pm 0,6}{17,8 \pm 1,0}$	$\frac{11,9}{11,1}$	$\frac{16,1 \pm 0,2^*}{18,6 \pm 0,3}$	$\frac{6,3}{6,6}$	$\frac{18,3 \pm 0,1^*}{21,0 \pm 0,1^*}$	$\frac{5,7}{4,4}$
d ж.м.	$\frac{36,1 \pm 1,2}{31,8 \pm 3,2}$	$\frac{10,4}{21,6}$	$\frac{22,2 \pm 0,5^*}{20,2 \pm 0,5^*}$	$\frac{8,0}{7,1}$	$\frac{20,3 \pm 0,2^*}{18,6 \pm 0,1^*}$	$\frac{9,3}{5,9}$
D ж.м.	$\frac{46,1 \pm 1,7}{47,0 \pm 1,3}$	$\frac{11,5}{6,1}$	$\frac{38,7 \pm 0,8^*}{49,9 \pm 0,8}$	$\frac{5,5}{4,2}$	$\frac{35,1 \pm 0,2^*}{45,4 \pm 0,3}$	$\frac{6,0}{5,9}$
L хв.	$\frac{43,7 \pm 1,89}{40,8 \pm 1,83}$	$\frac{11,4}{7,8}$	$\frac{36,3 \pm 0,83}{35,9 \pm 0,50}$	$\frac{7,2}{4,4}$	$\frac{37,3 \pm 0,66}{38,9 \pm 0,87}$	$\frac{4,7}{5,9}$

Здесь и в других таблицах: голец – над чертой, форель – под чертой

В таблицах 1, 2 и 3: L – длина тела по Смитту; H – высота тела под спинным плавником; h – высота хвостового стебля; Lгол. – длина головы; D ж.м. – большой диаметр желточного мешка; d ж.м. – малый диаметр желточного мешка; Lхв. – длина хвоста

* Разность по сравнению с I стадией достоверна при $P \leq 0,05$

Несмотря на более крупные размеры свободных эмбрионов форели и первоначальный объем желточного мешка, в течение предличиночного периода длина их тела увеличивается на 45,1%, а у гольца – на 38,3%. При этом прирост массы тела у гольца существенно превышает таковой у форели (4,5% против 23,9%). В связи с этим можно говорить о более интенсивном росте гольца по сравнению с форелью на этапе предличинки. Это, по-видимому, вызвано большей чувствительностью ручьевой форели к условиям содержания, в особенности на ранних этапах онтогенеза.

Изменение относительной высоты тела под спинным плавником связано с резорбцией желточного мешка в процессе развития рыб. С I по IV-е стадии высота тела у рыб уменьшается (у гольца на 15,1%, у форели – 16,8%). Это происходит вследствие изменения формы и объема желточного мешка.

При выклеве желточный мешок шарообразный, а затем он уплощается в дорсо-вентральном и латеральном направлениях и удлиняется в кранио-каудальном направлении. У форели этот процесс заметен в большей степени. В возрасте 45 суток

большой диаметр желточного мешка форели на 30,7% выше, а малый – на 40,2% ниже, чем у гольца. Желточный мешок у молоди форели на десятые сутки после выклева имеет меньшую площадь контакта с телом за счет большего обособления его каудальной части, чем у гольца. Размеры желточного мешка в течение предличиночного периода уменьшаются, причем быстрее – малый диаметр, независимо от вида. При этом его объем интенсивнее понижается у предличинки форели (в 2,8 раза). Высота хвостового стебля изменяется в меньшей степени (табл. 2).

Основная локомоторная часть тела рыб – хвост, у предличинки при резорбции желточного мешка несколько уменьшается – у гольца с 43,7 до 37,3%, у форели с 40,8 до 38,9%. В среднем у этих возрастных групп исследованных видов рыб длина хвоста не имеет существенных различий – у гольца и форели $38,5 \pm 1,43$ и $39,1 \pm 2,32$. При этом голова с ротовым и дыхательным аппаратом растет достаточно интенсивно. У предличинки гольца длина головы увеличивается на 32,4%, а у форели на 20,8% ($P \leq 0,05$).

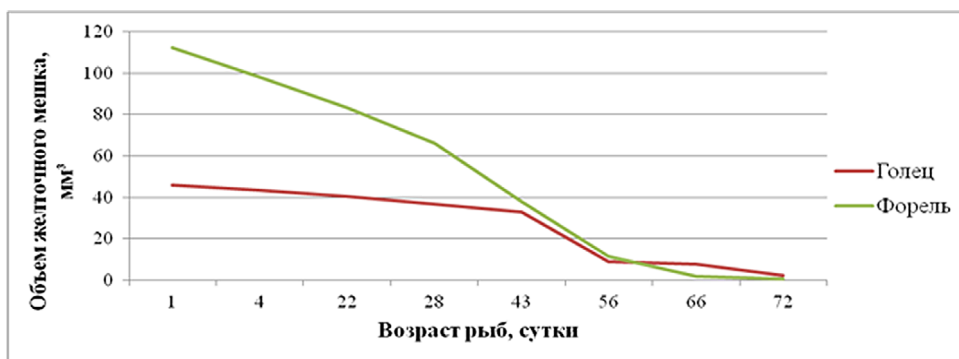


Рис. 3. Динамика резорбции желточного мешка

В течение первых двадцати суток после выхода свободных эмбрионов из оболочки они лежали на дне лотка в малоподвижном состоянии, совершая при этом постоянные интенсивные движения грудными плавниками для аэрации организма при отсутствии жаберного дыхания. В отличие от форели, предличинки гольца демонстрировали более высокую подвижность, активнее реагировали на раздражение.

Период с 21-х суток после выклева до перехода рыб на личиночный этап характеризовался состоянием роения. Предличинки гольца при этом образовывали достаточно плотные, иногда в несколько слоев, скопления, имевшие форму концентрически сходящихся кругов; головы рыб были направлены к центру этих кругов, а хвосты – наружу. Форель располагалась разрозненно, и ее скопления не были столь упорядочены.

Личиночный этап

В личиночный период масса и длина рыб существенно не изменяется. Однако имеются некоторые колебания по величине этих показателей. Не поддается интерпретации увеличение массы и длины личинок на V стадии (56 суток после выклева). Возможно, это объясняется двумя причинами: методом отбора проб или усиленным обводнением тканей организма в связи с продолжающейся резорбцией желтка и ростом тканей тела. Вителлин обладает меньшим содержанием воды, поскольку включает в себя много жирового компонента. Это не относится к мышечным волокнам и соединительной ткани сомы личинок, масса которой растет.

У обоих видов наблюдается дальнейшее уменьшение наибольшей высоты и увеличение высоты хвостового стебля ($P \leq 0,05$). Это происходит при непрерывной

резорбции желточного мешка, особенно уменьшении его малого диаметра (голец в 4,4 раза, $P \leq 0,05$; форель в 4,7 раза, $P \leq 0,05$). Хвост у личинок интенсивно растет от IV до VI стадии ($P \leq 0,05$). Это происходит при существенном увеличении длины головы ($P \leq 0,05$). Среднее значение длины хвоста у личинок гольца составляет $38,2 \pm 1,28$, у форели – $38,7 \pm 0,92$ (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3

Динамика морфометрических показателей личинок гольца и форели (n = 10–15)

Показатели	Стадии (возраст рыб, сутки)					
	IV(45)	CV, %	V(56)	CV, %	VI(66)	CV, %
Масса рыбы, мг	$\frac{61,0 \pm 5,2}{94,0 \pm 3,3}$	$\frac{26,8}{10,9}$	$\frac{77,0 \pm 3,4}{115,0 \pm 2,4}$	$\frac{14,0}{6,6}$	$\frac{67,3 \pm 3,0}{93,3 \pm 3,6}$	$\frac{14,2}{12,3}$
L, мм	$\frac{18,4 \pm 0,3}{22,2 \pm 0,2}$	$\frac{4,4}{3,3}$	$\frac{22,3 \pm 0,3}{24,9 \pm 0,2}$	$\frac{4,1}{2,6}$	$\frac{21,2 \pm 0,1}{23,4 \pm 0,3}$	$\frac{2,0}{4,2}$
в % от L:						
H	$\frac{23,5 \pm 0,7}{21,2 \pm 0,3}$	$\frac{8,8}{3,8}$	$\frac{17,1 \pm 0,4^*}{18,4 \pm 0,3^*}$	$\frac{8,0}{4,9}$	$\frac{18,9 \pm 0,4^*}{17,6 \pm 0,4^*}$	$\frac{6,7}{6,5}$
h	$\frac{11,1 \pm 0,2}{10,3 \pm 0,2}$	$\frac{5,2}{6,9}$	$\frac{13,4 \pm 0,4^*}{14,3 \pm 0,2^*}$	$\frac{9,6}{5,4}$	$\frac{13,1 \pm 0,2^*}{13,9 \pm 0,2^*}$	$\frac{5,7}{5,5}$
Lгол.	$\frac{19,2 \pm 0,5}{21,5 \pm 0,3}$	$\frac{7,5}{4,4}$	$\frac{21,4 \pm 0,5^*}{22,5 \pm 0,2^*}$	$\frac{7,1}{3,3}$	$\frac{22,0 \pm 0,3^*}{24,4 \pm 0,7^*}$	$\frac{4,1}{8,7}$
d ж.м.	$\frac{18,5 \pm 0,7}{13,2 \pm 0,3}$	$\frac{12,5}{7,9}$	$\frac{7,7 \pm 0,5^*}{7,4 \pm 0,5^*}$	$\frac{19,4}{19,3}$	$\frac{7,7 \pm 0,7^*}{1,8 \pm 0,2^*}$	$\frac{28,7}{41,7}$
D ж.м.	$\frac{29,3 \pm 0,7}{38,3 \pm 1,2}$	$\frac{7,5}{9,5}$	$\frac{25,0 \pm 0,4^*}{25,4 \pm 0,5^*}$	$\frac{5,5}{5,9}$	$\frac{25,2 \pm 0,6^*}{18,8 \pm 0,9^*}$	$\frac{7,4}{15,5}$
L хв.	$\frac{37,0 \pm 0,79}{37,8 \pm 0,38}$	$\frac{6,7}{3,2}$	$\frac{37,1 \pm 1,00}{37,7 \pm 0,44}$	$\frac{7,1}{3,3}$	$\frac{40,6 \pm 0,70^*}{40,5 \pm 0,56^*}$	$\frac{5,4}{4,4}$

* Разность по сравнению с 45-ти суточными личинками достоверна при $P \leq 0,05$

При переходе на смешанное питание у рыб наблюдались скачкообразные вертикальные движения – «свечки». Гольц начал реагировать на корм раньше и активнее, чем форель, демонстрируя более выраженное пищевое поведение. У форели процесс перехода на личиночный этап осуществлялся более плавно, при этом не все особи регулярно питались.

В течение первых 10–13 суток личиночного периода у молоди происходило поднятие на плав. Личинки гольца при этом равномерно распределились по всему объему воды, а форель держалась ближе ко дну.

К моменту завершения личиночного этапа пищевое поведение полностью сформировалось и стало характерным для хищных рыб. При кормлении наблюдалась конкуренция, выражающаяся в незначительных актах агрессии крупных особей по отношению к более мелким рыбам.

Мальковый этап

В начале малькового периода, при переходе рыб на экзогенное питание (стадия VIII) происходит быстрое наращивание массы без существенного увеличения их размеров. Интенсивность роста исследуемых видов рыб в этот период различается на стадиях VIII–IX. Это связано с тем, что в возрасте 72 суток (стадия VII) масса форели в 1,6 раза выше, чем у гольца. В дальнейшем эти различия нивелируются и почти исчезают. Масса гольца за 28 суток увеличивается в 2,7, а форели – в 1,7 раза. Отличительной особенностью этого периода является существенное увеличение относительной высоты тела мальков обоих видов с одинаковой интенсивностью и уменьшение высоты хвостового стебля. При этом наблюдается полное исчезновение желточного мешка и переход рыб полностью на экзогенное питание. Этому способствует интенсивный рост головы, развитие челюстного аппарата и хвоста как основной части локомоторного аппарата (табл. 4).

Таблица 4

Динамика морфометрических показателей мальков гольца и форели (n = 10–15)

Показатели	Стадии (возраст рыб, сутки)					
	VII (72)	CV, %	VIII (86)	CV, %	IX (100)	CV, %
Масса рыбы, мг	$\frac{60,6 \pm 2,3}{99,7 \pm 4,1}$	$\frac{11,7}{13,1}$	$\frac{141,6 \pm 5,6}{155,3 \pm 10,3}$	$\frac{10,5}{21,1}$	$\frac{163,5 \pm 15,3}{168,6 \pm 12,8}$	$\frac{29,6}{16,9}$
L, мм	$\frac{22,2 \pm 0,3}{25,0 \pm 0,2}$	$\frac{3,7}{2,3}$	$\frac{22,4 \pm 0,3}{22,5 \pm 0,3}$	$\frac{3,7}{4,1}$	$\frac{23,0 \pm 0,7}{25,0 \pm 0,6}$	$\frac{9,2}{5,2}$
в % от L:						
H	$\frac{15,8 \pm 0,4}{15,8 \pm 0,4}$	$\frac{7,7}{7,8}$	$\frac{19,9 \pm 0,7^*}{18,0 \pm 0,5^*}$	$\frac{11,4}{6,7}$	$\frac{18,1 \pm 0,5^*}{18,2 \pm 0,7^*}$	$\frac{9,5}{8,0}$
h	$\frac{12,2 \pm 0,2}{12,8 \pm 0,2}$	$\frac{5,3}{4,7}$	$\frac{9,1 \pm 0,3^*}{8,6 \pm 0,2^*}$	$\frac{9,4}{6,4}$	$\frac{9,0 \pm 0,2^*}{9,0 \pm 0,2^*}$	$\frac{7,5}{5,4}$
Lгол.	$\frac{23,2 \pm 0,3}{23,2 \pm 0,3}$	$\frac{4,1}{6,1}$	$\frac{26,5 \pm 0,5^*}{28,5 \pm 0,5^*}$	$\frac{4,6}{5,8}$	$\frac{26,8 \pm 0,2^*}{29,4 \pm 0,6^*}$	$\frac{5,0}{5,9}$
d ж.м.	$\frac{4,2 \pm 0,4}{2,8 \pm 0,2}$	$\frac{29,1}{24,0}$	-	-	-	-
D ж.м.	$\frac{21,4 \pm 0,5}{20,3 \pm 1,1}$	$\frac{6,9}{17,7}$	-	-	-	-
L хв.	$\frac{39,2 \pm 0,60}{39,1 \pm 0,70}$	$\frac{4,0}{4,7}$	$\frac{43,8 \pm 1,27^*}{45,1 \pm 1,11^*}$	$\frac{6,5}{6,5}$	$\frac{49,9 \pm 1,51^*}{44,0 \pm 3,59}$	$\frac{8,6}{14,2}$

* Разность по сравнению с 72-х суточными личинками достоверна при $P \leq 0,05$

Мальки форели достаточно пугливы: они активно реагировали на появление объектов рядом с аквариумом, освещение и резкие звуки. При кормлении вручную забивались в углы емкости и не ели, пока движение перед аквариумом не прекратится. Среди особенностей пищевого поведения форели также можно выделить неохотное поедание молодью корма, упавшего на дно. Среди мальков форели доминирующими особями являлись наиболее крупные. Агрессия проявлялась только перед

кормлением, когда рыбы были голодны. Умершие особи до их удаления из аквариума оставались нетронутыми, их не поедали.

У мальков гольца наблюдался выраженный каннибализм. Агрессивное поведение проявлялись вне зависимости от размера особей и их сытости. Даже одноразмерные рыбы наносили друг другу серьезные травмы, приводящие к гибели. Трупы быстро поедались другими особями. Рыбы не реагировали испугом на появление различных объектов, что позволяло достаточно эффективно осуществлять кормление вручную.

Анализ относительного роста рыб показал, что у обоих видов в раннем онтогенезе увеличение длины головы отличается высокой положительной аллометрией (коэффициент $b > 1$) (табл. 5). Взрослые рыбы, особенно самцы, имеют достаточно крупную голову. Ее длина у годовиков и двухгодовиков, как правило, соответствует высоте тела под спинным плавником.

В связи с редукцией желточного мешка высота тела под спинным плавником, большой и малый диаметр желточного мешка существенно снижаются с увеличением длины рыб (коэффициент $b < 1$). У обоих видов резорбция желточного мешка происходила, прежде всего, за счет уменьшения его малого диаметра. При переходе в стадии личинки на внешнее питание интенсивность роста хвоста рыб заметно увеличивается и носит характер умеренной положительной аллометрии (табл. 5).

Таблица 5

Параметры уравнения относительного роста некоторых морфометрических показателей в зависимости от длины рыб ($y = ax^b$)

Показатели	b		R ²	
	форель	голец	форель	голец
Длина головы	1,86±0,39	1,83±0,08	0,96	0,97
Высота тела под спинным плавником	-0,78±0,23	-0,26±0,10	0,76	0,28
Большой диаметр желточного мешка	-0,82±2,68	-0,12±0,14	0,26	0,09
Малый диаметр желточного мешка	-4,1±11,9	-1,93±1,86	0,62	0,63
Длина хвоста	1,08±0,25	1,08±0,18	0,98	0,95

Морфогенез на ранних стадиях постнатального развития характерен для большинства видов рыб. При этом существенно изменяется не только форма тела, но другие системы органов [16, 15, 13].

Наиболее быстрые изменения формы тела происходят на самых ранних этапах развития, и это связано с определенными размерами рыб. В последующем интенсивность роста отдельных частей тела уменьшается, что свидетельствует, по мнению ряда исследователей, о фазности этого процесса [17, 18, 8]. Непосредственно после вылупления голова и хвост растут с хорошо выраженной положительной аллометрией, а в последующем наблюдается в той или иной степени изометричный рост. У карпа (*Cyprinus carpio*) длиной до 20 мм увеличение размеров головы характеризуется положительной аллометрией ($b = 1,274$), а в последующем (>20 мм) наблюдается изометричный рост [20]. Подобные данные получены по карпу и африканскому сому (*Clarias gariepinus*) длиной до 7,5 и 9,4 мм соответственно. При этом величина степенного коэффициента имеет существенно большие значения (карп $b = 2,28$, сом $b = 1,78$). В дальнейшем,

с увеличением длины тела значения аллометрического коэффициента уменьшаются (каrp – $b = 1,18$, сом – $b = 0,83$). Значения степенного коэффициента, определяющего рост хвоста, у карпа и сома ниже, чем рост головы (каrp – $b = 1,31$ и $0,79$; сом – $b = 1,53$ и $1,06$) [23]. Аналогичные изменения параметров относительного роста на разных этапах раннего постнатального онтогенеза выявлены у язя (*Leuciscus idus*) и у налима (*Lota lota*) [11, 12]. Особенностью является то, что размерные точки изменения интенсивности роста различных частей у исследованных видов рыб не совпадают.

В нашей работе мы не учитывали фазность роста различных частей тела при описании относительного роста. Длина рыб при его определении составляла для форели 15,5–25,0 мм, гольца 11,3–23,0 мм.

При этом установлено, что относительная длина хвоста мало изменяется у предличинок и личинок, но увеличивается у мальков, особенно существенно – в конце экспериментального периода (стадия IX). В среднем у предличинок гольца длина хвоста составляет 39,1%, у личинок – 38,9% и у мальков – 44,3%; у форели – 38,5%, 38,7% и 42,7% соответственно. Существенных изменений пропорций в хвостовой части тела в первые 2 месяца жизни молоди рыб не наблюдается. При переходе в стадии личинки на внешнее питание интенсивность роста хвостовой части рыб заметно увеличивается. Рост хвостовой части характеризуется умеренной положительной аллометрией. Для форели уравнение регрессии имеет вид: $y = 0,31x^{1,08 \pm 0,25}$, для гольца – $y = 0,32x^{1,08 \pm 0,18}$. При этом значения степенного коэффициента b у исследованных лососевых видов не различаются. Длина головы у форели и гольца увеличивается существенно быстрее (форель $b = 1,86$; голец $b = 1,83$), чем размеры хвоста. Это связано с интенсивным развитием ротового, респираторного аппаратов, а также органов чувств. Эти морфологические структуры, наряду с развитием локомоторного аппарата, позволяют активно избегать опасности, а также осуществлять дыхательную функцию и потреблять пищевые объекты [10, 15, 7]. Резорбция желточного мешка и переход на экзогенное питание сказывается как на относительной высоте тела предличинок и личинок рыб, которая постепенно уменьшается, так и на параметрах аллометрического роста, который носит отрицательный характер.

Заключение

Изменения формы тела рыб в раннем постэмбриональном периоде от стадии предличинок до малька непосредственно связаны с функциональным значением различных частей тела и тех органов, которые в них находятся. Интенсивный рост головы и хвоста обеспечивает успешное выживание молоди рыб. Развитие необходимой подвижности, респираторной и пищеварительной систем, а также органов чувств является необходимым условием для благополучного существования различных видов рыб. Обширные сведения о развитии молоди морских и пресноводных представителей ихтиофауны свидетельствуют о фазности их роста. Первая фаза начинается сразу после выклева. Продолжительность отдельных стадий и размерные показатели окончания или наступления не консервативны и не совпадают у различных видов рыб. Выявление особенностей формирования морфологических структур тела молоди необходимо проводить при всестороннем учете экологии рыб и их выращивании в условиях аквакультуры.

Библиографический список

1. Игнатьева Г.М. Радужная форель *Salmo gairdneri* Richardson, 1836 // В кн.: «Объекты биологии развития», М. Наука, 1975 – С. 278–307.
2. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных // М.: Наука. – 1976. – 291.

3. Павлов Д.А. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб // М.: ГЕОС, 2007. – 263.
4. Расс Т.С. Ступени онтогенеза костистых рыб (Teleostei) // Зоол. журн., 1946. – Т. 25. – С. 137–148.
5. Фалий С.С., Панов В.П. Рост и морфометрическая характеристика ручьевой и форели (*Salmo trutta morpha fario*) и американского гольца (*Salvelinus fontinalis*) в начальный период постнатального онтогенеза // XII неделя науки молодежи Северо-Восточного административного округа г. Москвы) – Сборник статей, 2017–24–30 апреля 2017 г. – С. 302–306.
6. Appelbaum S., Riehl R. Scanning electron microscopic observations of the chemo- and mechanoreceptors of carp larvae (*Cyprinus carpio*) and their relationship to early behaviour // Aquat. Living Resour., 1997. – Vol. 10. – P. 1–12.
7. Carvalho P.S.M., Noltie D.B., Tillitt D.E. Biochemical, histological and behavioural aspects of visual function during early development of rainbow trout // J. Fish Biol., 2004. – Vol. 64. – P. 833–850.
8. Fuiman L.A. Growth gradients in fish larvae // J. Fish Biol., 1983. – Vol. 23. – P. 117–123.
9. Fuiman L.A., Swith M.E., Malley V.N. Ontogeny of routine swimming speed and startle responses in red drum, with a comparison of responses to acoustic and visual stimuli // Journal of Fish Biology, 1999. – Vol. 55 (Suppl. A). – P. 215–226.
10. Hubbs C., Blaxter, J.H.S. Ninth Larval Fish Conference Development of Sense Organs and Behaviour of Teleost Larvae with Special Reference to Feeding Predator and Avoidance // Trans. Amer. Fish Soc., 1986. – Vol. 115. – P. 98–114.
11. Kupren K., Trabska I., Zarski D., Krejszef S., Palinska-Zarska K., Kucharczyk D. Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L. // Aquacult. Int., 2014. – Vol. 22. – Vol. 29–39.
12. Kupren K., Zarski D., Kucharczyk D. Early development and allometric growth patterns in ide *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758) // J. Appl. Ichthyol., 2015. – Vol. 1. – P. 1–9.
13. Morrison C.M., Miyake T., Wright J.R.Jr. Histological Study of the Development of the Embryo and Early Larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) // J. Morph., 2001. – Vol. 247. – P. 172–195.
14. Nathanailides C., Lopez-Albors O., Stickland N. Influence of pre hatch temperature on the development of muscle cellularity in post hatch Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Can. J. Fish Aquat. Sci., 1995. – Vol. 52. – C. 675–680.
15. Omori M., Sugawara Y., Honda H. Morphogenesis in hatchery-reared larvae of the black rockfish, *Sebastes schlegeli*, and its relationship to the development of swimming and feeding function // Ichthyol. Res., 1996. – Vol. 43. – P. 267–282.
16. Osse J.W.M. Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function // Neth. J. Zool., 1990. – Vol. 40. – P. 362–365.
17. Osse J.W.M., van den Boogaart J.G.M., van Snik G.M.J., van der Sluys L. Priorities during early growth of fish larvae // Aquaculture, 1997. – Vol. 155. – P. 249–258.
18. Osse J.W. M., Boogaart, J.G.M. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation* J. Fish Biol., 1999. – Vol. 55 (Suppl. A). – P. 156–174.
19. Ruibin Yang, Congxin Xie, Qixue Fan, Chao Gao, Libao Fang Ontogeny of the digestive tract in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* larvae // Aquaculture, 2010. – Vol. 302. – P. 112–123.
- 20., S.M. Shamsul Hoda, Hiroshi Tsukahara Studies on the development and relative growth in the carp, *Cyprinus carpio* (L.) // J. Faculty Agric., Kyushu University, 1971. Vol. 16. – P. 387–509.

21. Strauss R.E., Fuiman L.A. Quantitative comparisons of body form and allometry in larval and adult Pacific sculpins (Teleostei: Cottidae) // Can. J. Zool., 1985. – Vol. 63. – P. 1582–1589.
22. Voesenek C.J., Florian T. Muijres F.T., van Leeuwen J.L. Biomechanics of swimming in developing larval fish // J. Exp. Biol., 2018. – Vol. 221. – P. 1–14.
23. van Snik G.M. J., van Den Boogaart J.G. M., Osse, J.W.M. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold // J. Fish Biol., 1997. – Vol. 50. – P. 1339–1352.
24. Wakeling J.M., K.M. Kemp, Johnston I.A. The biomechanics of fast-start during ontogeny the common carp *cyprinus carpio* // J. Exp. Biol., 1999. – Vol. 202. – P. 3057–306.

MORPHOGENESIS OF THE BODY STRUCTURES
OF BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA MORPHA FARIO*)
AND BROOK TROUT (*SALVELINUS FONTINALIS*)
AT THE EARLY STAGES OF POSTNATAL DEVELOPMENT

V.P. PANOV, S.S. FALIY, I.V. BAYDAROV, U.I. YESAVKIN, A.V. ZOLOTOVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The paper presents data on the growth and morphometric features of brook trout and brown trout juveniles in the early postnatal ontogenesis. The authors give account of a gradual morphological change in the fish status from prelarva to fry. Metamorphosis of the studied species takes quite a long period of time that is more than 3 months. During this time, fish significantly change the body shape, due to the uneven growth of thier individual parts, the yolk sac nutrients are fully utilized and the sac disappears, lepidotrichia appear in the fin folds and skin pigmentation increases. The swimming bladder is filled with air, the juveniles rise into the water column. Fish go first to mixed, and then completely to exogenous nutrition. Despite the external similarity between brook trout and brown trout at the early stages of ontogenesis, a number of differences in morphometric characteristics have been revealed. During the pre-larval period (1–45 days), the average weight of young brook trout increases intermittently. In brown trout, on the contrary, there is a decrease in weight after 24 days from the moment of hatching. By the end of the pre-larval stage, the differences in the values of these indicators are reduced, but remain quite significant. Brown trout prelarva are larger as compared to brook trout (their weight is higher by 54.1%, and length-by 20.7%). Larvae's tail is intensively growing from stage IV till stage VI ($P \leq 0.05$). A distinctive feature of the larval period is a significant increase in the relative body height of the fry of both species with the same intensity and a decrease in the tail stalk height. At the same time, there is a complete disappearance of the yolk sac and the transition of fish to exogenous nutrition. Analysis of the relative growth of fish has shown that in both species in early ontogenesis, the increase in head length is of high intensity. During the transition to external feeding at the larval stage, the intensity of fish tail growth increases markedly and features moderate positive allometry. Changes in the fish body shape in the early post-embryonic period from the stage of pre-larvae to fry are directly related to the functional significance of various parts of the body and its internal organs. Identification of the formation features of morphological structures of a juvenile body needs to be carried out taking into comprehensive account the fish ecology and conditions of their growing in aquaculture.

Key words: prelarva, larva, fry, yolk sac, head length, tail length, allometry

References

1. Ignat'yeva G.M. Raduzhnaya forel' *Salmo gairdneri* Richardson, 1836 [Brook trout (rainbow trout) *Salmo gairdneri* Richardson, 1836] // In: "Ob'yekty biologii razvitiya", M. Nauka, 1975; 278–307. (In Rus.)

2. *Mina M.V., Klevezal', G.A.* Rost zhivotnykh [Growth of animals] // M.: Nauka, 1976: 291. (In Rus.)
3. *Pavlov D.A.* Morfologicheskaya izmenchivost' v rannem ontogeneze kostistyykh ryb [Morphological variability in the early ontogenesis of bony fish] // M.: GEOS, 2007: 263. (In Rus.)
4. *Rass T.S.* Stupeni ontogeneza kostistyykh ryb (Teleostei) [Steps of ontogenesis of bony fish (Teleostei)] // Zool. zhurn., 1946; 25: 137–148. (In Rus.)
5. *Faliy S.S., Panov V.P.* Rost i morfometricheskaya kharakteristika ruch'yevoy i foreli (*Salmo trutta morpha fario*) i amerikanskogo gol'tsa (*Salvelinus fontinalis*) v nachal'nyy period postnatal'nogo ontogeneza [Growth and morphometric characteristics of brook and trout (*Salmo trutta morpha fario*) and brook trout (American char) (*Salvelinus fontinalis*) in the initial period of postnatal ontogenesis] // XII nedelya nauki molodezhi Severo-Vostochnogo administrativnogo okruga g.Moskvy) – Sbornik statey, 2017- April 24–30, 2017: 302–306. (In Rus.)
6. *Appelbaum S., Riehl R.* Scanning electron microscopic observations of the chemo- and mechanoreceptors of carp larvae (*Cyprinus carpio*) and their relationship to early behaviour // Aquat. Living Resour., 1997; 10: 1–12. (In English)
7. *Carvalho P.S.M., Noltie D.B., Tillitt D.E.* Biochemical, histological and behavioural aspects of visual function during early development of rainbow trout // J. Fish Biol., 2004; 64: 833–850. (In English)
8. *Fuiman L.A.* Growth gradients in fish larvae // J. Fish Biol., 1983; 23: 117–123. (In English)
9. *Fuiman L.A., Swith M.E., Malley V.N.* Ontogeny of routine swimming speed and startle responses in red drum, with a comparison of responses to acoustic and visual stimuli // Journal of Fish Biology, 1999; 55 (Suppl. A): 215–226. (In English)
10. *Hubbs C., Blaxter, J.H.S.* Ninth Larval Fish Conference Development of Sense Organs and Behaviour of Teleost Larvae with Special Reference to Feeding Predator and Avoidance // Trans. Amer. Fish Soc., 1986; 115: 98–114. (In English)
11. *Kupren K., Trabska I., Zarski D., Krejszef S., Palinska-Zarska K., Kucharczyk D.* Early development and allometric growth patterns in burbot *Lota lota* L. // Aquacult. Int., 2014; 22: 29–39. (In English)
12. *Kupren K., Zarski D., Kucharczyk D.* Early development and allometric growth patterns in ide *Leuciscus idus* (Linnaeus 1758) // J. Appl. Ichthyol., 2015; 1: 1–9. (In English)
13. *Morrison C.M., Miyake T., Wright J.R.Jr.* Histological Study of the Development of the Embryo and Early Larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) // J. Morph., 2001; 247: 172–195. (In English)
14. *Nathanailides C., Lopez-Albors O., Stickland N.* Influence of prehatch temperature on the development of muscle cellularity in posthatch Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Can.J.Fish Aquat.Sci., 1995; 52: 675–680. (In English)
15. *Omori M., Sugavara Y., Honda H.* Morphogenesis in hatchery-reared larvae of the black rockfish, *Sebastes schlegeli*, and its relationship to the development of swimming and feeding function // Ichthyol.Res., 1996; 43: 267–282. (In English)
16. *Osse J.W.M.* Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function // Neth.J.Zool., 1990; 40: 362–365. (In English)
17. *Osse J.W.M., van den Boogaart J.G.M., van Snik G.M.J., van der Sluys L.* Priorities during early growth of fish larvae // Aquaculture, 1997; 155: 249–258. (In English)
18. *Osse J.W. M., Boogaart, J.G.M.* Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation* J. Fish Biol., 1999; 55 (Suppl. A): 156–174. (In English)

19. Ruibin Yang, Congxin Xie, Qixue Fan, Chao Gao, Libao Fang Ontogeny of the digestive tract in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* larvae // *Aquaculture*, 2010; 302: 112–123. (In English)
- 20., S.M. Shamsul Hoda, Hiroshi Tsukahara Studies on the development and relative growth in the carp, *Cyprinus carpio* (L.) // *J. Faculty Agric., Kyushu University*, 1971; 16: 387–509. (In English)
21. *Strauss R.E., Fuiman L.A.* Quantitative comparisons of body form and allometry in larval and adult Pacific sculpins (Teleostei: Cottidae) // *Can. J. Zool.*, 1985; 63: 1582–1589. (In English)
22. *Voesenek C.J., Florian T. Muijres F.T., van Leeuwen J.L.* Biomechanics of swimming in developing larval fish // *J. Exp. Biol.*, 2018; 221: 1–14. (In English)
23. Van Snik G.M. J., van Den Boogaart J.G. M., Osse, J.W.M. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold // *J. Fish Biol.*, 1997; 50: 1339–1352. (In English)
24. *Wakeling J.M., K.M. Kemp, Johnston I.A.* The biomechanics of fast-start during ontogeny the common carp *cyprinus carpio* // *J. Exp. Biol.*, 1999; 202: 3057–306. (In English)

Панов Валерий Петрович – д.б.н., проф. каф. Морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Фалий Станислава Сергеевна – магистрант 1 года обучения факультета зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-14-47; e-mail: sfalij@yandex.ru).

Байдаров Илья Васильевич – Сотрудник лаборатории аквакультуры ЦРЖ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул.Пасечная, 4. Тел. +7-499-976-00-09, e-mail: paajarviru@gmail.com)

Есавкин Юрий Иванович – д.с.-х.н., проф. кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва, ул.Пасечная, 4. Тел. +7-499-976-00-09, e-mail: panovval@gmail.com).

Золотова Анастасия Владимировна – к.б.н., доц. каф. Морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Москва ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-499-977-14-47; e-mail: avzolotova@gmail.com).

Valeriy P. Panov – DSc (Bio), Professor, the Department of Morphology and Veterinary Sanitary Examination, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Stanislava S. Falii – 1st-year Master's student, the Faculty of Animal Science and Biology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; phone: +7-499-977-14-47; e-mail: sfalij@yandex.ru)

Ilya V. Baidarov – specialist of the Interdepartmental Center of Biology and Animal Husbandry. 127550, Moscow, Pasechnaya Str., 4; e-mail: phone: + 7-499-976-00-09, paajarviru@gmail.com).

Yuri I. Yesavkin – DSc (Ag), Professor, the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Pasechnaya Str., 4; phone: +7-499-976-00-09; e-mail: panovval@gmail.com).

Anastasia V. Zolotova – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Morphology and Veterinary Sanitary Examination; Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-977-14-47, e-mail: avzolotova@gmail.com).

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПОВ ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА И СТРАНЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ НА ОСНОВНЫЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ ИХ ДОЧЕРЕЙ

О.П. ЮДИНА¹, А.С. ДЕЛЯН¹, А.Н. ЕРМИЛОВ², О.С. РОМАНЕНКОВА³,
О.Л. СОЙНОВА¹, Т.П. УСОВА¹, Е.В. САПЕГИНА¹

(¹ ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный заочный университет;
² ОАО «Московское» по племенной работе; ³ ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста)

Изучено влияния генотипов гена каппа казеина быков – производителей голштинской породы разной селекции на основные хозяйственно – полезные признаки их дочерей. Изучение молочной продуктивности коров показало, что по первой лактации лучшие показатели по удою – 6568 кг и содержанию белка в молоке – 3,25% были в группе дочерей быков немецкой селекции с генотипом CSN3^{AA}, а в группе дочерей быков голландской селекции – с генотипом CSN3^{AB} – 6560 кг молока, содержание белка – 3,39%, соответственно. По 3-й лактации максимальный удой зафиксирован в группе дочерей быков немецкой селекции с генотипом CSN3^{AB} – 7060 кг молока, содержание жира увеличилось на 0,09% и составило 4,1%; содержание белка в молоке было несколько выше у дочерей с генотипом быков CSN3^{AA} – +0,01% и общий выход жира и белка – 516,7 кг (+24,1 кг). В группе дочерей быков голландской селекции удой составил – 7518 кг молока. Репродуктивные показатели дочерей быков с генотипом CSN3^{AB} гена каппа-казеина вне зависимости от страны происхождения имели несколько пролонгированный сухостойный период (+3 дня), при этом сервис-период у них был ниже на 7,7–10,6 дня. В группе дочерей быков немецкого происхождения лучшие показатели на один день жизни, один день использования, один день лактации и пожизненной продуктивности были связаны с генотипом отца CSN3^{AA}. В группе дочерей быков голландского происхождения лучшими вышеперечисленные показатели были в группе быков с генотипом CSN3^{AB}. В группе дочерей быков немецкого происхождения возраст 1-го осеменения был ниже с генотипом CSN3^{AA} на 25 дней, при этом число дней лактации больше на 17 дней и продолжительность использования на 10 дней; но продолжительность жизни коров ниже на 24 дня. В группе дочерей быков голландского происхождения возраст 1-го осеменения был ниже с генотипом CSN3^{AB} на 30 дней, число дней лактации больше на 16 дней и продолжительность использования на 20 дней; при этом продолжительность жизни коров сократилась на 22 дня. Исследования показали, что основное влияние на хозяйственно-полезные признаки дочерей оказывает страна происхождения быка-производителя.

Ключевые слова: голштинская порода, каппа-казеин, дочери быков, молочная продуктивность, репродуктивные показатели, продуктивное долголетие, причины выбытия.

Введение

Важнейшей задачей отечественного молочного скотоводства является повышение эффективности и конкурентоспособности этой отрасли на рынке товарной и племенной продукции не только в нашей стране, но за рубежом. Достижение этой цели возможно при условии, что показатели продуктивности разводимых отечественных пород животных достигнут уровня государств с развитым молочным скотоводством, в первую очередь, Германии и Нидерландов, поскольку эти две страны являются основными поставщиками племенной продукции в Российскую Федерацию.

Выполнить это условие за короткое время возможно в том случае, если для воспроизводства стада будут использованы быки-производители, имеющие объективную и достоверную оценку племенных качеств.

Наряду с классическими методами селекции в последнее время во всем мире все чаще применяется маркерная селекция. В качестве маркеров высокой молочной продуктивности в основном используют генотипы гена каппа-казеина (*CSN3*). Установлено, что разные варианты аллелей гена каппа-казеина (*CSN3*) связаны с белкомолочностью и технологическими свойствами молока [11, 20, 13, 17, 11, 6, 12, 15, 3, 21, 8]. Так, например, аллель В ассоциирован с высоким содержанием в молоке казеина и лучшими технологическими свойствами при выработке белкомолочных продуктов [1, 2, 4, 5, 14].

К числу основных хозяйственно-полезных признаков в молочном скотоводстве относят рост и развитие животных, молочную продуктивность, репродуктивные показатели и продуктивное долголетие коров. Изучением вышеперечисленных показателей на протяжении многих десятилетий занимались ученые разных стран мира, но при этом, как правило, все признаки изучались отдельно друг от друга, и часто не рассматривалось, либо рассматривалось фрагментарно влияние молекулярно-генетических факторов.

Исходя из вышесказанного целью данного сообщения является изучение влияния генотипов гена каппа-казеина и страны происхождения быков- производителей голштинской породы на основные хозяйственно-полезные признаки их дочерей.

Методика исследований

Работа выполнена на базе ОАО «Московское» по племенной работе и кафедре зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Российского государственного аграрного заочного университета.

Объектом научных исследований являлись дочери быков голштинской породы голландской и немецкой селекции 10-ти хозяйств Московской области: ОАО АПК «Старониколаевское», ЗАО колхоз «Уваровский», ЗАО ПЗ «Ульянино», АО АИС «Ферма Роста», ЗАО «Хотьково», ЗАО «Шарапово», ООО АПК «Шатурский», ЗАО «Шестаково», АО «Элинар», ООО АПК ПЗ «Ямской».

У быков-производителей голштинской породы был проведен анализ ДНК.

Кровь для выделения ДНК отбирали из ярёмной вены в объёме 5 мл в вакуумные пробирки с сухим ЭДТА КЗ (ООО «ГЕМ», Россия). Геномную ДНК животных выделяли из 200 мкл цельной крови с использованием набора реагентов «DI-Atom TMDNA Prep» (IsoGene Lab., Москва) согласно прописи, предоставленной изготовителем.

Анализ генотипов проводили методами ПЦР-ПДРФ в соответствии с ниже изложенными методиками. Все основные растворы для выделения ДНК и рестрикции сделаны по Маниатису (1984).

Для амплификации фрагментов генов использовали соответствующие праймеры, синтезированные ЗАО «Синтол» (Россия):

CSN3 1: 5'-ATA-GCC-AAA-TAT-ATC-CCA-ATT-CAG-T-3',

CSN3 2: 5'-TTT-ATT-AAT-AAG-TCC-ATG-AAT-CTT-G-3';

Условия ПЦР и характеристика фрагментов амплификации и рестрикции приведены в таблице 1.

Полученные ампликоны гена *CSN3* расщепляли эндонуклеазами HindIII (ООО «СибЭнзим-М», Россия). Число и длину полученных фрагментов рестрикции определяли электрофоретически в 3–4%-ном агарозном геле в буфере TBE при УФ-свете после окрашивания бромистым этидием и анализировали с помощью компьютерной системы гель-документирования.

Характеристика фрагментов и условия проведения ПЦР

Ген-рестриктаза	Амплифи кат, (п.н.)	Длина фрагментов рестрикции ДНК, (п.н.)	Условия проведения ПЦР
CSN3-HindIII	530	AA530 AB 530, 400, 130 BB 400, 130	95° – 5 мин, (95° – 1 мин, 58° – 1 мин, 72° – 1 мин) × 35, 72°С – 5 мин

В качестве маркеров молекулярных весов использовали ДНК pUC19 DNA/MspI. Маркерной краской служила смесь: бром-феноловый синий (0,01%), 25% фикоλλα, ЮмМ ЭДТА и 1% SDS.

После проведения лабораторных исследований, быки-производители были разбиты на группы в зависимости от генотипа по гену каппа-казеина. Была определена частота встречаемости аллелей и генотипов гена каппа-казеина по формуле (Меркурьева Е.К., 1977):

$$h = \frac{n}{N}$$

где h – частота генотипов; n – частота особей, имеющих определенный генотип; N – общее число обследованных особей.

Частоту аллелей определяли по формулам максимального правдоподобия, предложенным Р. Фишером (Меркурьева Е.К., 1977):

$$p(A) = \frac{2nAA + nAB}{2N}$$

$$p(B) = \frac{2nBB + nAB}{2N}$$

где p – частота аллеля A ; q – частота аллеля B ; n – количество особей, имеющих определенный генотип; $2N$ – число аллелей данного локуса; N – общее число особей.

У каждой группы быков были изучены живая масса их дочерей от рождения до возраста 3-й лактации, оценка их экстерьера, молочная продуктивность по с 1-й по 3-ю лактацию, репродуктивные показатели, молочная продуктивность на один день жизни, один день использования, один день лактации, пожизненная продуктивность, продолжительность жизни и хозяйственного использования, а также причины выбытия коров. Статистические расчеты были выполнены с помощью компьютерной программы «Microsoft Excel» стандартными биометрическими методами (по Стьюденту).

Результаты исследований

Одним из центральных предприятий в России, занимающихся получением и реализацией спермы племенных быков-производителей отечественной и импортной селекции, является ОАО «Московское» по племенной работе. В молочном скотоводстве Московской области предпочтение отдается голштинской породе крупного рогатого скота, позволяющей достаточно быстро улучшить продуктивные показатели у коров отечественных пород. Основными государствами – экспортерами как быков, так и спермопродукции являются Германия, Дания, Канада, Нидерланды, Россия.

Для изучения влияния генотипа гена каппа-казеина на основные хозяйственно -полезные признаки крупного рогатого скота нами были взяты быки- производители немецкого и голландского происхождения как наиболее часто используемые.

Таблица 2

Результаты ДНК-диагностики быков-производителей голштинской породы разного происхождения по гену каппа-казеина (CSN3)

Число исследованных быков	Частоты аллелей		Частоты генотипов		
	A	B	AA	AB	BB
Голштинская порода, n = 44 (Германия)	0,8295	0,1705	0,6591	0,3409	0
Голштинская порода, n = 7 (Нидерланды)	0,7854	0,2143	0,5714	0,4286	0

Наибольшая частота встречаемости (табл. 2) желательного аллеля $CSN3^B$ зафиксирована у быков-производителей, завезенных из Нидерландов – 0,2143, что на 0,043 выше встречаемости его у немецких быков.

Желательный генотип $CSN3^{BB}$ гена каппа-казеина у изученных быков не выявлен. Частота встречаемости генотипа $CSN3^{AB}$ наивысшая также у быков из Нидерландов – 42,86%, что на 8,8% выше, чем у быков, завезенных из Германии.

Изучением живой массы сельскохозяйственных животных занимались и занимаются ученые во всем мире, и эти исследования не теряют своей актуальности. Живая масса сельскохозяйственных животных является важнейшим хозяйственно-биологическим показателем, тесно связанным с их производительностью, и характеризует, прежде всего, рост и развитие организма. По изменению живой массы за определенный период времени оценивают скорость роста и развития, которые в свою очередь являются важнейшими хозяйственными признаками. Так, например, живая масса полновозрастных коров красной степной и айрширской пород должна составлять – 550–600 кг, черно-пестрой – 650–700 кг [9]. Оптимальная живая масса взрослых племенных коров голштинской породы составляет 700 кг. [7, 22].

У лактирующих животных живая масса связана с молочной продуктивностью. Чем больше живая масса коров, тем, как правило, они имеют и более высокий молочный потенциал при прочих равных условиях, что позволяет определить уровень обмена веществ и продуктивность животных [16, 23].

Наши исследования по изучению влияния генотипов гена каппа-казеина и страны происхождения быков-производителей на живую массу их дочерей (табл. 3) показали, что живая масса дочерей быков-производителей немецкой селекции (табл. 3) с генотипом $CSN3^{AB}$ гена каппа-казеина при рождении была на 0,9 кг выше, чем у животных с генотипом $CSN3^{AA}$.

При этом, в 6-ти месячном возрасте животные этой группы уступали на 6,8 кг, а к 18-ти месячному возрасту эти различия составляют уже 15,7 кг. Такая же картина наблюдалась у животных голландской селекции – дочери быков с генотипом $CSN3^{AB}$ гена каппа-казеина при рождении крупнее на 1,0 кг, но в процессе роста, до 18-ти месяцев, незначительно уступают, на 10 кг.

К возрасту 1-й лактации живая масса у дочерей быков голландской селекции была выше (+12,3 кг) с генотипом $CSN3^{AA}$ гена каппа – казеина, а в немецкой селекции, наоборот, с генотипом $CSN3^{AB}$ – на 13,9 кг. Обращает на себя внимание тот факт, что к возрасту 3-й лактации наивысшая живая масса коров во всех исследованных группах была у животных с генотипом $CSN3^{AB}$ гена капа-казеина.

Таблица 3

**Динамика живой массы дочерей быков-производителей разной селекции
в зависимости от генотипа по гену каппа-казеина**

Показатели	Нидерланды		Германия	
	CSN3 ^{AA} (n=240)	CSN3 ^{AB} (n=14)	CSN3 ^{AA} (n=1598)	CSN3 ^{AB} (n=553)
Живая масса коровы: при рождении (кг):	32±0,32	33±1,7	31,3±0,11	32,2±0,22
6 месяцев	164,1±1,56	151,5±7,99	163,7***±0,68	156,9±1,09
10 месяцев	253,1±1,84	261,1±12,95	253,3***±1,01	243,5±1,59
12 месяцев	295,7±1,89	306,3±15,46	297***±1,18	285,6±1,82
18 месяцев	409,8±2,33	399,8±16,94	405,8***±1,33	390,1±2,26
при 1 оплодотворении	406*±2,33	385,6±9,68	394,2±0,88	396,7±1,53
по 1 лактации	520,5±2,29	508,5±8,49	507,1±0,95	521±1,73
по 3 лактации	562,4±5,99	581,3±21,69	561,5±2,17	568,5±3,55
по макс. лактации	526,9±2,45	544,2±13,67	523,3±1,17	536,3±1,98

Примечание: * – достоверно при $P \geq 0,95$;
 ** – достоверно при $P \geq 0,99$;
 *** – достоверно при $P \geq 0,999$

Помимо изучения живой массы большое практическое значение в селекционно-племенной работе в животноводстве имеет оценка экстерьера и конституции, так как оценка по развитию и соотношению отдельных частей тела позволяет в определенной степени судить о типе и направлении продуктивности. Особенно это актуально сегодня, учитывая требования современных высокотехнологизированных комплексов и условия интенсивного выращивания животных. Особенности типа телосложения коров в определенной степени также связаны с продолжительностью их хозяйственного использования [18]. Поскольку быки-производители играют ведущую роль в совершенствовании продуктивных и племенных качеств стада, к оценке их конституции предъявляют более строгие требования. Не последнюю роль в такой оценке играет экстерьер их дочерей.

Наши исследования в этом направлении (табл. 4) показали, что различия между группами дочерей быков-производителей голштинской породы немецкого происхождения незначительные.

В ходе сравнения оценки экстерьера дочерей быков-производителей голштинской породы голландской селекции выявлено, что достоверные различия между группами имеются по оценке передних и задних ног в пользу дочерей быков с генотипом CSN3^{AB} на 0,25 балла ($P \geq 0,999$) и по оценке вымени в пользу дочерей быков с генотипом CSN3^{AA} на 0,45 балла. Анализируя оценку экстерьера дочерей быков голштинской породы в зависимости от страны происхождения и генотипа по гену каппа-казеина видим, что оценка за вымя выше у дочерей быков с генотипом CSN3^{AA},

а за ноги – у дочерей быков с генотипом $CSN3^{AB}$, вне зависимости от страны происхождения. Оценка за общий вид и развитие по группе дочерей быков немецкой селекции выше у животных с генотипом $CSN3^{AA}$, а у дочерей быков голландской селекции – у животных с генотипом $CSN3^{AB}$.

Таблица 4

Оценка экстерьера дочерей быков-производителей разного происхождения в зависимости от генотипа быка по гену каппа-казеина

Показатели (баллы)	Нидерланды		Германия	
	$CSN3^{AA}$ (n = 144)	$CSN3^{AB}$ (n = 9)	$CSN3^{AA}$ (n = 1578)	$CSN3^{AB}$ (n = 272)
Общий вид и развитие	2,52±0,01	2,56±0,06	2,67±0,01	2,65±0,01
Ноги передние и задние	1,69±0,02	1,94***±0,06	1,78±0,01	1,79±0,02
Вымя	4,23*±0,04	3,78±0,19	4,13±0,02	4,03±0,04

Примечание: *** – достоверно при $P \geq 0,999$.

Изучая молочную продуктивность (табл. 5), видим, что по первой лактации лучшие показатели по удою – 6568 кг наблюдаются у дочерей быков немецкой селекции с генотипом $CSN3^{AA}$ каппа-казеина. Практически такие же показатели (–8 кг) у дочерей быков голландской селекции с генотипом $CSN3^{AB}$. Эти же коровы характеризуются лучшим содержанием и выходом белка – 3,39% и 221,2 кг соответственно, а также самым низким сервис – периодом – 157,9 дня. Лучшие показатели по содержанию жира в молоке – 4,18% – в группе коров с генотипом быка $CSN3^{AA}$ голландской селекции.

Ко времени 2-й лактации лучшими показателями по изученным признакам также обладали дочери быков голландской селекции с генотипом $CSN3^{AB}$ каппа-казеина.

К 3-й лактации ситуация меняется, наивысший удой – 7060 кг, содержание жира в молоке – 4,1%, общее содержание молочного жира и белка – 288,8 кг. и 228,8 кг. соответственно, выявлено у дочерей быков немецкой селекции с генотипом $CSN3^{AB}$ каппа-казеина. А величина суммарного выхода жира и белка выше у дочерей быков немецкой селекции с генотипом $CSN3^{AA}$ – 516,7 кг.

Следует отметить, что к возрасту 2-й лактации в группе быков немецкой селекции с генотипом $CSN3^{AA}$ процент выбытия коров составляет 45,7%, с генотипом $CSN3^{AB}$ – 44,8%. В группе быков голландской селекции с генотипом быка $CSN3^{AB}$ по гену каппа-казеина к возрасту 2-й лактации выбытие дочерей составило 38,46%, а с генотипом $CSN3^{AA}$ на 62,97%.

К 3-й лактации из всего поголовья дочерей быков немецкой селекции выбыло уже 77,9% с генотипом $CSN3^{AA}$, а с генотипом $CSN3^{AB}$ – 76,6%. А из поголовья коров голландской селекции остается только 10,9% животных, и все они имеют генотип $CSN3^{AA}$. Коровы с генотипом $CSN3^{AB}$ по гену каппа-казеина все выбыли после 55-ти дней лактации.

Оценка молочной продуктивности коров без учета их репродуктивных возможностей малоэффективна. Критерии для оценки молочного скота по этим показателям в большинстве стран мира следующие: продолжительность лактации 305 дней, сухостойного периода – 60 дней, межотельного – 365 дней. При соблюдении таких параметров можно ежегодно получать от каждой коровы по теленку.

Таблица 5

Молочная продуктивность дочерей быков-производителей разного происхождения

Показатели	Нидерланды		Германия	
	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}	CSN3 ^{AA}	CSN3 ^{AB}
1-я лактация				
Удой за 305 дней, кг	6273±75,6	6560±257,9	6568*±35,3	6405±63,2
Молочный жир, %	4,18±0,02	3,99±0,1	3,98±0,01	4,01±0,02
Молочный жир, кг	261,3±3,14	261±10,98	261,2±1,52	256,5±2,69
Белок, %	3,23±0,014	3,39±0,09	3,25±0,005	3,23±0,01
Белок, кг	202,6±2,57	221,2±8,8	213,3**±1,19	206,7±2,1
Жир + белок, кг	454,3±6,89	447,8±37,95	471,5±2,78	462,3±4,74
Сервис-период, дн.	161±7,63	157,9±19,61	186,5*±3,01	174,7±4,6
2-я лактация				
Удой за 305 дней, кг	6732±178,59	7433±512,52	7003±63,95	6852±105,6
Молочный жир, %	4,15±0,03	4,11±0,12	4,01±0,01	4,07±0,02
Молочный жир, кг	278,4±7,21	303,3±18,99	280,7±2,81	277,9±4,41
Белок, %	3,24±0,02	3,35±0,05	3,29±0,01	3,26±0,01
Белок, кг	217,2±5,56	248,1±16,35	230±2,11	222,6±3,40
Жир + белок, кг	495,6±12,67	551,3±34,74	510,7±4,83	500,6±7,66
Сухостойный период, дн	60,3±1,4	63,1±2,5	60,2±0,62	63±1,33
Сервис-период, дн.	125,3±8,66	125,3±23,91	164,6*±3,69	150,4±5,5
3-я лактация				
Удой за 305 дней, кг	7518±366,05	838 (за 55 дней)	7011±118,1	7060±151,6
Молочный жир, %	3,98±0,07	-	3,97±0,02	4,1**±0,04
Молочный жир, кг	298,1±15,19	-	277,8±5,01	288,8±6,3
Белок, %	3,22±0,03	-	3,26±0,01	3,25±0,02
Белок, кг	240,5±11,02	-	227,4±3,77	228,8±4,82
Жир + белок, кг	493,9±27,8	539,6±21,55	516,7±7,76	492,6±12,89
Сухостойный период, дн	63,4±3,52	54,6±8,16	64,5±1,16	67±1,81
Сервис-период, дн.	173,9±24,79	-	144,5±4,95	137,6±7,21

Примечание: * – достоверно при $P \geq 0,95$;

** – достоверно при $P \geq 0,99$.

Анализ репродуктивных показателей дочерей быков голштинской породы разной селекции в зависимости от генотипа по гену каппа-казеина показал (табл. 6), что дочери быков голландской селекции с генотипом $CSN3^{AB}$ имели самый низкий – 516 дней возраст первого оплодотворения и возраст первого отела – 793 дня.

Таблица 6

Репродуктивные показатели дочерей быков-производителей голштинской породы разной селекции

Показатели	Нидерланды		Германия	
	$CSN3^{AA}$ (n = 240)	$CSN3^{AB}$ (n = 14)	$CSN3^{AA}$ (n = 1597)	$CSN3^{AB}$ (n = 539)
Возраст 1-го оплодотворения, дн.	546±4,58	516±24,66	531±2,22	556***±4,1
Живая масса при 1-м оплодотв., кг	406*±2,33	385,6±9,68	394,2±0,88	396,7±1,53
Возраст 1-го отела, дн.	835±5,47	793±25,18	818±2,5	852***±4,44
Сервис-период, дн.	125,3±8,66	125,3±23,91	164,6±3,69	150,4*±5,53
Сухостойный период, дн.	60,3±1,4	63,1±2,5	60,2±0,62	63±1,33

Примечание: * – достоверно при $P \geq 0,95$;
 ** – достоверно при $P \geq 0,99$;
 *** – достоверно при $P \geq 0,999$.

При этом живая масса этих коров при первом оплодотворении также была самой низкой – 385,6 кг. Обратная ситуация наблюдается у дочерей быков немецкой селекции с генотипом $CSN3^{AB}$ – у них самый высокий возраст первого осеменения и, следовательно, возраст первого отела.

Изучение молочной продуктивности дочерей быков на 1 день жизни показало (табл. 7), что в группе быков голландской селекции лучшие показатели выявлены у дочерей быков с генотипом $CSN3^{AB}$ гена каппа-казеина – по удою +0,6 кг молока, содержанию жира – +0,15% и белка – +0,08% соответственно, и общего содержания жира и белка в молоке – +0,05 кг.

В группе быков немецкой селекции, наоборот, наивысшие показатели по удою +0,4 кг. молока, содержанию белка – +0,04% и общему содержанию жира и белка в молоке +0,04 кг отмечены у дочерей быков с генотипом $CSN3^{AA}$ гена каппа-казеина.

Анализ молочной продуктивности дочерей быков-производителей голштинской породы на 1 день использования (табл. 8) показал, что по всем изученным показателям наивысшие значения имели дочери быков с генотипом $CSN3^{AA}$ гена каппа-казеина вне зависимости от страны происхождения. В группе дочерей быков голландского происхождения генотип $CSN3^{AB}$ гена каппа-казеина обуславливал на 0,01 кг большее содержание белка в молоке.

Изучая молочную продуктивность на 1 день лактации, видим (табл. 9), что у дочерей быков немецкой селекции различия между группами выявлены по содержанию белка в молоке на 0,01 кг в пользу дочерей быков с генотипом $CSN3^{AA}$ гена каппа-казеина и в пользу дочерей быков с генотипом $CSN3^{AB}$ по содержанию жира в молоке на 0,02%.

Таблица 7

**Молочная продуктивность дочерей быков-производителей
голштинской породы на 1 день жизни**

Показатели	Нидерланды		Германия	
	<i>CSN3^{AA}</i> (n = 240)	<i>CSN3^{AB}</i> (n = 14)	<i>CSN3^{AA}</i> (n = 1597)	<i>CSN3^{AB}</i> (n = 539)
Удой, кг.	7,5±0,07	8,1±0,7	8,8±0,08	8,4±0,13
Жир, %	4,2±0,02	4,05±0,07	4,01±0,01	4,03±0,01
Жир, кг	0,31±0,01	0,33±0,03	0,35	0,34±0,01
Белок, %	3,25±0,01	3,33±0,07	3,3	3,26±0,01
Белок, кг	0,24±0,01	0,27±0,02	0,29	0,27
Жир + белок, кг	0,55±0,01	0,60±0,05	0,64±0,01	0,61±0,01

Таблица 8

**Молочная продуктивность дочерей быков-производителей
голштинской породы на 1 день использования**

Показатели	Нидерланды		Германия	
	<i>CSN3^{AA}</i> (n = 240)	<i>CSN3^{AB}</i> (n = 14)	<i>CSN3^{AA}</i> (n = 1597)	<i>CSN3^{AB}</i> (n = 539)
Удой, кг.	17,9±0,23	17,7±0,88	17,8±0,1	17,7±0,16
Жир, %	4,2±0,02	4,05±0,07	4,01±0,01	4,03±0,01
Жир, кг	0,75±0,01	0,72±0,03	0,71	0,71±0,01
Белок, %	3,25±0,01	3,33±0,07	3,3	3,26±0,01
Белок, кг	0,58±0,007	0,59±0,027	0,59±0,003	0,58±0,005
Жир + белок, кг	1,33±0,02	1,31±0,06	1,30±0,01	1,29±0,01

У дочерей быков-производителей голландского происхождения обратные показатели, дочери быков с генотипом *CSN3^{AB}* гена каппа-казеина имели на 0,08% (+0,02 кг) выше содержание белка в молоке, а в группе с генотипом *CSN3^{AA}* гена каппа-казеина выше содержание жира, на 0,15%.

Анализируя пожизненную продуктивность дочерей быков-производителей голландской селекции (табл. 10), видим, что лучшие показатели, за исключением процентного содержания жира в молоке (+0,15%), выявлены у дочерей быков с генотипом *CSN3^{AB}* – по удою – +515 кг молока, по содержанию жира в молоке – +22,9 кг, содержанию белка в молоке – +0,08% (+43,3 кг) и суммарному выходу жира и белка – +66,3 кг.

Таблица 9

**Молочная продуктивность дочерей быков-производителей
голландской породы на 1 день лактации**

Показатели	Нидерланды		Германия	
	CSN3 ^{AA} (n = 240)	CSN3 ^{AB} (n = 14)	CSN3 ^{AA} (n = 1597)	CSN3 ^{AB} (n = 539)
Удой, кг.	20,4±0,26	20,4±1,08	20,3±0,11	20,3±0,18
Жир, %	4,2±0,02	4,05±0,07	4,01±0,01	4,03±0,01
Жир, кг	0,8±0,01	0,8±0,04	0,8±0	0,8±0,01
Белок, %	3,25±0,01	3,33±0,07	3,3±0	3,3±0,01
Белок, кг	0,66±0,01	0,68±0,04	0,67±0	0,66±0,01
Жир + белок, кг	1,5±0,02	1,5±0,08	1,5±0,01	1,5±0,01

Таблица 10

**Пожизненная продуктивность дочерей быков-производителей
голландской породы**

Показатели	Нидерланды		Германия	
	CSN3 ^{AA} (n = 240)	CSN3 ^{AB} (n = 14)	CSN3 ^{AA} (n = 1597)	CSN3 ^{AB} (n = 539)
Удой, кг.	12016±441	12531±1415	15639*±221	15190*±366
Жир, %	4,2*±0,02	4,05±0,07	4,01±0,01	4,03±0,01
Жир, кг	482,6±15,85	505,5±55,21	624,7*±8,99	606,8*±15,3
Белок, %	3,25±0,01	3,33±0,07	3,3±0	3,26±0,01
Белок, кг	377,5±13	420,8±48,58	514*±7,29	489,1*±11,9
Жир + белок, кг	860,1±28,8	926,4±103,3	1138,7*±16,2	1095,8*±27,2

Примечание: * – достоверно при $P \geq 0,95$

*** – достоверно при $P \geq 0,999$

В группе дочерей быков немецкой селекции наивысшие показатели по всем параметрам выявлены у дочерей быков с генотипом CSN3^{AA} каппа-казеина – по удою – +449 кг молока, содержанию жира в молоке – +17,9 кг, белка в молоке – +0,04% (+21,9 кг.) и выходу жира и белка суммарно – +42,9 кг.

Сравнивая показатели пожизненной продуктивности коров в разрезе страны происхождения быка, видим, что, за исключением содержания жира в молоке, дочери быков немецкой селекции достоверно ($P \geq 0,95$) превосходят по всем показателям дочерей быков голландской селекции вне зависимости от генотипа гена каппа-казеина.

При изучении влияния генотипов гена каппа-казеина и страны происхождения на показатели продуктивного долголетия дочерей быков голштинской породы (табл. 11) выявлено, что дочери быков голландской селекции с генотипом $CSN3^{AB}$ имели продолжительность жизни меньше на 22 дня, при этом продолжительность использования выше на 20 дней, число дней лактации больше на 16 дней, число лактаций – +0,18. Возраст первого оплодотворения и отела был ниже на 30 и 42 дня соответственно.

Таблица 11

Продолжительность жизни и хозяйственного использования дочерей быков-производителей голштинской породы

Показатели	Нидерланды		Германия	
	$CSN3^{AA}$ (n = 240)	$CSN3^{AB}$ (n = 14)	$CSN3^{AA}$ (n = 1597)	$CSN3^{AB}$ (n = 539)
Продолжительность жизни, дн.	1509±23,3	1487±53,27	1683±9,89	1707±18,23
Продолжительность использования, дн.	674±23,1	694±61,9	865±10,05	855±18,31
Число дней лактации, дн.	585±19,1	601±52,2	754±8,63	737±15,53
Число лактаций	2,18±0,1	2,36±0,23	2,51±0,03	2,58±0,05
Возраст 1-го оплодотворения, дн.	546±4,6	516±24,7	531±2,22	556***±4,1
Возраст 1-го отела, дн.	835±5,5	793±25,2	818±2,5	852***±4,44

Примечание: *** – достоверно при $P \geq 0,999$

Дочери быков немецкой селекции с генотипом $CSN3^{AB}$ имели несколько большую (+24 дня) продолжительность жизни, при этом продолжительность хозяйственного использования и число дней лактации у них меньше, чем у дочерей быков с генотипом $CSN3^{AA}$ на 10 и 17 дней соответственно. Возраст 1-го оплодотворения и 1-го отела у них также больше, на 25 и 34 дня соответственно.

Сравнивая продолжительность жизни и хозяйственного использования дочерей быков-производителей в разрезе страны происхождения, видим (табл. 11), что такие показатели, как продолжительность жизни и использования, число лактаций и дней лактации выше у дочерей быков немецкого происхождения, но при этом и достоверно ($P \geq 0,999$) выше возраст первого оплодотворения и отела.

Для эффективного ведения селекционно-племенной работы, помимо вышеприведенных признаков, важное значение имеет причина выбытия животных из стада. Пользуясь документами ветеринарной отчетности, мы проанализировали основные причины выбытия коров (табл. 12).

Изучая причины выбытия дочерей быков-производителей голштинской породы голландской селекции (табл. 12) с разными генотипами по гену каппа – казеина, видим, что дочери быков с генотипом $CSN3^{AB}$ выбывают чаще всего при нарушении воспроизводительной функции и заболевании органов пищеварения – 27,3%, а также заболевании внутренних органов – 18,2%. При этом у них не выявлено животных, выбракованных из-за заболеваний вымени, конечностей, органов дыхания, а также низкой продуктивности, лейкоза и зоотехнического брака.

**Причины выбытия дочерей быков-производителей голштинской породы
немецкой селекции (%)**

Показатели	Нидерланды		Германия	
	CSN3 ^{AA} (n = 216)	CSN3 ^{AB} (n = 11)	CSN3 ^{AA} (n = 1381)	CSN3 ^{AB} (n = 454)
Нарушение воспроизводительной функции	13,0	27,3	21,4	20,0
Заболевание вымени	2,3	0	3,8	2,9
Заболевание конечностей	16,7	0	14,3	19,8
Заболевание органов пищеварения	4,2	27,3	6,3	6,8
Заболевание органов дыхания	0,9	0	0,8	0,7
Заболевание внутренних органов	10,2	18,2	11,1	11,5
Нарушение обмена веществ	20,8	18,2	15,7	16,5
Низкая продуктивность	10,2	0	3,9	5,9
Зоотехнический брак	4,2	0	10,6	4,6
Лейкоз	6,0	0	1,2	2,9
Прочие причины	11,6	9,1	10,9	8,4

К основным причинам выбытия дочерей быков-производителей голштинской породы немецкой селекции также относятся нарушение воспроизводительной функции – 21,1%, заболевание конечностей и внутренних органов – 15,6% и 11,2% и нарушение обмена веществ – 15,9%.

Рассматривая причины выбытия в разрезе генотипов по гену каппа-казеина, видим, что дочери быков с генотипом CSN3^{AA} чаще выбывают по причине нарушения воспроизводительной функции – на 1,4%, заболевания вымени – 0,9%, зоотехнического брака – на 6%. При этом выбытие дочерей быков с генотипом CSN3^{AB} чаще случается по причине заболеваний – конечностей (+5,5%), органов пищеварения (+0,5%), внутренних органов (0,4%), а также нарушений обмена веществ – на 0,8% и низкой продуктивности – на 2%.

Выводы

1. Генотип АВ каппа-казеина оказал влияние на живую массу коров к возрасту 3-й лактации – она была наивысшей вне зависимости от страны происхождения.

2. На хозяйственно-полезные признаки дочерей основное влияние оказала страна происхождения быка-производителя. Так, наивысшие показатели из 70-ти изученных признаков у дочерей быков голландской селекции с генотипом АВ каппа-казеина встречались в 38 случаях (54,3%), у дочерей быков немецкой селекции – в 24 случаях (34,3%).

Библиографический список

1. *Артемов А.М.* Молочная продуктивность и технологические свойства молока коров черно-пестрой породы с различными генотипами каппа-казеина и сезонами отела: специальность 06.02.04. – частная зоотехния, технология производства и переработки продукции животноводства: диссертация на соискание кандидата сельскохозяйственных наук / Артемов Александр Михайлович; РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва, 2007. – 98с. – Текст: непосредственный.
2. *Ахметов Т.М.* Использование методов маркер-вспомогательной селекции в молочном скотоводстве республики Татарстан: специальность 06.02.01. – разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных: автореферат диссертации на соискание доктора биологических наук / Ахметов Тахир Мунавирович; Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана. – г. Казань, 2009. – 51 с. – Текст: непосредственный.
3. *Ахметов Т.М.* Взаимосвязь полиморфных вариантов гена каппа-казеина (CSN3) и бета – лактоглобулина (LGB) с показателями молочной продуктивности коров / Т.М. Ахметов, Ф.Ф. Зиннатов, Ф.Ф. Зиннатова, А.Р. Шамсова. – Текст: непосредственный // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации в АПК: сборник Всероссийской научно-практической конференции: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана. – Казань, 2018. – С. 3–8. – ISBN – не указан.
4. *Бадин Г.А.* Эффективность выработки твёрдых сычужных сыров из молока коров костромской породы / Г.А. Бадин, Б.В. Шалугин. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 62-й международной научно-практической конференции. – Кострома: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – Т. 2. – С. 56–60. – ISBN 978–5–93222–196–9.
5. *Баршинова А.В.* Влияние локуса гена каппа-казеина на технологические свойства молока первотелок красно-пестрой породы / А.В. Баршинова, Л.А. Калашникова, Я.В. Авдалян. – Текст: непосредственный // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: сборник Международной научной конференции, 24–25 ноября 2004 г. / Всероссийский институт животноводства, Дубровицы, 2004. – С. 36–38. – ISBN – не указан.
6. *Галлямова А.* Каппа-казеин – важный селекционный критерий в молочном скотоводстве / А. Галлямова, С. Исламова. – Текст: непосредственный. // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 2. – С. 17–18.
7. *Гуткин С.С.* Новая прижизненная оценка мясной продуктивности скота / С.С. Гуткин. – Текст: непосредственный. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – № 6. – С. 65–67.
8. *Егорашина Е.В.* Оценка полиморфизма генов каппа-казеина и бета – лактоглобулина у животных голштинской породы / Е.В. Егорашина, Р.В. Тамарова. – Текст: непосредственный // Повышение уровня и качества биогенного потенциала в животноводстве: сборник III Международной научно-практической конференции, 25–26 октября 2017 г. / Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. – Ярославль, 2017. – С. 41–49. – ISBN – 978–5–98914–184–5.
9. *Зеленков П.И.* Современные требования к желательному типу коров в молочном скотоводстве / П.И. Зеленков. – Текст: непосредственный // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – Том 1. – № 5–1. – С. 124–127.

10. *Иолчиев Б.С.* Сельцов, В.И. Взаимосвязь системы каппа-казеина с молочной продуктивностью коров / Б.С. Иолчев В.И. Сельцов. – Текст: непосредственный // Зоотехния. – 1999. – № 6. – С. 4–5.
11. *Калашиникова Л.А.* Перспективы улучшения технологических свойств молока коров черно-пестрой породы с использованием ДНК маркеров по гену каппа-казеина / Л.А. Калашиникова, Е.А. Денисенко. – Текст: непосредственный // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: сборник Международной научной конференции, 24–25 ноября 2004 г. / Всероссийский институт животноводства, Дубровицы, 2004. – С. 104. – ISBN – не указан.
12. *Калашиникова Л.* Оценка холмогорских быков производителей по генотипу каппа-казеина / Л. Калашиникова, Т. Ганченкова. – Текст: непосредственный // Молочное и мясное скотоводство, 2008. – № 3. – С. 10–12.
13. *Калашиникова Л.А.* Полиморфизм гена каппа-казеина крупного рогатого скота красно-пестрой породы / Л.А. Калашиникова, Н.А. Стрелкова, Е.П. Голубина. – Текст: непосредственный // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: сборник Международной научной конференции / Всероссийский институт животноводства, Дубровицы, 2002. – С. 137–138. – ISBN – не указан.
14. *Карамаева А.С.* Качество сыра из молока коров с разными генотипами каппа-казеина / А.С. Карамаева. – Текст: непосредственный // Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно – практической конференции, 18 апреля 2018 г. / Самарская государственная сельскохозяйственная академия, Кинель, 2018. – С. 210–213. – ISBN – 978–5–88575–552–1.
15. *Леонова М.А.* ДНК – маркеры в селекции крупного рогатого скота / М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева, К.А. Юлдашева, Ш.Д. Михтоджова. – Текст: непосредственный // Вестник ДонГАУ. – 2017. – № 6. – С. 44–50.
16. *Литвиненко Т.В.* Динамика роста живой массы коров голштинской породы зарубежной селекции / Т.В. Литвиненко Ю.С. Бунь. – Текст: непосредственный // Вестник мясного скотоводства. – 2012. – № 3 (77). – С. 12–15.
17. *Львина О.А.* Молочная продуктивность коров симментальской породы с различными генотипами по генам каппа-казеина, альфа-лактальбумина, бета-казеина и гормона роста/ О.А. Львина, Е.А. Коновалова, В.И. Сельцов. – Текст: непосредственный // Новые методы генодиагностики и генотерапии: современное состояние и перспективы использования в сохранении генофонда сельскохозяйственных животных: материалы международной школы – конференции. Дубровицы, 2005. – С. – 117–120. – ISBN – не указан.
18. *Ляшенко В.В.* Оценка типа телосложения высокопродуктивных коров голштинской породы / В.В. Ляшенко, И.В. Ситникова. – Текст: непосредственный // Нива поволжья, 2013. – № . 3 (28). – С. 118–124.
19. *Крючкова Г.Н.* Состав и технологические свойства молока коров симментальской породы австрийской селекции разных генотипов по каппа-казеину / Г.Н. Крючкова, Д.В. Новиков, Г.Н. Глотова, Н.Н. Крючкова, И.В. Тяп. – Текст: непосредственный // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2013. – № 2 (18). – С. 42–44.
20. *Обиденко Т.* Молочная продуктивность первотелок с различными генотипами каппа-казеина / Т. Обиденко. – Текст: непосредственный // Молочное и мясное скотоводство, 2008. – № 2. – С. 18–19.
21. *Тельнов Н.О.* Генотипирование красно – пестрого скота по генам каппа-казеина и бета – лактоглобулина методами ДНК – анализа: специальность: 06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных: автореферат диссертации кандидата сельскохозяйственных наук / Тельнов Никита

Олегович; Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, – Саранск, 2017. – 21 с. – Текст: непосредственный.

22. Хмельничий Л.М. Модельный тип молочной коровы / Л.М. Хмельничий. – Текст: непосредственный // Зоотехния, 2005. – № 3. – С. 6–8.

23. Юдина О.П. Динамика живой массы дочерей быков-производителей голштинской породы разной селекции в зависимости от генотипа отца по гену каппа-казеина / О.П. Юдина, М.Ю. Борисов, А.С. Делян. – Текст: непосредственный // Молочное и мясное скотоводство, 2019. – № 1. – С. 14–16.

24. Ярлыков Н.Г. Влияние генома каппа-казеина на сыропригодность молока коров ярославской породы и михайловского типа / Н.Г. Ярлыков, Р.В. Тамарова. – Ярославль: Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 124 с. – ISBN – 978–5–98914–109–8. – Текст: непосредственный.

INFLUENCE OF GENOTYPES OF THE KAPPA-CASEIN GENE AND ORIGIN COUNTRIES OF HOLSTEIN BULL-PRODUCERS ON THE MAIN ECONOMIC CHARACTERS OF THEIR FEMALE CALVES

O.P. YUDINA¹, A.S. DELIAN¹, A.N. YERMILOV², O.S. ROMANENKOVA³,
O.L. SAINOVA¹, T.P. USOVA¹, YE.V. SAPEGINA¹

(¹Russian State Agrarian Correspondence University, ²Open JSC “Moscovskoye” of breeding direction,

³Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst)

The authors studied the influence of genotypes of the kappa-casein genes of the Holstein bulls of German and Dutch origin on the main economic characters of their daughters. The study of cows' milk productivity ' has shown that the first lactation demonstrated the highest milk yield – 6568 kg and milk protein content of 3.25 percent –, were observed in the daughter group of the German origin with the CSN3^{AA} genotype. The bull daughter group of the Dutch origin with the CSN3^{AB} genotype featured milk yield of 6560 kg and milk protein content of 3.39 percent, respectively. In the 3rd lactation, the maximum yield was recorded in the bull daughter group of the German origin with the CSN3^{AB} genotype – milk yield of 7060 kg, while milk fat content increased by 0.09% and amounted to 4.1%; milk protein content was slightly higher in daughters with the CSN3^{AA} bull genotype – +0.01% and the total amount of milk fat and protein was 516.7 kg (+24.1 kg). In the bull daughter group of the Dutch origin, milk yield amounted to 7518 kg. Reproductive indicators of daughters with the CSN3^{AB} genotype of a kappa-casein gene, regardless of their country of origin, included a somewhat prolonged dry period (+3 days), while the service period was lower by 7.7–10.6 days. In the group of bull daughters of the German origin, the best indicators for 1 day of life, 1 day of use, 1 day of lactation and lifetime productivity were associated with the CSN3^{AA} genotype of the father. In the group of bull daughters of the Dutch origin, the best indicators were observed in the group of bulls with the CSN3^{AB} genotype. In the daughter group of the German origin, the age of the 1st insemination was 25 days lower for the CSN3^{AA} genotype, the number of lactation days was larger by 17 days and the duration of use was 10 days; but the life expectancy of cows was shorter by 24 days. In the group of bull daughters of the Dutch origin, the age of the 1st insemination was 30 days lower for the CSN3^{AB} genotype, the number of lactation days was larger by 16 days and the duration of use was 20 days; while the life expectancy of cows decreased by 22 days. Studies have shown that the main influence on the economic characters of bull daughters is exerted by the country of origin of the producing bulls.

Key words: Holstein breed, kappa-casein, female calves, milk productivity, reproductive performance, productive longevity, causes of retirement.

References

1. *Artem'yev A.M.* Molochnaya produktivnost' i tekhnologicheskiye svoystva moloka korov cherno-pestroy porody s razlichnymi genotipami kappa-kazeina i sezonami otela: spetsial'nost' 06.02.04. – Chastnaya zootekhnika, tekhnologiya proizvodstva i pererabotki produktov zhivotnovodstva: dissertatsiya na soiskaniye kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk [Milk productivity and technological properties of milk from black-motley cows with different kappa-casein genotypes and calving seasons: specialty 06.02.04. – Specific livestock, livestock production and processing technology: PhD (Ag) thesis] / Artem'yev Aleksandr Mikhaylovich; RGAU – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva. – Moskva, 2007: 98. – Text: direct. (In Rus.)
2. *Akhmetov T.M.* Ispol'zovaniye metodov marker-vspomogatel'noy selektsii v molochnom skotovodstve respubliki Tatarstan: spetsial'nost' 06.02.01. – razvedeniye, selektsiya, genetika i vosproizvodstvo sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: avtoreferat dissertatsii na soiskaniye doktora biologicheskikh nauk [Use of marker-assisted selection methods in dairy cattle breeding in the Republic of Tatarstan: specialty 06.02.01. – Breeding, selection, genetics, and reproduction of farm animals: Self-review of DSc (Bio) thesis] / Akhmetov Takhir Munavirovich; Kazanskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny imeni N.E. Bauman. – Kazan', 2009: 51. – Text: direct. (In Rus.)
3. *Akhmetov T.M.* Vzaimosvyaz' polimorfnykh variantov gena kappa – kazeina (CSN3) i beta – laktoglobulina (LGB) s pokazatelyami molochnoy produktivnosti korov [Relationship between polymorphic variants of the kappa-casein gene (CSN3) and beta – lactoglobulin (LGB) gene and the indicators of cow milk productivity] / T.M. Akhmetov, F.F. Zinnatov, F.F. Zinnatova, A.R. Shamsova. – Tekst: direct // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya: aktual'niye voprosy, dostizheniya i innovatsii v APK: sbornik Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Kazanskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny imeni N.E. Bauman. – Kazan', 2018: 3–8. – ISBN – unavailable. (In Rus.)
4. *Badin G.A.* Effektivnost' vyrabotki tvordykh sychuzhnykh syrov iz moloka korov kostromskoy porody [Effectiveness of the production of hard rennet cheese based on milk obtained from the Kostroma breed cows] / G.A. Badin, B.V. Shalugin. – Text: direct // Aktual'niye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: sbornik statey 62-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Kostroma: Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2011; 2: 56–60. – ISBN 978–5–93222–196–9. (In Rus.)
5. *Barshinova A.V.* Vliyaniye lokusa gena kappa-kazeina na tekhnologicheskiye svoystva moloka pervotelok krasno-pestroy porody [Influence of the kappa-casein gene locus on the technological properties of milk obtained from red-motley first-calves] / A.V. Barshinova, L.A. Kalashnikova, Ya.V. Avdalyan. – Text: direct // Sovremennyye dostizheniya i problemy biotekhnologii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: sbornik Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, November 24–25, 2004 / Vserossiyskiy institut zhivotnovodstva, Dubrovitsy, 2004: 36–38. – ISBN – unavailable. (In Rus.)
6. *Gallyamova A.* Kappa-kazein – vazhnyy selektsionnyy kriteriy v molochnom skotovodstve [Kappa-casein as an important selection criterion in dairy cattle breeding] / A. Gallyamova, S. Islamova. – Text: direct. // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo. – 2008; 2: 17–18. (In Rus.)
7. *Gutkin S.S.* Novaya prizhiznennaya otsenka myasnoy produktivnosti skota [New intravital assessment of cattle meat productivity] / S.S. Gutkin. – Text: direct. // Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. – 2001; 6: 65–67. (In Rus.)

8. *Yegorashina Ye.V.* Otsenka polimorfizma genov kappa – kazeina i beta – laktooglobulina u zhivotnykh golshtinskoy porody [Assessment of kappa-casein and beta-lactoglobulin gene polymorphism in animals of the Holstein breed] / Ye.V. Yegorashina, R.V. Tamarova. – Text: direct // Povysheniye urovnya i kachestva biogenogo potentsiala v zhivotnovodstve: sbornik III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, October 25–26, 2017. / Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. – Yaroslavl', 2017: 41–49. – ISBN – 978–5–98914–184–5. (In Rus.)

9. *Zelenkov P.I.* Sovremennyye trebovaniya k zhelatel'nomu tipu korov v molochnom skotovodstve [Modern requirements for the desired type of cows in dairy cattle] / P.I. Zelenkov. – Text: direct // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2005; 1; 5–1: 124–127. (In Rus.)

10. *Iolchiyev B.S.* Sel'tsov, V.I. Vzaimosvyaz' sistemy kappa-kazeina s molochnoy produktivnost'yu korov [Relationship between the kappa-casein system and the milk productivity of cows] / B.S. Iolchev, V.I. Sel'tsov. – Text: direct // Zootekhnika. – 1999; 6: 4–5. (In Rus.)

11. *Kalashnikova L.A.* Perspektivy uluchsheniya tekhnologicheskikh svoystv molo-ka korov cherno-pestroy porody s ispol'zovaniyem DNK markerov po genu kappa-kazeina [Prospects for improving the technological properties of milk obtained from black-motley cows using DNA markers for the kappa-casein gene] / L.A. Kalashnikova Ye.A. Denisenko. – Text: direct // Sovremennyye dostizheniya i problemy biotekhnologii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: sbornik Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, November 24–25, 2004. / Vserossiyskiy institut zhivotnovodstva, Dubrovitsy, 2004: 104. – ISBN – unavailable. (In Rus.)

12. *Kalashnikova L.* Otsenka kholmogorskiy bykov proizvoditeley po genotipu kappa-kazeina [Assessment of the Kholmogory servicing bulls according to the genotype of kappa-casein] / L. Kalashnikova, T. Ganchenkova. – Tekst: neposredstvennyy // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo, 2008; 3: 10–12. 14. (In Rus.)

13. *Kalashnikova L.A.* Polimorfizm gena kappa-kazeina krupnogo rogatogo skota krasno-pestroy porody [Polymorphism of the kappa-casein gene of red-motley cattle] / L.A. Kalashnikova, N.A. Strelkova, Ye.P. Golubina. – Text: direct // Sovremennyye dostizheniya i problemy biotekhnologii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: sbornik Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii / Vserossiyskiy institut zhivotnovodstva, Dubrovitsy, 2002: 137–138. – ISBN – unavailable. (In Rus.)

14. Kachestvo syra iz molo-ka korov s raznymi genotipami kappa – kazeina [Quality of cheese made from cow's milk with different kappa-casein genotypes] / A.S. Karamayeva. Text: direct // Vklad molodykh uchenykh v agrarnuyu nauku: materialy mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferentsii, April 18, 2018. / Samarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, Kinel', 2018: 210–213. – ISBN – 978–5–88575–552–1. (In Rus.)

15. *Leonova M.A.* DNK-markery v selektsii krupnogo rogatogo skota [DNA-markers in cattle breeding] / M.A. Leonova, L.V. Getmantseva, K.A. Yuldasheva Sh.D. Mikhodzhova. – Text: direct // Vestnik DonGAU. – 2017; 6: 44–50 (In Russian). (In Rus.)

17. *Litvinenko T.V.* Dinamika rosta zhivoy massy korov golshtinskoy porody zaru-bezhnoy selektsii [Growth dynamics of live weight of Holstein cows of foreign breeding] / T.V. Litvinenko Yu.S. Bun'. – Text: direct // Vestnik myasnogo skotovodstva. – 2012; 3 (77): 12–15. (In Rus.)

18. *L'vina, O.A.* Molochnaya produktivnost' korov simmental'skoy porody s razlichnymi genotipami po genam kappa-kazeina, al'fa-laktal'bumina, beta- kazeina i gormona rosta [Milk productivity of Simmental cows with different genotypes for kappa-casein,

alpha-lactalbumin, beta-casein, and growth hormone genes] / O.A. L'vina, Ye.A. Konovalova, V.I. Sel'tsov. – Tekst: neposredstvennyy // Novyye metody genodiagnostiki i genetoterapii: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya v sokhraneniі genofonda sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: materialy mezhdunarodnoy shkoly – konferentsii. Dubrovitsy, 2005: 117–120. – ISBN – unavailable. (In Rus.)

18. *Lyashenko V.V.* Otsenka tipa teloslozheniya vysokoproduktivnykh korov golstinskoy porody [Evaluation of the constitutional type of highly productive Holstein cows] / V.V. Lyashenko, I.V. Sitnikova. – Text: direct // Niva povolzh'ya, 2013; 3 (28): 118–124. (In Rus.)

19. *Kryuchkova G.N.* Sostav i tekhnologicheskiye svoystva moloka korov simmental'skoy porody avstriyskoy selektsii raznykh genotipov po kappa – kazeinu [Composition and technological properties of milk obtained from the Simmental breed cows of Austrian selection with different kappa-casein genotypes] / G.N. Kryuchkova, D.V. Novikov, G.N. Glotova, N.N. Kryuchkova, I.V. Tyan. – Text: direct // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 2013; 2 (18): 42–44. (In Rus.)

20. *Obidenko T.* Molochnaya produktivnost' pervotelok s razlichnymi genotipami kappa-kazeina [Milk productivity of heifers with different kappa-casein genotypes] / T. Obidenko. – Text: direct // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo, 2008; 2: 18–19. (In Rus.)

21. *Tel'nov N.O.* Genotipirovaniye krasno – pestrogo skota po genam kappa-kazeina i beta – -laktoglobulina metodami DNK – analiza: spetsial'nost': 06.02.07 – razvedeniye, selektsiya i genetika sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: avtoreferat dissertatsii kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk [Genotyping the red-mottled cattle by the genes of kappa-casein and beta-lactoglobulin with DNA analysis methods: specialty: 06.02.07 – breeding, selection and genetics of farm animals: Self-review of PhD (Ag) thesis] / Tel'nov Nikita Olegovich; Natsional'nyy issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvenniy universitet im. N.P. Ogareva, – Saransk, 2017: 21. – Text: direct. (In Rus.)

22. *Khmel'nichiy L.M.* Model'niy tip molochnoy korovy [Model type of a dairy cow] / L.M. Khmel'nichiy. – Text: direct // Zootekhnika, 2005; 3: 6–8. (In Rus.)

23. *Yudina O.P.* Dinamika zhivoy massy docherey bykov-proizvoditeley golstinskoy porody raznoy selektsii v zavisimosti ot genotipa ottsa po genu kappa – kazeina [Live weight dynamics of the Holstein servicing bulls' daughters of different breeding depending on the father's genotype according to the kappa-casein gene] / O.P. Yudina, M.Yu. Borisov, A.S. Delyan. – Text: direct // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo, 2019; 1: 14–16. (In Rus.)

24. *Yarlykov N.G.* Vliyaniye genoma kappa – kazeina na syroprigodnost' moloka korov yaroslavskoy porody i mikhaylovskogo tipa [Effect of the kappa-casein genome on the cheese suitability of milk obtained from cows of the Yaroslavl breed and the Mikhailovsky type] / N.G. Yarlykov, R.V. Tamarova. – Yaroslavl': Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2012: 124. – ISBN – 978–5–98914–109–8. – Text: direct. (In Rus.)

Юдина Ольга Петровна – к.б.н., доц. кафедры зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Фучика, д. 1; +7-495-552-39-01; e-mail: Udinich1977@yandex.ru).

Делян Ашот Суренович – д. с.-х. н., проф., кафедры зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Российский государственный

аграрный университет (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Фучика, д. 1; +7-495-552-51-52; e-mail: zooing@rgazu.ru).

Ермилов Александр Николаевич – д. с.-х. н., проф., первый заместитель генерального директора ОАО «Московское» по племенной работе (142400, Московская область, Ногинский район, г. Ногинск, ст. Захарово; +7-496-514-35-80; e-mail: mos-bulls@mail.ru).

Романенкова Ольга Сергеевна – к.б.н., мл. н. сотр. лаборатории молекулярных основ селекции ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (142132, Московская область, г.о. Подольск, п. Дубровицы, дом 60. Тел. +7-496-765-11-63, +7-496-765-11-01).

Сойнова Ольга Леонидовна – к.б.н., доцент кафедры охотоведения и биоэкологии ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет, (143900, Московская область, г. Балашиха, ул. Фучика, д. 1; +7-495-521-51-52; e-mail: zooing@rgazu.ru).

Усова Татьяна Петровна д.с.-х. наук, проф. кафедры «Зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО»Российский государственный аграрный заочный университет». 143900 г. Балашиха, улица Энтузиастов шоссе. 50. E-mail: usovatan@yandex.ru.

Сапегина Евгения Владимировна, аспирант кафедры «Зоотехнии, производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО»Российский государственный аграрный заочный университет». 143900 г. Балашиха, улица Энтузиастов шоссе. 50. E-mail: Evgenya.sapagina@yandex.ru.

Olga P. Yudina – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Animal Breeding, Livestock Production and Processing Technology, Russian State Agrarian Correspondence University (143900, Moscow region, Balashikha, Fuchika Str., 1, phone: +7-495-552-39-01; e-mail: Udinich1977@yandex.ru).

Ashot S. Delian – DSc (Ag), Professor, the Department of Animal Breeding, Livestock Production and Processing Technology, Russian State Agrarian Correspondence University (143900, Moscow region, Balashikha, Fuchika Str., 1, phone: +7-495-552-39-01; e-mail: Udinich1977@yandex.ru).

Aleksandr N. Yermilov – DSc (Ag), Professor, First Deputy General Director, Open JSC “Moscovskoye” of breeding direction (142400, Moscow region, Noginsk district, Noginsk, Zakharovo station; +7-496-514-35-80; e-mail: mos-bulls@mail.ru).

Olga S. Romanenkova – PhD (Bio), Junior Research Assistant, the Laboratory of Molecular Fundamentals of Selection, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst (142132, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy settlement, 60, phone: +7-496-765-11-63, +7-496-765-11-01).

Olga L. Sainova – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Game Hunting Management and Bioecology, Russian State Agrarian Correspondence University (143900, Moscow region, Balashikha, St. Fuchika, 1, phone: +7-495-552-51-52; e-mail: zooing@rgazu.ru).

Tatiana P. Usova – DSc (Ag), Professor, the Department of Animal Breeding, Livestock Production and Processing Technology, Russian State Agrarian Correspondence University (143900, Moscow region, Balashikha, Entuziastov Str., 50. E-mail: usovatan@yandex.ru).

Yevgenia V. Sapagina – postgraduate student, the Department of Animal Breeding, Livestock Production and Processing Technology, Russian State Agrarian Correspondence University (143900, Moscow region, Balashikha, Entuziastov Str., 50. E-mail: Evgenya.sapagina@yandex.ru).

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД (*NEMATODA: STEINERNEMATIDAE*) В ПРИСУТСТВИИ МЕРТВЫХ НАСЕКОМЫХ-ХОЗЯЕВ

Л.Г. ДАНИЛОВ¹, К.А. ЛАЙШЕВ², Т.А. ДАНИЛОВА²

¹ ФГБНУ «Всероссийский НИИ защиты растений», ² ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения»

Экспериментально установленная возможность проникновения и развития энтомопатогенных нематод (ЭПН) в трупах насекомых, погибших не только от самих нематод, но и под воздействием, например, инсектицидов, отрицательных температур, либо других патогенов насекомых, свидетельствует о необходимости изучения особенностей биологии этих организмов, чтобы объективно оценивать возможности эффективного их использования в сельскохозяйственной практике.

В результате проведенных исследований установлено, что в присутствии живых насекомых либо их трупов в определенном объеме почвы в насекомое проникает только определенное количество нематод, находящихся в зоне обитания хозяина. С возрастанием плотности популяции инвазионных личинок выше оптимальной начинают действовать законы саморегуляции на макропопуляционном уровне, приводящие к тому, что большая часть инвазионных личинок впадает в инактивированное состояние и служит основой для длительного существования макропопуляции ЭПН в данном биотопе.

Ключевые слова: энтомопатогенные нематоды, сапробионты, микропопуляция, макропопуляция, инвазионные личинки.

Введение

Энтомопатогенные нематоды (ЭПН) изучаются и используются в качестве агентов биологического контроля с 30-х годов прошлого века, однако остается еще много вопросов по биологии и экологии этих организмов, требующих своего разрешения для того, чтобы объективно оценивать возможности эффективного их использования в сельскохозяйственной практике. Инвазионные личинки, служащие активным компонентом нематодных препаратов (рис. 1), проникают внутрь тела насекомого пассивно с кормом и активно – через рот, анус, дыхальца и кутикулу, после чего нематоды выпускают в гемолимфу насекомого симбиотических бактерий (рис. 2).

Насекомое после заражения нематодами погибает на 2–3 суток под действием симбиотических бактерий и в результате повреждения внутренних органов нематодами.

Известно много примеров успешного использования ЭПН против насекомых в почве, но стабильных результатов в сельскохозяйственных системах еще не достигнуто, несмотря на их прогнозируемый потенциал [1].

Одной из причин такого отсутствия успеха является недостаточное понимание сложности биотических и абиотических взаимодействий, которые ЭПН имеют в почвенной среде как в управляемых, так и в природных экосистемах.

ЭПН ведут себя как паразиты в ранней части их жизненного цикла [2]. Свободноживущие инвазионные личинки приспособлены для выживания и обнаружения хозяина. Они не питаются, но используя запасенные питательные вещества своего

тела, разыскивают и проникают в организм живых насекомых. Попад внутрь тела хозяина, выпускают в его гемолимфу клетки бактерии симбионта, которые размножаются и убивают насекомое (хозяина) [3].



Рис. 1. Инвазионные личинки энтомопатогенных нематод (*S. carpocapsae*)

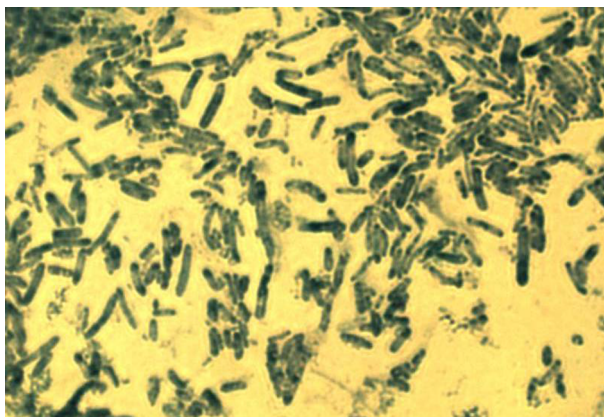


Рис. 2. Симбиотические бактерии (*Xenorhabdus nematophilus*) энтомопатогенных нематод (*S. carpocapsae*)

Однако общепринятое мнение о ЭПН как о патогенных организмах в отношении насекомых не согласуется с экспериментальными данными, свидетельствующими о том, что эти нематоды способны проникать и завершать цикл своего развития в трупах насекомых, погибших, например, под действием инсектицидов [4].

В результате наблюдений за процессом инвазирования нематодами трупов насекомых, погибших от действия инсектицидов, нами впервые сформулировано теоретическое предположение о возможности дополнительного проникновения нематод в уже погибших насекомых под действием нематодно-бактериального комплекса. Подтверждение нашего предположения может существенно расширить знания по биологии ЭПН и возможности их использования в качестве биологических агентов против насекомых-вредителей.

Материал и методы исследований

Для проверки вышеуказанной гипотезы был проведён контролируемый эксперимент. В первом варианте гусениц вошинной огневки (*Galleria mellonella*) массой 80–100 мг заражали дозой 200 инвазионных личинок нематод *Steinernema carpocapsae*

штамм «*agriotos*» в расчёте на чашку Петри с 10 гусеницами при 6-ти кратной повторности в опыте и контрольном варианте. Во втором варианте после заражения той же дозой нематод и гибели всех гусениц через двое суток в чашки дополнительно вносились по 500 инвазионных личинок, в третьем варианте, соответственно, по 1500 особей нематод. После проникновения инвазионных личинок в организм насекомого половозрелые особи развиваются на 3–4-й день. На четвёртый день после заражения проводился учёт численности самок и самцов нематод в первом поколении (поколение гигантских форм нематод) внутри тела погибших гусениц.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты опыта, представленные в таблице 1, свидетельствуют о способности инвазионных личинок проникать как в здоровых, так и в мертвых насекомых, погибших от ранее проникших в них личинок нематод.

Таблица 1

Проникновение нематод *S. carpocapsae* в гусениц *G. mellonella* L.

Доза нематод на чашку Петри, шт.	Заражение насекомых нематодами	Проникло нематод в 10 гусениц (в среднем)			
		самок	самцов	всего	% от дозы
200	здоровых	39,0±2,7	26,0±3,8	65,0±8,7	32,5
500	мертвых насекомых, погибших от нематод	79,0±12,7	50,0±3,0	129,0±5,0	25,8
1500	мертвых насекомых, погибших от нематод	248,0±12,7	218,0±8,0	466,0±8,0	31,0

Внутри тела насекомого – хозяина развивались половозрелые особи нематод во всех вариантах опыта. При этом отмечается некоторая закономерность в соотношениях дозы нематод в процессе заражения насекомых и количеством инвазионных личинок проникших в тело насекомых и развившихся до половозрелых особей самок и самцов. Однако в процентном соотношении этих показателей практически не установлено существенной разницы по вариантам опыта.

Для эндопаразитов, каковыми являются штейнернематиды, организм хозяина служит средой обитания. Взаимодействия между паразитом и средой его обитания – хозяином, приобретает иной характер, чем у обычных свободноживущих организмов, поскольку среда обитания паразита подразделяется на среду I-го порядка, т.е. хозяина и среду II -го порядка, т.е. окружающую хозяина [5].

При изучении паразитарных отношений приходится иметь дело с двухсторонним влиянием организма на среду и среды на организм в постоянном взаимодействии. Методы изучения этих взаимодействий отличаются от обычных экологических исследований и имеют свою специфику.

Жизненный цикл паразита и его взаимоотношения с хозяином Ш.Д. Мошковский разбивает на четыре этапа [6]:

- 1) внедрение паразита в организм хозяина,
- 2) развитие в организме хозяина,
- 3) выход паразита (в виде пропативной стадии) из хозяина,
- 4) период пребывания или развития паразита во внешней среде.

Мы рассматриваем жизненный цикл штейнернематид и гетерорабдитид и отношения их с насекомыми-хозяевами в соответствии со схемой Мошковского. Однако до этапа внедрения, прежде чем нематоды вступят в контакт с насекомым, должна произойти встреча паразита и хозяина во внешней, т.е. в среде обитания насекомого-хозяина. Успех встречи определяется в частности абиотическими и биотическими факторами, поисковыми способностями самих нематод и особенностями поведения хозяина [7, 8].

При анализе поведения инвазионных личинок в культуре нематод, используемой в эксперименте, просматриваются определенные закономерности. Полученные данные по количественному соотношению между численностью нематод в зоне обитания насекомого и численностью инвазионных личинок, инвазировавших насекомое, указывают на возможность существования в данной культуре нематод определённого процента активных особей, способных к непосредственному проникновению в хозяина. Другая же часть особей находится в инактивированном состоянии и потенциал этих нематод рассчитан на выживание популяции нематод в случае неблагоприятного исхода для развития популяции вида в среде обитания I-го порядка.

Успех использования энтомопатогенных нематод в качестве биологических агентов против вредных насекомых во многом зависит от характера взаимоотношений их с хозяином в период поиска и контакта с ним, а также от условий развития микропопуляции паразита в среде обитания I-го порядка [9].

В среде обитания II-го порядка (т.е. вне тела хозяина) эти нематоды могут находиться только на стадии инвазионных личинок. Судьба последних и их качественные характеристики определяются степенью развития и реализации своих возможностей микропопуляцией паразита в теле насекомого-хозяина. Существование микропопуляции нематод в теле хозяина завершается образованием инвазионной стадии, которая является носителем генетического потенциала, обеспечивающего дальнейшее существование популяций отдельных видов нематод в среде их обитания.

В среде обитания 2 порядка, т.е. вне тела насекомого-хозяина в почве, с возрастанием плотности популяции инвазионных личинок выше оптимальной, начинают действовать законы саморегуляции на макропопуляционном уровне, приводящие к тому, что большая часть инвазионных личинок впадает в инактивированное состояние. О существовании такой закономерности можно судить также по данным наших исследований, когда при одинаковой численности инвазионных личинок в почвенных образцах наблюдается существенное снижение интенсивности инвазирования хозяина с уменьшением объёма почвенного образца [9].

Установленная закономерность поведения ЭПН служит основанием для рассмотрения ее значения при практическом использовании их в качестве средства защиты от насекомых вредителей. Так, например, в процессе изучения влияния нематод *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*» на численность членистоногих плодового сада при дозе 500 тыс. инвазионных личинок на 1 м² поверхности почвы наблюдалось максимальное снижение (до 50%) общей численности насекомых фитофагов на обработанном участке (рис. 3). Увеличение и уменьшение дозы нематод сопровождалось повышением численности фитофагов [9].

Снижение эффективности воздействия нематод на численность вредных насекомых с увеличением дозы внесения инвазионных личинок подтверждает наше предположение о существовании регуляторных факторов, определяющих оптимальные соотношения численности этих паразитов на микро- и макро – популяционных уровнях.

Виды насекомых, отдельные стадии развития которых связаны с длительным пребыванием в почве, выработали определенную систему защиты от вредоносных для них организмов, последние же идут по пути эволюции, направленной на преодоление системы защиты хозяина. В рассматриваемом нами случае, когда речь идёт

о способности нематод отыскивать своих хозяев, вероятно, существуют информационные сигналы, позволяющие инвазионным личинкам ориентироваться в сторону месторасположения хозяина. В пользу существования химической по своей природе информационной связи свидетельствует о наличии у инвазионных личинок хорошо развитых органов чувств – амфид, реагирующих на химизм окружающей среды. Длительное время многие исследователи придерживались мнения, что нематоды при поиске хозяина ориентируются на концентрацию CO_2 , образующегося за счёт углекислоты, выделяемой в процессе дыхания насекомыми [10].

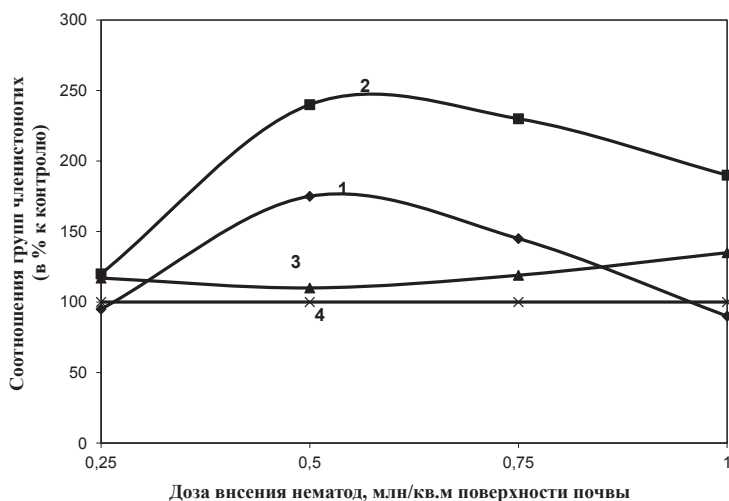


Рис. 3. Изменение уровня численности групп членистоногих (% к контролю) в зависимости от дозы внесения нематод (*S. carpocapsae*) в почву приствольных кругов яблоневого сада: 1 – хищники; 2 – фитофаги; 3 – паразиты; 4 – прочие членистоногие

Способность нематод разыскивать и определять место расположения хозяина является характеристикой хорошего биологического агента. При изучении хемотаксиса и поисковых способностей *Steinernema feltiae* в присутствии гусениц *G. mellonella* и проросших семян редиса и томата, помещенных на агаровую поверхность, было установлено, что нематоды больше реагировали как на гусениц, так и на корни растений, эффект был меньше, когда гусеницы и проростки корней были поверхностно стерильны. Сделано предположение, что нематоды реагируют на микрофлору поверхности кутикулы и корневой системы растений [11]. Вероятно, реакцией инвазионных личинок на микрофлору поверхности кутикулы насекомых можно объяснить способность их проникать в погибших насекомых.

Нам также ранее удавалось заразить нематодами мертвых гусениц вощинной огневки после их замораживания, а также после их гибели от бактериальной септицемии [4].

В обоих случаях нематоды заканчивали цикл развития в трупах насекомых. Вскрытые нами уникальные возможности энтомопатогенных нематод свидетельствуют о большой экологической пластичности этих гельминтов, а также о том, что характеристика их как паразитов не вполне отражает жизненные возможности этих гельминтов в борьбе за свое существование. Нематоды, проникшие в погибшее насекомое, ведут себя как типичные сапробионты, а нематоды, инвазирующие здоровое насекомое, выступают как паразиты, хотя в дальнейшем своём развитии в погибшем насекомом ведут себя как виды сапробиотических нематод.

Значительный интерес в связи с этим представляют также экспериментальные данные по изучению инвазионной активности и развитию нематод в трупах насекомых,

погибших от инсектицидов. В опытах с вошинной огневкой гусеницы с массой тела 110–120 мг обрабатывались хлорофосом в концентрациях 0,8 и 1,6% по д.в. и после действия инсектицида заражались нематодами. Инвазионные личинки одинаково активно проникали как в необработанных, так и в парализованных и погибших от действия хлорофоса гусениц. Нематоды заканчивали цикл развития в насекомых всех вариантов опыта. Наибольший продуктивный выход инвазионных личинок в расчете на одну гусеницу моли наблюдался в контроле (79 тыс.). У парализованных насекомых после применения хлорофоса этот показатель соответственно концентрациям инсектицида составлял 57 и 37 тыс., у мертвых – 19 тыс. Инвазионная активность мигрировавших из трупов личинок нематод сохранилась на одном уровне во всех вариантах опыта [4].

Аналогичные данные по биологии ЭПН получены и другими исследователями [12, 13]. Поэтому вероятно следует рассматривать ЭПН в качестве факультативных сапробионтов, а не обязательных паразитов, что может быть важным для сохранения естественных популяций этих нематод, а также для более эффективной рециркуляции применяемых ЭПН, особенно в интегрированных программах контроля, где хозяева погибают от других биологических или химических агентов. Имеются также и сведения, что ЭПН могут развиваться в хозяевах, убитых несколькими инсектицидами [14–16] и вирусом гранулеза [17].

Проникновение и развитие нематод в трупах насекомых, погибших не только от самих нематод, но и под воздействием, например, отрицательных температур, либо других патогенов насекомых, свидетельствует о филогенетической близости этих паразитов с сапробиотическими видами нематод и указывают на большие потенциальные возможности выживания их в почвенной среде. Кроме того, это указывает и на необходимость дальнейшего изучения уникального явления, связанного с сочетанием у одного и того же организма признаков, характеризующих его как паразита с одновременным возможным проявлением у этого же организма признаков сапробионта.

Польские исследователи на примере развития энтомопатогенной нематоды рода *Heterorhabditis sp.* внутри тела яблонного пилильщика и большой вошинной моли весь цикл развития популяции исследуемого вида разбивают на следующие этапы: инвазионный, инфекционный, паразитический, сапрофагический и миграционный [18]. Ранее нашими исследованиями [4] было показано, что в дополнение к перечисленным этапам развития нематод следует рассматривать этапы – чисто сапрофагический и миграционный.

Отмечая существование филогенетической связи между фитопаразитическими нематодами и нематодами насекомых *Sandner H.* предполагает, что последняя группа гельминтов находится на более низком эволюционном уровне, на что указывает переход их от сапрофагии к паразитизму через различные формы комменсализма и другие типы межвидовых взаимоотношений [19].

На основании палеонтологических находок предполагается, что нематоды появились по крайней мере 600 x 10⁶ лет назад в Кембрии и что нематоды-паразиты насекомых развились от микогельминтов, которые являются для растений лишь факультативными паразитами. По-видимому, насекомые способствовали эволюции паразитических нематод [20].

Результаты наших исследований по биологии энтомопатогенных нематод, вероятно, служат подтверждением, высказанным выше мнениям о филогении этих паразитов.

Заключение

Наблюдения за проникновением и развитием нематод в мертвом насекомом существенно расширяют наши представления о взаимоотношениях между этими паразитами и насекомыми. Проникновение и развитие нематод в трупах насекомых,

погибших не только от самих нематод, но и под воздействием, например, отрицательных температур, либо других патогенов насекомых свидетельствует о филогенетической близости этих паразитов с сапробиотическими видами нематод и указывает на большие потенциальные возможности выживания их в почвенной среде. Сочетание у одного вида нематод таких биологических показателей признаков, как паразитический и сапробиотический, является уникальным явлением и указывает на большие перспективы использования ЭПН, особенно в интегрированных программах контроля, где хозяева, погибшие от других биологических или химических средств защиты, служат источником сохранения численности этих паразитов как эффективных средств защиты растений на многолетнюю перспективу.

Выявлена закономерность поведения инвазионных личинок ЭПН, при которой в присутствии тела насекомого-хозяина в него проникает только определенное количество нематод, находящихся в зоне обитания хозяина. С возрастанием плотности популяции инвазионных личинок выше оптимальной начинают действовать законы саморегуляции на макропопуляционном уровне, приводящие к тому, что большая часть инвазионных личинок впадает в инактивированное состояние и служит основой для длительного существования макропопуляции ЭПН в данном биотопе. Последнее подтверждается и тем, что в строго определенных местах биотопов энтомопатогенные нематоды нескольких видов постоянно обнаруживаются нами в течение последних 40–50 лет.

Оптимальность соотношения между насекомым и присутствующими в зоне его обитания инвазионными личинками зависит от многих биотических и абиотических факторов и имеет большое практическое значение при отработке норм и способов применения ЭПН в качестве биологических агентов.

Библиографический список

1. Georgis R, Koppenhöfer AM, Lacey LA. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. // *Biological Control*. – 2006. – 38. – P. 103–123.
2. Poinar G.O. Taxonomy and biology of Shteinerneimatidae and Heterorhabditidae. // *Entomopathogenic nematodes in biological control*. – Eds.: R. Gaugler and H.K. Kaya. – Boca Ration, FL: CRC Press. – 1990. – P. 23–61.
3. Poinar G.O. Origins and phylogenetic relationships of the entomophilic rhabditids, Heterorhabditis and Steinernema. // *Fundamental and Applied Nematology*. – 1993. – 16. – P. 333–338.
4. Данилов Л.Г., Смирнова И.М. Изучение возможности совместного применения энтомопатогенных нематод и инсектицидов в борьбе с насекомыми. // Тез. докл. VIII Всес. совещ. по нематодным болезням с.-х. культур. Кишинев. – 1976. – 166 с.
5. Догель В.А. Общая паразитология. / Ленинградский государственный университет. – 1962. – 464 с.
6. Мошковский Ш.Д. Функциональная паразитология. / Очерк 1, 2 и 3. Мед. паразитол. болезни. – 1946. – 15 (4). – С. 22–36.
7. Данилов Л.Г. Особенности проявления ирвазионной активности энтомопатогенных нематод (*Nematoda: Steinernematidae*) в зависимости от абиотических и биотических факторов окружающей среды. // *Вестник защиты растений*. – 2018 (3). – С. 38–42.
8. Данилов Л.Г. Биологическое обоснование применения нематод Neoplectana carposapsae в борьбе с вредными насекомыми. Автореф. ... канд. биол.наук. – Л., 1978. – 24 с.
9. Данилов Л.Г. Особенности инвазирования и последующего развития нематод Neoplectana carposapsae штамм “agriotos” в насекомых при свободном контакте паразита с хозяином. // *Гельминты насекомых М.»Наука»*. – 1980. – С. 42–46.

10. Данилов Л.Г. Карпова, Е.В. Сергеев, Г.Е. Влияние абиотических и биотических факторов на эффективность отлова штейнернематид и гетерорабдитид из почвы. // Сб. научн. Труд. БелНИИЗР. – Изд. “Защита растений”. Минск, Экаунт”. – 1997. – 20. – С. 85–95.
11. Gaugler R. and H.K. Kaya, eds. Entomopathogenic nematodes in biological control.; Boca Raton, Fla.: CRC Press.
12. Hui E., Webster J.M. Influence of insect larvae and seedling on the host-finding ability of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae). // J. Invertebr. Pathol. – 2000. – 75 (2). – P 152–162.
13. San-Blas E, Gowen SR. Facultative scavenging as a survival strategy of entomopathogenic nematodes. International // Journal for Parasitology. – 2008. – 38. – P. 85–91.
14. Puza V., Mracek Z. Does scavenging extend the host range of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae) // Journal of Invertebrate Pathology. – 2010. – 104. – P. 1–3.
15. Hara AH, Kaya HK. Development of the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae), in insecticide killed beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) // Journal of Economic Entomology. – 1983. – 76. – P. 423–426.
16. Koppenhöfer AM, Cowles RS, Cowles EA, Fuzy EM, Kaya HK. Effect of neonicotinoid synergists on entomopathogenic nematode fitness. // Entomologia Experimentalis et Applicata. – 2003. – 106. – P. 7–18.
17. Christine T. Griffin. Perspectives on the Behavior of Entomopathogenic Nematodes from Dispersal to Reproduction: Traits Contributing to Nematode Fitness and Biocontrol Efficacy. // J Nematol. – 2012 Jun. – 44(2). – P. 177–184.
18. Kaya HK, Burlando TM. Infectivity of *Steinernema feltiae* in fenamiphos-treated sand. // Journal of Nematology. – 1989. – 21. – P. 434–436.
19. Jaworska M., Stanuszek S. Population dynamics of *Heterorhabditis* sp. – a parasite of *Hoplocampa testudinea* Kig. // Nicienie szkodliwe pożytecznych rośnin Warszawa. – 1986. – 323. – P 189–197.
20. Sandner H. Pozród nicieni pasożytów roślin I stawonogów. Wiad parazytol. – 1981. – 21(1). – P. 125–132.
21. Maggenti A.R. Nematodes: development as plant parasites // Annu. Rev. Microbiol. – 1981. – 35. – P. 135–154.

BEHAVIOUR FEATURES OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (*NEMATODA: STEINERNEMATIDAE*) IN THE PRESENCE OF DEAD HOST INSECTS

L.G. DANILOV¹, K.A. LAISHEV², T.A. DANILOVA²

(¹ All-Russian Research Institute of Plant Protection, ² North-West Centre of Interdisciplinary Research of Food Maintenance Problems)

The authors have experimentally established a possibility of penetration and development of entomopathogenic nematodes (EPN) in the corpses of insects killed not only by the nematodes themselves, but also under the influence of, insecticides, for example, negative temperatures, or other insect pathogens. This fact indicates the need to study the biology of these organisms to ensure objective assessment of the prospects of their effective practical use in agriculture.

As a result of the conducted research it has been established that in the presence of live insects or their corpses in a certain amount of the soil, only a certain number of the nematodes which are in a zone of host dwelling get into the insect. As population density of infective larvae increases

above the optimum, the laws of self-regulation begin to act on the micropopulation level, causing the most of the infective larvae flow into inactivated state and serve as the basis for the continued existence of EPN micropopulation in this biotope.

Key words: entomopathogenic nematode, saprobiont, micro-, macro-population, infective larvae.

References

1. Georgis R, Koppenhöfer AM, Lacey LA. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. // *Biological Control*. 2006; 38: 103–123. (In English)
2. Poinar G.O. Taxonomy and biology of Shteinerneimataidae and Heterorhabditidae. // *Entomopathogenic nematodes in biological control*. – Eds.: R. Gaugler and H.K. Kaya. – Boca Ration, FL: CRC Press. 1990: 23–61. (In English)
3. Poinar GO. Origins and phylogenetic relationships of the entomophilic rhabditids, *Heterorhabditis* and *Steinernema*. // *Fundamental and Applied Nematology*. 1993; 16: 33. (In English)
4. Danilov L.G., Smirnova I.M. Izucheniye vozmozhnosti sovmeistnogo primeneniya entomopatogennykh nematod i insektitsidov v bor'be s nasekomymi [Study of the possible joint use of entomopathogenic nematodes and insecticides in the fight against insects] // *Tez. dokl. VIII Vses. soveshch. po nematodnym boleznyam s.-kh. kul'tur*. Kishinev. 1976: 166. (In Rus.)
5. Dogel', V.A. Obshchaya parazitologiya. [General parasitology] / Leningradskiy gosudarstvennyy universitet. 1962: 464. (In Rus.)
6. Moshkovskiy Sh.D. Funktsional'naya parazitologiya [Functional parasitology] / *Ocherk 1, 2 i 3. Med. parazitol. bolezni*. 1946; 15 (4): 22–36. (In Rus.)
7. Danilov L.G. Osobennosti proyavleniya irvazionnoy aktivnosti entomopatogennykh nematod (*Nematoda: Steinernematidae*) v zavisimosti ot abioticheskikh i bioticheskikh faktorov okruzhayushchey sredy [Features of the irvasion activity manifestation of entomopathogenic nematodes (*Nematoda: Steinernematidae*) depending on abiotic and biotic environmental factors] // *Vestnik zashchity rasteniy*. 2018 (3): 38–42. (In Rus.)
8. Danilov L.G. Biologicheskoye obosnovaniye primeneniya nematod *Neoaplectana carpocapsae* v bor'be s vrednymi nasekomymi [Biological grounds for the use of nematodes *Neoaplectana carpocapsae* in the fight against harmful insects]. Self-review of PhD (Bio) thesis. – L., 1978: 24. (In Rus.)
9. Danilov L.G. Osobennosti invazirovaniya i posleduyushchego razvitiya nematod *Neoaplectana carpocapsae* shtamm "agriotos" v nasekomykh pri svobodnom kontakte parazita s khozyainom [Features of invasion and subsequent development of *Neoaplectana carpocapsae* nematodes of the "agriotos" strain in insects with a free parasite-host contact] // *Gel'minty nasekomykh M."*Nauka". 1980: 42–46. (In Rus.)
10. Danilov L.G. Karpova, Ye.V. Sergeyev, G.Ye. Vliyaniye abioticheskikh i bioticheskikh faktorov na effektivnost' otlova shteynematid i geterorabditid iz pochvy [Influence of abiotic and biotic factors on the efficiency of capturing steinernematodes and heterorabditides from the soil // *Sb. nauchn. Trud. BelNIIZR. – Izd. "Zashchita rasteniy"*. Minsk, Ekaunt". 1997; 20; 85–95.3–338. (In English)
11. Gaugler R. and H.K. Kaya, eds. *Entomopathogenic nematodes in biological control*; Boca Raton, Fla.: CRC Press. (In English)
12. Hui E., Webster J.M. Influence of insect larvae and seedling on the host-finding ability of *Steinernema feltiae* (*Nematoda: Steinernematidae*). // *J. Invertebr. Pathol.* 2000: 75 (2): 152–162. (In English)

13. *San-Blas E, Gowen SR*. Facultative scavenging as a survival strategy of entomopathogenic nematodes. *International // Journal for Parasitology*. 2008; 38: 85–91. (In English)
14. *Puza V, Mracek Z*. Does scavenging extend the host range of entomopathogenic nematodes (*Nematoda: Steinernematidae*) // *Journal of Invertebrate Pathology*. 2010; 104: 1–3. (In English)
15. *Hara AH, Kaya HK*. Development of the entomogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae), in insecticide killed beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) // *Journal of Economic Entomology*. 1985; 376: 423–426. (In English)
16. *Koppenhöfer AM, Cowles RS, Cowles EA, Fuzy EM, Kaya HK*. Effect of neonicotinoid synergists on entomopathogenic nematode fitness. // *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2003; 106: 7–18. (In English)
17. *Christine T. Griffin*. Perspectives on the Behavior of Entomopathogenic Nematodes from Dispersal to Reproduction: Traits Contributing to Nematode Fitness and Biocontrol Efficacy. // *J Nematol*. 2012 Jun; 44(2): 177–184. (In English)
18. *Kaya HK, Burlando TM*. Infectivity of *Steinernema feltiae* in fenamiphos-treated sand. // *Journal of Nematology*. 1989; 21: 434–436. (In English)
19. *Jaworska M., Stanuszek S*. Population dynamics of *Heterorhabditis* sp. – a parasite of *Hoplocampa testudinea* Kig. // *Nicieńie szkodliwe pozyteczne w rolnictwie Warszawa*. 1986; 323: 189–197. (In English)
20. *Sandner H*. Pozród nicieni pasożytów roślin I stawonogów. *Wiad parazytol*. 1981; 21(1): 125–132. (In English)
21. *Maggenti A.R*. Nematodes: development as plant parasites // *Annu. Rev. Microbiol*. 1981; 35: 135–154. (In English)

Данилов Леонид Григорьевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский НИИ защиты растений». Адрес: 196608, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, 3. Телефон: +7-960-232-29-22. Электронный адрес: biodan@mail.ru.

Лайшев Касим Анверович – доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН, зав. отделом, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения». Адрес 196608, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, 7. Телефон +7-911-732-38-28. Электронный адрес: layshev@mail.ru.

Данилова Татьяна Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения». Адрес 196608, Россия, Санкт-Петербург, Пушкин, шоссе Подбельского, 7. Телефон +7-960-232-29-22, Электронный адрес: danilovata2@bk.ru

Leonid G. Danilov – DSc (Ag), Key Research Associate, All-Russian Research Institute of Plant Protection. Address: 196608, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Podbelskogo Ave., 7. Phone: +79602322922. E-mail: biodan@mail.ru.

Kasim A. Laishev – DSc (Vet), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department, North-West Center for Interdisciplinary Studies of Food Security Problems. 196608, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Podbelskogo Ave., 7. Phone: + 79117323828. E-mail: layshev@mail.ru.

Tatyana A. Danilova – PhD (Ag), North-West Center for Interdisciplinary Studies of Food Security Problems. 196608, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Podbelskogo Ave., 7. Phone: +7-960-232-29-22, e-mail: danilovata2@bk.ru.

ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТИБИОТИКОВ НА РАЗВИТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ МОЛОКА

О.В. СЕЛИЦКАЯ, А.П. ОЛЕСЮК, Г.В. РОДИОНОВ, Р.М. КЕРТИЕВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Скорость размножения различных микроорганизмов в молоке неодинакова и зависит, главным образом, от температуры хранения. Исходная степень микробной загрязнённости продукта, наличие и концентрация некоторых веществ химической природы также выступают факторами, обуславливающими развитие молочных микроорганизмов. Целью исследований явилось выявление характера дифференцированного воздействия антибиотиков на микробиологический состав молока-сырья и заквасок. Исследованы физико-химические и микробиологические показатели, технологические свойства заквасок чистых культур, полученных путём сквашивания молока с наличием антибиотиков. По результатам экспериментальных исследований было выявлено, что в процессе жизнедеятельности молочнокислого стрептококка массовая доля жира в субстрате была на уровне от 0,36 до 0,42%, это почти в 2 раза ниже, чем в заквасках *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, что указывает на использование отдельных жировых компонентов и фракций для обеспечения метаболических процессов *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*.*

Ключевые слова: ингибиторы микроорганизмов, фазы роста, закваски, импедансный анализ.

Введение

Продукты растительного и животного происхождения наряду с растениями и животными имеют собственные механизмы защиты от развития микроорганизмов. Некоторые из этих механизмов относятся к субстрат-лимитирующим факторам и являются внутренними параметрами продукта (рН, Eh, влажность, содержание питательных веществ, антимикробные компоненты, биологические структуры), а другие, не зависящие от субстрата, принято причислять к внешним параметрам (температура хранения, относительная влажность окружающей среды, присутствие и концентрация газов, наличие и активность других микроорганизмов) [3, 15]. Кроме того, доказаны некоторые синергетические эффекты в отношении ингибирования микроорганизмов в результате использования комбинаций факторов (например, температура и присутствие антибиотиков) [3].

Загрязнение молока ингибирующими веществами, главным образом, антибиотиками, является одной из актуальных проблем молочной отрасли и её значение нарастает с каждым годом. Регулярное поступление в организм человека остаточных количеств антибиотиков, содержащихся в продуктах, приводит к выработке резистентности к их воздействию, а также возникновению аллергических реакций и дисбактериозов.

Антибиотические вещества могут попадать в молоко вследствие использования кормов, содержащих стимуляторы роста, а также в случаях несоблюдения сроков браковки молока в процессе лечения коров [10, 13].

Для изучения специфики воздействия антибиотиков на молочную микрофлору актуально установить характер этого влияния при различных температурах и разных сроках хранения молока и выявить силу влияния этих факторов.

Скорость роста, профили конституциональных и индуцибельных ферментов, чувствительность к температуре, pH среды, активности воды, консервантам – это свойства, присущие микрофлоре молока и молочных продуктов [1]. Как известно, в свежесвыдоенном молоке микробы не развиваются, что объясняется его бактерицидными свойствами. Молоко, охлажденное после выдаивания до низкой температуры, хранится длительное время, а в парном продолжительность бактерицидной фазы составляет всего 2 часа, после чего молоко начинает активно скисать. Развитие молочной микрофлоры проходит через четыре фазы или стадии: бактерицидную и бактериостатическую, смешанной микрофлоры, молочнокислых бактерий, дрожжей и плесеней.

Как известно, скорость размножения микробов разных групп в молоке неодинакова. Общепринято подразделять микроорганизмы на три группы, основываясь на их температурных потребностях для роста и развития: *психрофилы*, *мезофилы* и *термофилы* [3, 8, 9]. Хладоустойчивые (*психрофилы*) бактерии выживают при низкой температуре (ниже 0°C) и хорошо растут при 7°C [12, 14]. Для *мезофилов* температурный оптимум находится между 20–40°C, а микроорганизмы, хорошо растущие при температуре выше 45°C, относятся к термофилам [3, 5, 8]. Ввиду чего при различных температурах хранения молока для размножения различных групп бактерий могут создаваться более или менее благоприятные условия, и, как следствие, происходит разнонаправленное изменение компонентного состава молока.

Любое антибиотическое вещество специфично, характер его влияния и механизм биологического действия зависят от многих факторов, в частности, от времени действия, химической природы и концентрации препарата, вида организма и микроструктуры его клеток, от внешних условий [4, 11]. Антибиотические вещества могут задерживать рост клеток (оказывать цитостатическое действие), убивать их (т.е. проявлять цитоцидное действие) или растворять клеточную стенку, что непременно приводит к гибели клетки (цитолитическое действие) [4].

Впервые выявлены особенности дифференцированного воздействия отдельных ингибиторов (антибиотики) на микроорганизмы молока, его химический состав, на некоторые МКБ в динамике хранения и при различных температурах.

Знание дифференцированного воздействия антибиотиков на молоко и закваски для кисломолочных продуктов позволит контролировать процессы производства, осуществлять выпуск молочной продукции с требуемыми показателями качества и безопасности.

Методика исследования

Для изучения особенностей направленного воздействия антибиотиков на молочную микрофлору необходимо выявить характер этого влияния при разных параметрах хранения (температура и продолжительность), а также установить степень влияния этих факторов. В ходе исследований проводились микробиологические анализы молока и заквасок на тест-пластинах Петрифильм [6], а также на микробиологическом анализаторе *БакТрак 4300* изучалась кинетика роста микроорганизмов

и проводился импедансный анализ [7]. Исследована метаболическая активность микроорганизмов молока и отдельных культур МКБ в динамике при разных температурах и концентрациях антибиотика.

В процессе изучения физико-химических показателей молока и заквасок использовались как стандартные методики (ГОСТ), так и современное оборудование (*Bentley 2000* и *Somacount 300*).

В процессе исследований изучались специфичность воздействия четырёх концентраций антибиотиков на химический состав и микробиологические показатели молока при различных продолжительности и температуре хранения, а также воздействие различных антибиотиков на чистые культуры молочнокислых микроорганизмов.

Для исследования нами были выбраны следующие концентрации пенициллина в исходном молоке: на уровне, соответствующем пороговому (ПДУ) согласно ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (0,004 мг/кг); в 2 раза ниже ПДУ (0,002 мг/кг); в 2 раза выше ПДУ (0,008 мг/кг) и концентрация, в 4 раза превышающая ПДУ (0,016 мг/кг). Концентрации левомицетина были выбраны аналогично. ПДУ левомицетина установлен на отметке не более 0,0003 мг/кг, следовательно, нами изучались пробы молока с концентрациями 0,00015; 0,0003; 0,0006; 0,0012 мг/кг.

В процессе метаболизма микроорганизмы расщепляют питательные вещества (высокомолекулярные соединения – белки, пептиды, углеводы) и образуют низкомолекулярные заряженные молекулы. Принцип работы измерительной системы микробиологического анализатора БакТрак базируется на методике уменьшения некоего импеданса питательной среды (её сопротивления) с помощью электродов. В процессе инкубирования выстраивается через определённые интервалы времени некая кривая импедансного сигнала, аналогичная кривой роста микроорганизмов, поделенной на несколько типичных областей: начальная фаза (фаза адаптации или лаг-фаза), экспоненциальная, переходная (замедления роста), стационарная и фаза отмирания.

В процессе начальной фазы роста идёт адаптация метаболизма микроорганизмов к имеющемуся в среде субстрату (наблюдается, как правило, синтез рибосом, РНК, индуцибельных ферментов), после этого инициируется экспоненциальная фаза роста – численность микроорганизмов увеличивается в геометрической прогрессии, наблюдается максимальная скорость деления клеток. В результате накопления в субстрате токсических продуктов метаболизма и быстрого расходования питательных веществ субстрата наблюдается замедление роста бактерий, что впоследствии приводит к стационарной фазе импедансного анализа. Уровень низкомолекулярных метаболитов больше не увеличивается, и кривая роста идёт практически параллельно оси абсцисс. Чем больше осеменён микрофлорой исходный образец, тем быстрее выстраивается импедансная кривая.

Все исследования по влиянию антибиотиков на качественные показатели и молока и заквасок проводились в трёхкратной повторности.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты анализа, представленные на графиках (рис. 1) и в таблице 1, свидетельствуют о том, что на общую бактериальную обсеменённость молока в процессе инкубации при 24°C концентрация пенициллина оказала незначительное влияние (в контрольном образце установлено $5,6 \times 10^3$ КОЕ/мл, в опытном с концентрацией 0,016 мг/кг – $4,6 \times 10^3$ КОЕ/мл).

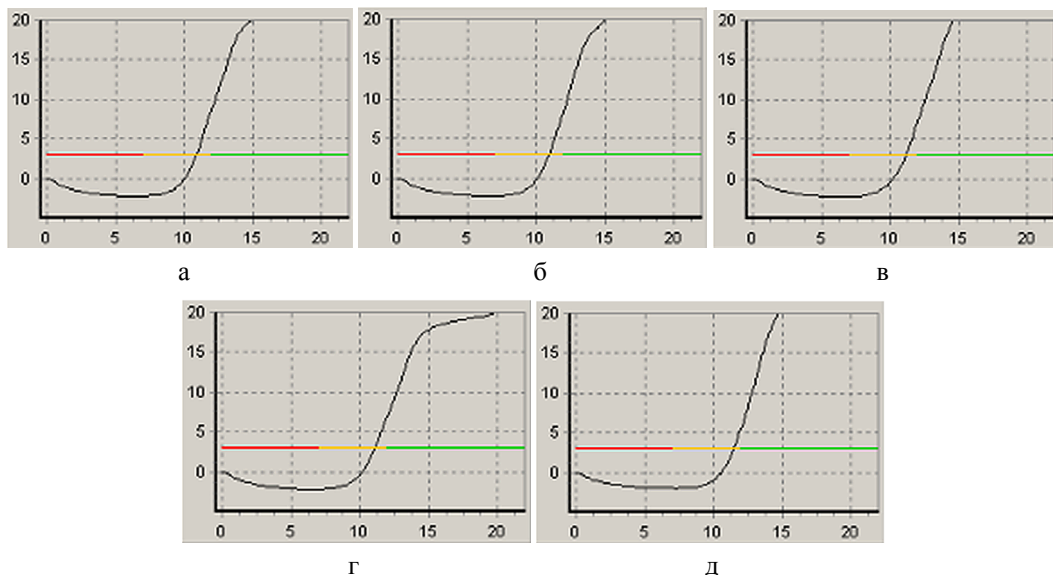


Рис. 1. Кинетика роста микроорганизмов молока при $t = 24^\circ\text{C}$:
а – контроль (без пенициллина); б – образцы с концентрациями антибиотика:
0,002 мг/кг; в – 0,004 мг/кг; г – 0,008 мг/кг; д – 0,016 мг/кг

Температура культивирования оказала существенное влияние на увеличение численности микроорганизмов в образцах молока. Так при 37°C в момент фиксирования импеданса численность бактерий в контрольном образце составила $2,5 \times 10^6$ КОЕ/мл, а в опытном с концентрацией антибиотика 0,008 мг/кг – $1,9 \times 10^6$ КОЕ/мл, а с концентрацией 0,016 мг/кг – $1,7 \times 10^6$ КОЕ/мл (рис. 2).

Таблица 1

Импедансный анализ по изучению влияния пенициллина на микроорганизмы молока

Показатели	Контроль (без антибиотика)		Молоко, содержащее концентрации пенициллина							
			0,002 мг/кг		0,004 мг/кг		0,008 мг/кг		0,016 мг/кг	
Температура инкубации	24°C	37°C	24°C	37°C	24°C	37°C	24°C	37°C	24°C	37°C
Количество м-мов, КОЕ/мл	$5,6 \times 10^3$	$2,5 \times 10^6$	$5,5 \times 10^3$	$2,4 \times 10^6$	$4,3 \times 10^3$	$2,4 \times 10^6$	$4,7 \times 10^3$	$1,9 \times 10^6$	$4,6 \times 10^3$	$1,7 \times 10^6$
Время достижения импеданса	10,96	4,60	10,94	4,68	11,18	4,72	11,10	4,94	11,49	5,05

Исследования кинетики роста микроорганизмов молока с заданными концентрациями левомицетина в процессе инкубации при 24°C и 37°C не выявили существенных различий в показателе ОМЧ. В контрольном образце при 24°C установлено $4,6 \times 10^2$ КОЕ/мл, в опытных с концентрациями 0,00015; 0,0003 и 0,0006 мг/кг – от $5,1 \times 10^2$ до $6,1 \times 10^2$ КОЕ/мл (табл. 2).

Однако максимальная концентрация левомицетина (0,0012 мг/кг) оказала заметный ингибирующий эффект в отношении микроорганизмов молока, что подтверждает кривая импедансного анализа данного образца (рис. 3-д).

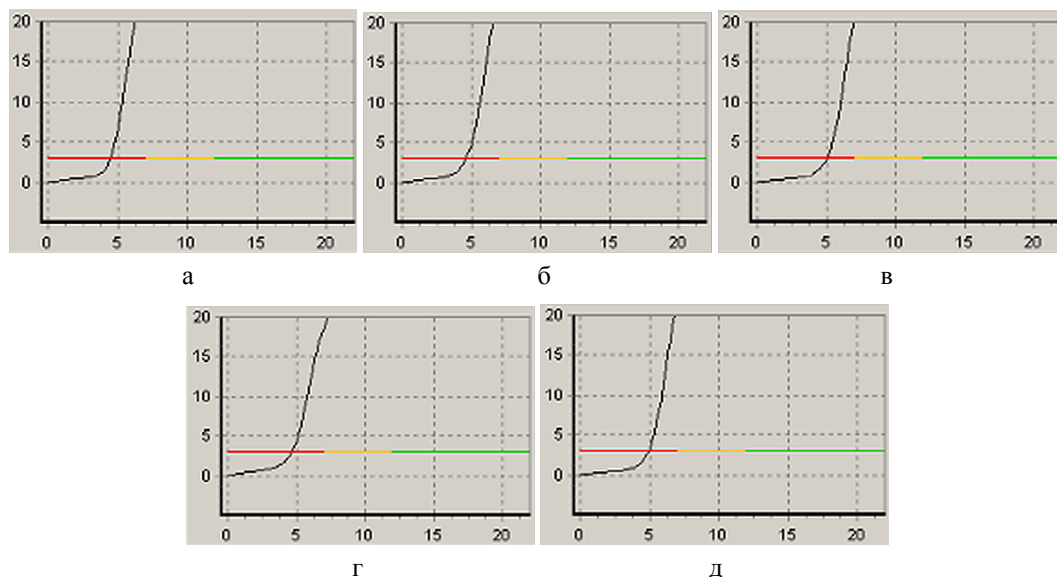


Рис. 2. Кинетика роста микроорганизмов молока при $t = 37^{\circ}\text{C}$:
а – контроль (без пенициллина); б – образцы с концентрациями антибиотика:
0,002 мг/кг; в – 0,004 мг/кг; г – 0,008 мг/кг; д – 0,016 мг/кг

Таблица 2

Импедансный анализ по изучению влияния левомицетина на микроорганизмы молока

Показатели	Контроль (без антибиотика)		Молоко, содержащее концентрации левомицетина							
			0,00015 мг/кг		0,0003 мг/кг		0,0006 мг/кг		0,0012 мг/кг	
Температура инкубации	24°C	37°C	24°C	37°C	24°C	37°C	24°C	37°C	24°C	37°C
ОМЧ, КОЕ/мл	4,6× 10 ²	1,3× 10 ⁶	5,6× 10 ²	1,3× 10 ⁶	5,1× 10 ²	1,3× 10 ⁶	6,1× 10 ²	1,4× 10 ⁶	-	1,4× 10 ⁶
Время достижения импеданса	13,5	5,27	13,29	5,29	13,39	5,31	13,20	5,21	-	5,26

Температура инкубирования 37°C также оказала несущественное влияние на численность микроорганизмов в образцах молока с различными концентрациями левомицетина. Время достижения импеданса в образцах наблюдалось от 5,21 до 5,31 часа и показатель ОМЧ составил от $1,3 \times 10^6$ до $1,4 \times 10^6$ КОЕ/мл (рис. 4).

Данные о количестве микроорганизмов различных групп (КМАФАнМ, молочнокислые бактерии – МКБ, дрожжи и плесневые грибы) в контрольных и опытных образцах в зависимости от концентрации антибиотиков (пенициллин, левомицетин), температуры (10, 24 и 37°C) и длительности (12 и 24 часа) хранения представлены в таблицах 3 и 4.

Выявлено, что анализируемые концентрации пенициллина оказывали незначительное влияние на показатели КМАФАнМ, количество МКБ, дрожжей и плесневых грибов. При температуре хранения 10°C общая бактериальная обсеменённость

молока через 24 часа составила $2,3 \times 10^5$ КОЕ/мл как в контрольном, так и в опытном образце с наивысшей концентрацией пенициллина. Значительно снижается в образцах с антибиотиком количество дрожжей и плесневых грибов.

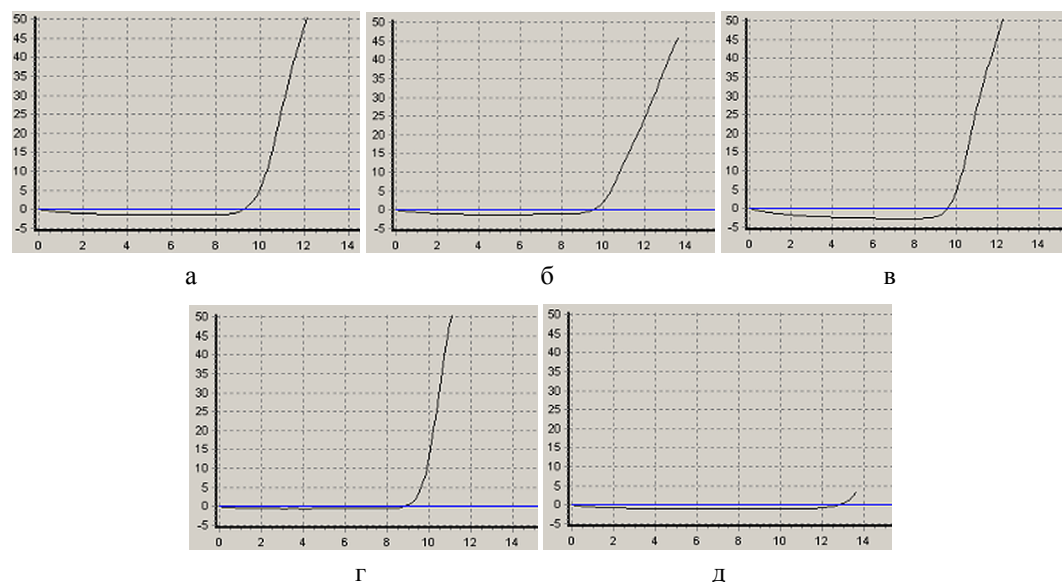


Рис. 3. Кинетика роста микроорганизмов молока при различных концентрациях левомицетина (t инкубации 24°C), мг/кг: а) контроль (без антибиотика), б) 0,00015, в) 0,0003, г) 0,0006, д) 0,0012

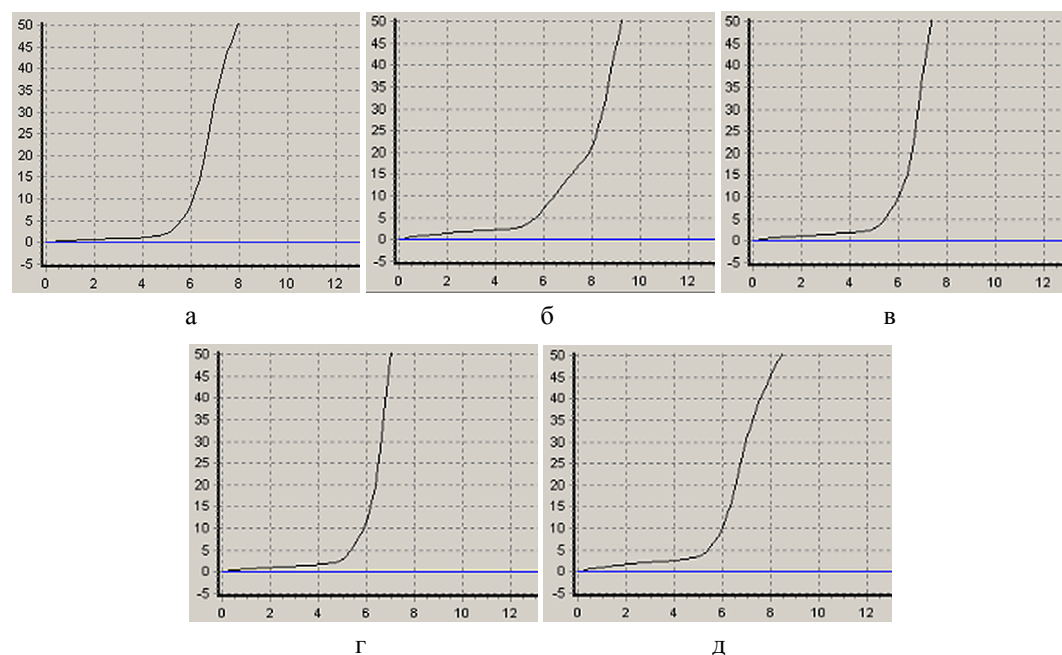


Рис. 4. Кинетика роста микроорганизмов молока при различных концентрациях левомицетина (t инкубации 37°C), мг/кг: а) контроль (без антибиотика), б) 0,00015, в) 0,0003, г) 0,0006, д) 0,0012

Концентрация пенициллина 0,016 мг/кг существенным образом повлияла на развитие МКБ молока при температуре хранения 24°C. По истечении 24 часов хранения число клеток молочнокислых бактерий в контрольном образце и опытных с концентрациями 0,002 мг/кг и 0,004 мг/кг составило $2,3 \times 10^4$ – $2,8 \times 10^4$ КОЕ/мл, а в образце с максимальной концентрацией антибиотика – сократилось до $7,2 \times 10^3$ КОЕ/мл (табл. 3).

Анализ влияния левомицетина на микрофлору молока показал, что при температуре 24°C через 24 часа хранения в контрольном образце количество клеток составило $4,5 \times 10^6$ КОЕ/мл, в то время как в опытном с концентрацией 0,00015 мг/кг – $2,4 \times 10^5$ КОЕ/мл, а с концентрацией 0,0012 мг/кг показатель КМА-ФАНМ – $7,3 \times 10^4$ КОЕ/мл (табл. 4).

Ввиду специфичности действия антибиотика на микрофлору заквасок важно определить характер его влияния на технологические свойства и химический состав молочной продукции. В связи с чем была поставлена цель провести исследования по влиянию определённых концентраций пенициллина в молоке (0,002; 0,004; 0,008; 0,016 мг/кг) на метаболизм заквасочных культур термофильного стрептококка и болгарской палочки. В наших исследованиях субстратом являлось стерильное обезжиренное молоко, в таблице 5 приведены его физико-химические и технологические показатели.

Для проведения эксперимента по выявлению воздействия изучаемых концентраций антибиотиков на чистые культуры промышленных штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* на первом этапе приготовили материнские закваски, которые вносились в количестве 5% к исходному молоку.

Для исследования химического состава заквасок из испытуемого материала получали надосадочную жидкость (супернатант). Для этого брали стерильные пробирки, вносили по 30 мл исследуемых образцов заквасок, по окончании сквашивания (12 часов) центрифугировали на приборе Janetzki K 23 при 8000 об/мин 10 минут для получения супернатанта.

В таблицах 6 и 7 представлены показатели химического состава и технологические свойства испытуемых заквасок, приготовленных на молоке с различными концентрациями пенициллина.

В ходе проведённых исследований по влиянию пенициллина на физико-химические, технологические и микробиологические показатели испытуемых образцов заквасок установлено, что с повышением концентрации антибиотика в исходном молоке в опытных образцах заквасок *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* повышается массовая доля белка, лактозы и сухого вещества по сравнению с контролем (табл. 6). Очевидно, это связано с питанием микроорганизмов, а молочный сахар является главным субстратом молочнокислого брожения, а вследствие ингибирующего эффекта антибиотиков наблюдалось подавление развития микрофлоры заквасок. А именно, в образце закваски с концентрацией пенициллина 0,016 мг/кг массовой доли лактозы оказалось на 0,47% выше по сравнению с контролем.

В образце закваски термофильного стрептококка, приготовленной на молоке с концентрацией антибиотика 0,016 мг/кг, время образования сгустка значительно увеличилось по сравнению с опытными образцами заквасок, приготовленных на молоке с 0,004 мг/кг и 0,008 мг/кг концентрациями пенициллина. Наблюдаемый ингибирующий эффект значительно ухудшил технологические свойства закваски, что говорит о недопустимости её применения при производстве кисломолочной продукции.

Плотность молочного сгустка в образцах заквасок с нарастанием концентрации пенициллина снижается. При максимальном уровне антибиотика (0,016 мг/кг) в требуемом для правильного технологического процесса временном диапазоне образование молочного сгустка вообще не наблюдалось.

Таблица 3
Микробиологические показатели молока с исследуемыми концентрациями пенициллина при разных температурах хранения

Показатель	Контроль				Концентрация пенициллина, мг/кг								
					0,002				0,004				0,008
	Время хранения, часов												
	0	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24
Температура хранения 10°С													
КМАФАнМ, КОЕ/мл	4,4 × 10 ³	6,4 × 10 ⁴	2,3 × 10 ⁵	4,4 × 10 ⁴	1,9 × 10 ⁵	4,4 × 10 ⁴	1,8 × 10 ⁵	4,3 × 10 ⁴	5,3 × 10 ⁴	1,4 × 10 ⁴	2,3 × 10 ⁵		
	1,4 × 10 ²	1,9 × 10 ²	7,3 × 10 ²	1,9 × 10 ²	5,6 × 10 ²	1,9 × 10 ²	6,8 × 10 ²	1,9 × 10 ²	6,6 × 10 ²	1,4 × 10 ²	2,3 × 10 ²		
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	5,9 × 10 ¹	6,1 × 10 ¹	9,0 × 10 ¹	5,1 × 10 ¹	8,1 × 10 ¹	4,2 × 10 ¹	8,0 × 10 ¹	5,3 × 10 ¹	7,2 × 10 ¹	2,9 × 10 ¹	5,0 × 10 ¹		
Температура хранения 24°С													
КМАФАнМ, КОЕ/мл	4,4 × 10 ³	2,2 × 10 ⁵	4,5 × 10 ⁶	2,6 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁶	7,0 × 10 ⁴	1,8 × 10 ⁶	5,7 × 10 ⁴	1,9 × 10 ⁶	8,4 × 10 ⁴	4,1 × 10 ⁶		
	1,4 × 10 ²	2,6 × 10 ³	2,3 × 10 ⁴	2,9 × 10 ³	2,6 × 10 ⁴	2,7 × 10 ³	2,8 × 10 ⁴	1,9 × 10 ³	1,1 × 10 ⁴	8,4 × 10 ²	7,2 × 10 ³		
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	5,9 × 10 ¹	1,9 × 10 ²	5,1 × 10 ²	1,8 × 10 ²	2,9 × 10 ²	1,8 × 10 ²	2,8 × 10 ²	1,3 × 10 ²	2,7 × 10 ²	1,2 × 10 ²	2,4 × 10 ²		
Температура хранения 37°С													
КМАФАнМ, КОЕ/мл	4,4 × 10 ³	6,4 × 10 ⁵	2,5 × 10 ⁷	6,3 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁷	2,2 × 10 ⁵	2,1 × 10 ⁷	6,7 × 10 ⁵	7,4 × 10 ⁷	3,1 × 10 ⁵	1,5 × 10 ⁷		
	1,4 × 10 ²	1,8 × 10 ⁴	2,3 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁴	2,1 × 10 ⁵	2,7 × 10 ⁴	2,2 × 10 ⁵	1,9 × 10 ⁴	1,1 × 10 ⁵	1,3 × 10 ⁴	8,0 × 10 ⁴		
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	5,9 × 10 ¹	1,6 × 10 ²	1,4 × 10 ²	1,8 × 10 ²	2,6 × 10 ²	1,8 × 10 ²	4,1 × 10 ²	1,8 × 10 ²	2,1 × 10 ²	1,8 × 10 ²	1,3 × 10 ²		

Таблица 4

Микробиологические показатели молока с исследуемыми концентрациями левомицетина при разных температурах хранения

Показатель	Контроль		Концентрация левомицетина, мг/кг											
			0,00015		0,0003		0,0006		0,0012					
	Время хранения, часов													
0	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24		
Температура хранения 10°С														
КМАФАнМ, КОЕ/мл	4,4 × 10 ³	6,4 × 10 ⁴	2,3 × 10 ⁵	6,4 × 10 ⁴	1,9 × 10 ⁵	6,4 × 10 ⁴	1,5 × 10 ⁵	5,9 × 10 ⁴	6,2 × 10 ⁴	5,4 × 10 ⁴	8,1 × 10 ⁴			
МКБ, КОЕ/мл	1,4 × 10 ²	1,9 × 10 ²	7,3 × 10 ²	1,9 × 10 ²	7,5 × 10 ²	1,9 × 10 ²	7,4 × 10 ²	1,9 × 10 ²	6,6 × 10 ²	1,4 × 10 ²	2,1 × 10 ²			
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	5,9 × 10 ¹	6,1 × 10 ¹	9,0 × 10 ¹	3,1 × 10 ¹	4,2 × 10 ¹	2,2 × 10 ¹	3,0 × 10 ¹	2,3 × 10 ¹	3,1 × 10 ¹	1,4 × 10 ¹	2,0 × 10 ¹			
Температура хранения 24°С														
КМАФАнМ, КОЕ/мл	4,4 × 10 ³	2,2 × 10 ⁵	4,5 × 10 ⁶	6,6 × 10 ⁴	2,4 × 10 ⁵	7,0 × 10 ⁴	4,4 × 10 ⁵	5,7 × 10 ³	8,3 × 10 ⁴	8,4 × 10 ³	7,3 × 10 ⁴			
МКБ, КОЕ /мл	1,4 × 10 ²	2,6 × 10 ³	2,3 × 10 ⁴	7,8 × 10 ²	6,6 × 10 ³	6,7 × 10 ²	4,8 × 10 ³	1,9 × 10 ²	4,1 × 10 ³	8,4 × 10 ²	3,2 × 10 ³			
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	5,9 × 10 ¹	1,9 × 10 ²	5,1 × 10 ²	1,2 × 10 ²	2,8 × 10 ²	1,2 × 10 ²	2,8 × 10 ²	1,1 × 10 ²	2,7 × 10 ²	1,0 × 10 ²	2,6 × 10 ²			
Температура хранения 37°С														
КМАФАнМ, КОЕ /мл	4,4 × 10 ³	6,4 × 10 ⁵	2,5 × 10 ⁷	6,3 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁷	5,8 × 10 ⁵	2,1 × 10 ⁷	6,6 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁷	3,1 × 10 ⁵	1,2 × 10 ⁷			
МКБ, КОЕ /мл	1,4 × 10 ²	1,8 × 10 ⁴	2,3 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁴	2,3 × 10 ⁵	2,5 × 10 ⁴	2,2 × 10 ⁵	1,9 × 10 ⁴	1,9 × 10 ⁵	1,2 × 10 ⁴	7,3 × 10 ⁴			
Дрожжи и плесневые грибы, КОЕ/мл	5,9 × 10 ¹	1,6 × 10 ²	1,4 × 10 ²	1,8 × 10 ²	2,5 × 10 ²	1,8 × 10 ²	3,1 × 10 ²	1,7 × 10 ²	1,6 × 10 ²	6,4 × 10 ¹	9,3 × 10 ¹			

Таблица 5

Физико-химические свойства молока – субстрата для приготовления заквасок

Показатель	Значение
Массовая доля жира, %	1,57±0,031
Массовая доля белка, %	2,93±0,023
Массовая доля лактозы, %	4,13±0,038
Массовая доля сухого вещества, %	9,40±0,255
Температура замерзания, °C	-0,46±0,221
Содержание соматических клеток, тыс. в 1 см ³	5,00±0,5
Кислотность, °T	16,00±0,50

Таблица 6

Химический состав и технологические свойства заквасок *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* при различной концентрации пенициллина

Показатель	Контроль	Концентрация пенициллина в закваске чистой культуры, мг/кг			
		0,002	0,004	0,008	0,016
Массовая доля жира, %	0,42±0,01	0,41±0,01	0,40±0,03	0,36±0,02	0,39±0,01
Массовая доля белка, %	0,68±0,02	0,71±0,01	0,73±0,01	0,74±0,01	0,82±0,01
Массовая доля лактозы, %	3,47±0,02	3,80±0,02	3,82±0,02	3,89±0,02	3,94±0,02
Массовая доля сухого вещества, %	5,33±0,04	5,67±0,02	5,69±0,04	5,75±0,04	5,95±0,03
Температура замерзания, °C	-0,36±0,02	-0,38±0,02	-0,39±0,02	-0,40±0,02	-0,41±0,02
Кислотность, °T	100,00±2,00	99,00±2,0	94,00±1,0	89,00±3,0	80,00±3,00
Время образования сгустка, час.	3,50±0,40	3,60±0,30	4,00±0,40	4,50±0,40	12,00±0,40
Численность микроорганизмов, КОЕ /мл	$4,3 \times 10^6$	$1,5 \times 10^5$	$5,4 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,2 \times 10^3$

Клетка лактобактерий, как и любая другая прокариотическая клетка, имеет высокую скорость метаболизма и за 24 часа способна потреблять субстрат, который по массе в 30–40 раз превышает её собственную массу. Степень его интенсивности зависит, главным образом, от присутствия требуемых источников питания в молоке, а кроме того, от наличия микробных ферментов, позволяющих расщеплять эти

вещества для последующего их усвоения. Высокие протеолитические способности микроорганизмов определяют меньшую подверженность бактерий к различным колебаниям компонентного состава молока.

В зависимости от потребности в источниках азота молочнокислые бактерии (МКБ) подразделяют на следующие группы: нуждающиеся в целом комплексе витаминов и аминокислот – бактерии рода *Thermobacterium*; требующие для своего метаболизма цистеин и аммонийные соли – бактерии рода *Streptobacterium*; использующие аммонийные соли как единственный источник азота – МКБ рода *Streptococcus*.

Многие учёные полагают, что молочнокислые бактерии одинаково хорошо растут как в цельном, так и в обезжиренном молоке, следовательно, жир для их развития не требуется. Однако доказано, что некоторые жирные кислоты всё же влияют на метаболизм микроорганизмов молока. Рост молочнокислых стрептококков угнетает присутствие в субстрате каприловой, лауриновой и каприновой кислот, развитие отдельных молочнокислых палочек и кокков стимулируется под действием олеиновой кислоты, а 0,5% стеариновой кислоты приводит к прекращению кислотообразования [2, 3]. Наши исследования показали, что в заквасках *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* массовая доля жира была практически в 2 раза выше, чем в заквасках *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, это даёт основание предположить, что имели место отмеченные выше закономерности (табл. 7).

Таблица 7

Химический состав и технологические свойства заквасок *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* при различной концентрации пенициллина

Показатель	Контроль	Концентрация пенициллина в закваске чистой культуры, мг/кг			
		0,002	0,004	0,008	0,016
Массовая доля жира, %	0,70±0,01	0,72±0,02	0,71±0,01	0,70±0,02	0,66±0,02
Массовая доля белка, %	0,76±0,03	0,78±0,01	0,78±0,02	0,78±0,02	0,88±0,02
Массовая доля лактозы, %	3,51±0,04	3,55±0,03	3,56±0,03	3,57±0,03	3,98±0,21
Массовая доля сухого вещества, %	5,60±0,01	5,67±0,02	5,69±0,02	5,69±0,01	6,25±0,01
Температура замерзания, °С	0,36±0,02	0,36±0,01	0,37±0,01	0,37±0,03	0,41±0,01
Кислотность, °Т	158,00±2,00	157,00±1,50	152,00±2,00	140,00±2,50	128,00±2,00
Время образования сгустка, ч	5,50±0,30	5,80±0,20	16,00±0,30	-	-
Численность микроорганизмов, КОЕ /мл	$2,2 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$5,3 \times 10^5$	$7,7 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$

В процессе жизнедеятельности молочнокислого стрептококка массовая доля жира в субстрате была на уровне от 0,36 до 0,42%, что даёт основание предположить факт использования отдельных жировых компонентов и фракций для

обеспечения метаболических процессов данного микроорганизма. В образцах заквасок болгарской палочки массовая доля жира была в 2 раза выше, чем в заквасках термофильного стрептококка, что говорит о лучшей сохранности жировых фракций и их меньшего использования как питательного субстрата для болгарской палочки.

Снижение общего количества белка в контрольном образце заквасок может свидетельствовать о факте использования его в качестве питательного субстрата микроорганизмов. На наш взгляд, молочный белок в данном случае мог быть представлен свободными аминокислотами (напр., аргинин, серин), а также другими фракциями небелкового азота, в том числе мочевиной [2].

Полученные результаты свидетельствуют об избирательной реакции молочнокислых микроорганизмов на определённые концентрации пенициллина, что существенно влияет впоследствии на массовую долю основных питательных веществ (белок, жир, лактоза).

Для анализа влияния четырёх концентраций пенициллина на динамику роста чистых культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и их комплексную закваску было проведено исследование на приборе БакТрак 4300 по методике импедансного анализа (рис. 5).

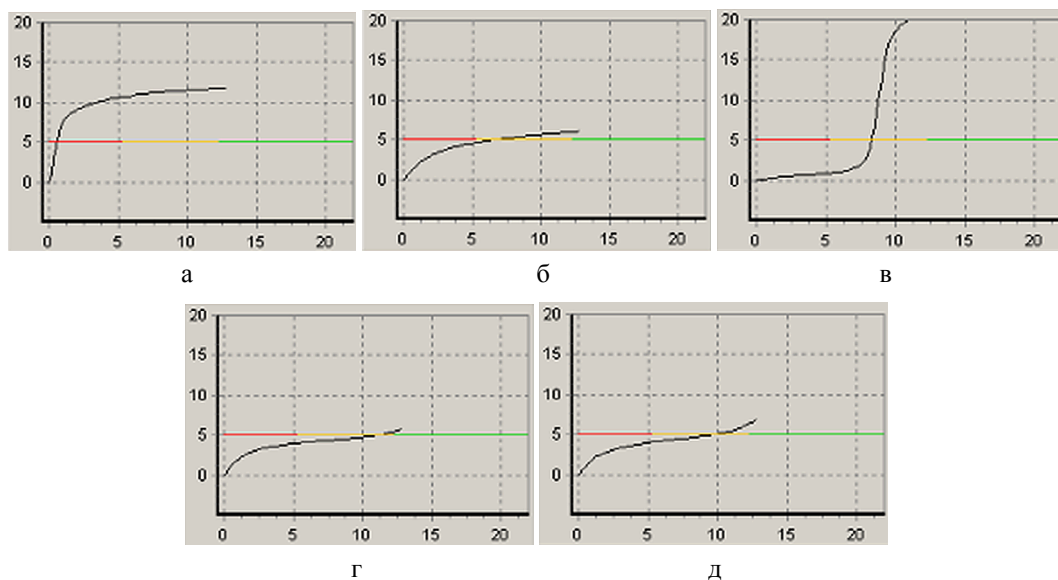


Рис. 5. Кинетика роста термофильного стрептококка при различных концентрациях пенициллина (t инкубации 37°C), мг/кг:
а) контроль (без антибиотика), б) 0,002, в) 0,004, г) 0,008, д) 0,016

В таблице 8 представлены данные по влиянию изучаемых концентраций пенициллина на чистые культуры термофильного стрептококка и болгарской палочки, а также на их комплексную закваску.

Полученные результаты подчёркивают губительное действие концентраций пенициллина в молоке 0,008 и 0,016 мг/кг на рост чистой культуры болгарской палочки и на комплексную закваску двух культур *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* в соотношении 1:1.

Это подтверждают и графические результаты опыта: фиксируется слабый рост ниже прямой достижения импеданса (рис. 6, 7).

Таблица 8

Импедансный анализ по изучению влияния пенициллина (0,002; 0,004; 0,008; 0,016 мг/кг) на чистые культуры молочнокислых бактерий

Показатели	Контроль	Концентрация пенициллина, мг/л			
		0,002	0,004	0,008	0,016
Streptococcus salivarius subsp. thermophilus					
Количество м-мов, КОЕ/мл	4,3 × 10 ⁶	5,4 × 10 ⁴	1,5 × 10 ⁴	5,4 × 10 ³	1,9 × 10 ³
Время достижения импеданса, ч	0,55	6,57	8,3	9,74	11,14
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus					
Количество м-мов, КОЕ/мл	3,5 × 10 ⁶	1,6 × 10 ⁶	7,7 × 10 ²	слабый рост	слабый рост
Время достижения импеданса, ч	0,85	1,88	12,42	-	-
Streptococcus salivarius subsp. thermophilus 50% +Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus 50%					
Количество м-мов, КОЕ/мл	3,6 × 10 ⁶	1,7 × 10 ⁶	2,8 × 10 ³	слабый рост	слабый рост
Время достижения импеданса, ч	0,79	1,82	10,66	-	-

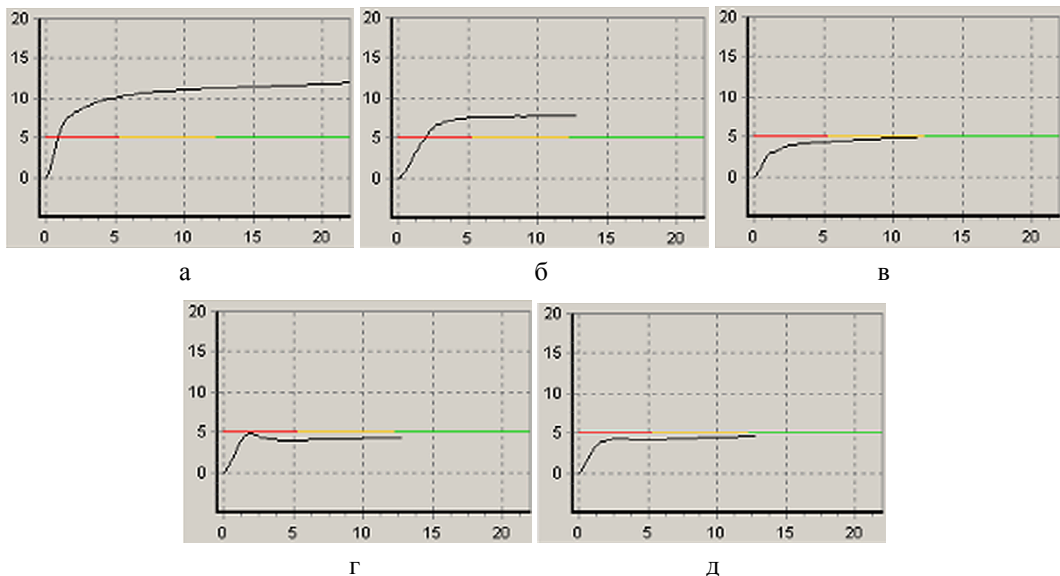


Рис. 6. Кинетика роста *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* под влиянием различных концентраций пенициллина (t инкубации 37°C): а) контроль, б) 0,002 мг/л, в) 0,004 мг/л, г) 0,008 мг/л, д) 0,016 мг/л

Анализ кривой роста культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* под влиянием концентрации пенициллина 0,004 мг/кг указывает на эффект некой

активации развития штамма через 8 часов инкубирования (после момента достижения импеданса): экспоненциальная фаза роста культуры при данной концентрации более ярко выражена, чем в остальных образцах. Наблюдаемая особенность для культуры *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* является интересной и, по нашему мнению, требует более глубоких исследований.

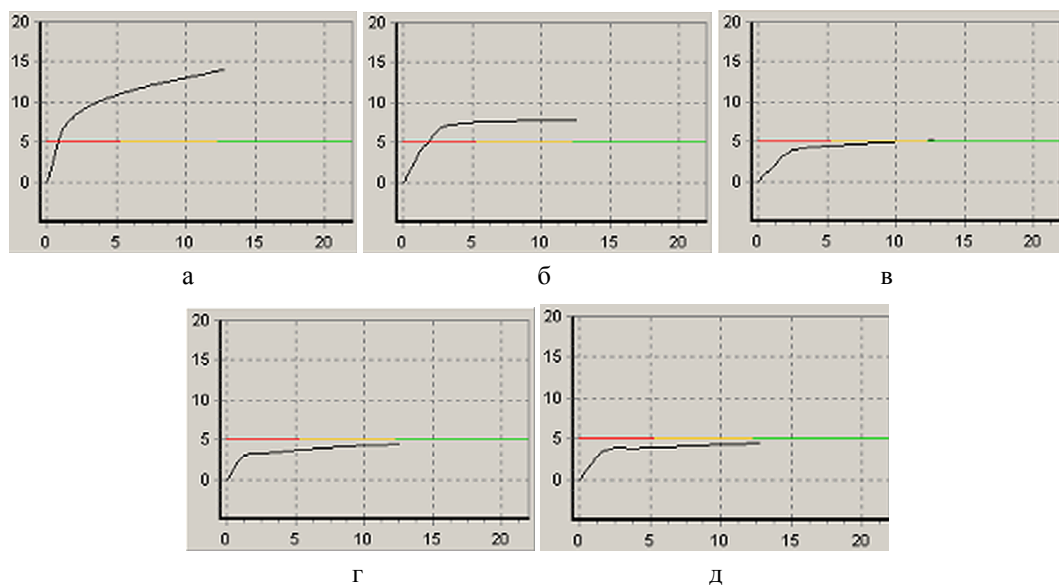


Рис. 7. Кинетика роста закваски *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 50% + *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 50% под влиянием различных концентраций пенициллина (t инкубации 37°C):
а) контроль, б) 0,002 мг/л, в) 0,004 мг/л, г) 0,008 мг/л, д) 0,016 мг/л

Результаты наших исследований свидетельствуют о некоторых адаптационных закономерностях заквасок *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ввиду анализа динамики их роста и оценки химического состава (массовой доли лактозы, белка, жира).

Заключение

В ходе проведённых исследований можно прийти к выводам, что наблюдается определенная специфичность реакции молочнокислых микроорганизмов на изучаемые концентрации антибиотиков, что существенно влияет на химический состав, технологические характеристики и органолептические свойства молочной продукции.

Проведенные исследования по изучению влияния антибиотиков на химический состав и микробиологические показатели молока, а также по воздействию различных концентраций пенициллина и левомицетина на чистые культуры молочнокислых микроорганизмов позволяют сделать вывод, что на показатель КМАФАнМ в процессе инкубации наиболее существенное влияние оказала температура культивирования. Максимальное количество микроорганизмов в молоке было в контрольном образце при 37°C – $2,5 \times 10^6$ КОЕ/мл.

Выявлено, что с увеличением концентрации пенициллина в опытных образцах закваски массовая доля белка, лактозы и сухого вещества возрастает по сравнению с контролем. В образце закваски *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, приготовленной на молоке с концентрацией антибиотика 0,016 мг/кг, время образования

сгустка значительно увеличилось по сравнению с другими опытными образцами. Характер молочного сгустка с увеличением концентрации пенициллина в исследуемом ряду свидетельствует о снижении его плотности, а в образце с концентрацией ингибитора 0,016 мг/кг образование сгустка в требуемом для технологического процесса временном диапазоне не наблюдалось.

В ходе изучения влияния различных концентраций антибиотиков на чистые культуры молочнокислых бактерий в опытных образцах *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* отмечена лучшая сохранность жира (0,66–0,72%). В процессе метаболизма *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* жир в субстрате расходовался интенсивнее, концентрация в супернатантах его составила 0,36–0,42%, что указывает на факт вовлечения отдельных жировых фракций для обеспечения процессов жизнедеятельности термофильного стрептококка.

Библиографический список

1. Ганина В.И. В помощь микробиологу / В.И. Ганина // Молочная промышленность. – 2016. – № 10. – С. 40–41.
2. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность. – 1998. – 344 с.
3. Джей Дж.М. Современная пищевая микробиология / Дж.М. Джей М.Жд. Лёсснер, Д.А. Гольден; пер. 7-го англ.изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 886 с.
4. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках: Учебник. 6-е изд., перераб. и доп. / Н.С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 528 с.
5. Емцев В.Т. Общая микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин О.В Селицкая. – Учебник. – Сер. 68 Профессиональное образование. – М.: Юрайт, 2017. – 253 с.
6. Методы микробиологического контроля с использованием петрифильмов МУК 4.2.2884–11. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 24 с.
7. Микробиологический анализатор БакТрак 4300 Инструкция пользователя. – SY-LAB Instruments GmbH. – 2002. – 74 с.
8. Экология микроорганизмов: учебник для студентов вузов / А.И. Нетрусов, Е.А. Бонч-Осмоловская В.М. Горленко и др.; под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.
9. Amelunxen R.E. Microbial life at high temperatures: Mechanisms and molecular aspects / R.E. Amelunxen, A.L. Murdock, D.J. Kushner // Microbial life in Extreme Environments. New York: Academic Press. – 1978. – P. 217–278.
10. Callaway T.R. The effect of nisin and monensin on ruminal fermentations in vitro / T.R. Callaway, A.M.S. Carneiro de Melo J.B. Russell // Curr. Microbiol. 35. – 1997. – P. 90–96.
11. Jay J.M. Antibiotics as food preservatives / J.M. Jay, ed. A.H. Rose // Food Microbiology. New York: Academic Press. – 1983. – P. 117–143.
12. Jay J.M. The tentative recognition of psychrotrophic Gram-negative bacteria in 48 h by their surface growth at 10°C / J.M. Jay // Food Microbiology. – 1987. – P. 25–32.
13. Lana R.P. Effect of forage quality and monensin on the ruminal fermentations of fistulated cows fed continuously at a constant intake / R.P. Lana, J.B. Russell // J. Anim. Sci. 75. – 1997. – P. 224–229.
14. Morita R.Y. Psychrophilic bacteria / R.Y. Morita // Bacteriol. Rev. 39. – 1975. – P. 144–167.
15. Mossel D.A. The physiology of the microbial spoilage of foods / D.A.A. Mossel M. Ingram // J. Appl. Bacteriol. 18. – 1955. – P. 232–268.

EFFECT OF ANTIBIOTICS ON MILK MICROORGANISM GROWTH

O.V. SELITSKAYA, A.P. OLESYUK, G.V. RODIONOV, R.M. KERTIYEV

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*The reproduction rate of various microorganisms in milk may differ and depends mainly on the storage temperature. The initial degree of microbial contamination of the product, the presence and concentration of certain chemical substances also serve as factors that cause the development of dairy microorganisms. The research purpose is to identify the nature of the differential effects of antibiotics on the microbiological composition of raw milk, sourdoughs and fermented milk products. The authors studied physicochemical and microbiological indicators, the technological properties of the starter cultures obtained by milk fermentation with the use of antibiotics. According to the study results, during the life of lactic streptococcus the mass fraction of fat in the substrate was at a level of 0.36 to 0.42%, which is almost 2 times lower than in the starter cultures of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. This indicates that individual fat components and fractions are used to ensure the metabolic processes of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*.*

Key words: microorganism inhibitors, growth phases, ferments, impedance analysis.

References

1. Ganina V.I. V pomoshch' mikrobiologu [Useful advice to the microbiologist] / V.I. Ganina // Molochnaya promyshlennost'. 2016; 10: 40–41. (In Rus.)
2. Gorbatova K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov [Biochemistry of milk and dairy products] / K.K. Gorbatova. – M.: Logkaya i pishchevaya promyshlennost'. 1998: 344. (In Rus.)
3. Dzhey, Dzh. M. Sovremennaya pishchevaya mikrobiologiya [Modern food microbiology] / Dzh. M. Dzhey, M. Zhd. Lossner D.A. Gol'den; translated version of 7th English edition. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012: 886. (In Rus.)
4. Yegorov N.S. Osnovy ucheniya ob antibiotikakh: Uchebnik [Basics of the study of antibiotics. Study manual]. 6th edition, revised and extended. / N.S. Yegorov. – M.: Izd-vo MGU; Nauka, 2004: 528. (In Rus.)
5. Yemtsev V.T. Obshchaya mikrobiologiya [General microbiology] / V.T. Yemtsev Ye.N. Mishustin O.V Selitskaya. – Uchebnik. – Ser. 68 Professional'noye obrazovaniye. – M.: Yurayt, 2017: 253. (In Rus.)
6. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya s ispol'zovaniyem petrifil'mov MUK 4.2.2884–11 [Methods of microbiological control using petrifilms MUK 4.2.2884–11]. – M.: Federal'nyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2011: 24. (In Rus.)
7. Mikrobiologicheskii analizator BakTrak 4300 Instruksiya pol'zovatelya [BakTrak 4300 Microbiological analyzer user manual]. – SY-LAB Instruments GmbH. – 2002: 74. (In Rus.)
8. Ekologiya mikroorganizmov: uchebnik dlya studentov vuzov [Ecology of microorganisms: study manual for university students] / A.I. Netrusov Ye.A. Bonch-Osmolovskaya V.M. Gorlenko et al.; ed. by A.I. Netrusov. – M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2004: 272. (In Rus.)
9. Amelunxen R.E. Microbial life at high temperatures: Mechanisms and molecular aspects / R.E. Amelunxen, A.L. Murdock, D.J. Kushner // Microbial life in Extreme Environments. New York: Academic Press. – 1978: 217–278. (In English)
10. Callaway T.R. The effect of nisin and monensin on ruminal fermentations in vitro / T.R. Callaway, A.M.S. Carneiro de Melo J.B. Russell // Curr. Microbiol. 35; 1997: 90–96. (In English)

11. *Jay J.M.* Antibiotics as food preservatives / J.M. Jay, ed. A.H. Rose // Food Microbiology. New York: Academic Press. 1983: 117–143. (In English)
12. *Jay J.M.* The tentative recognition of psychrotrophic Gram-negative bacteria in 48 h by their surface growth at 10°C / J.M. Jay // Food Microbiology. 1987: 25–32. (In English)
13. *Lana R.P.* Effect of forage quality and monensin on the ruminal fermentations of fistulated cows fed continuously at a constant intake / R.P. Lana, J.B. Russell // J. Anim. Sci. 75. 1997: 224–229. (In English)
14. *Morita R.Y.* Psychrophilic bacteria / R.Y. Morita // Bacteriol. Rev. 39. 1975: 144–167. (In English)
15. *Mossel D.A.* The physiology of the microbial spoilage of foods / D.A.A. Mossel M. Ingram // J. Appl. Bacteriol. 18. 1955: 232–268. (In English)

Селицкая Ольга Валентиновна, к.б.н., доцент, заведующая кафедрой микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: selitskayaolga@gmail.com Тел.: +7-499-976-09-66.

Олесюк Анна Петровна, ассистент кафедры молочного и мясного скотоводства, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: annakharkova58@mail.ru Тел.: +7-499-976-40-40.

Родионов Геннадий Владимирович, д-р с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: grodionov@rgau-msha.ru Тел.: +7-499-976-12-62.

Кертиев Руслан Магомедович, д-р с.-х.н., профессор кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49. E-mail: Vniipleholm@rgau-msha.ru Тел.: +7-499-976-40-40.

Olga V. Selitskaya, PhD (Bio), Associate Professor, Head of the Department of Microbiology and Immunology, Russian Timiryazev State Agrarian University. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: selitskayaolga@gmail.com Phone: +7-499-976-09-66.

Anna P. Olesyuk, Assistant Professor, the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, postgraduate student of the Department of Microbiology and Immunology, Russian Timiryazev State Agrarian University. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: annakharkova58@mail.ru Phone: +7-499-976-40-40.

Gennady V. Rodionov, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, Russian Timiryazev State Agrarian University. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: grodionov@rgau-msha.ru Phone: +7-499-976-12-62.

Ruslan M. Kertiev, DSc (Ag), Professor, the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, FSBEI HE RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev. 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: Vniipleholm@rgau-msha.ru Phone: +7-499-976-40-40.

МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БАРАНЧИКОВ ЕДИЛБАЙСКОЙ ПОРОДЫ
РАЗНЫХ ЗАВОДСКИХ ТИПОВА.М. ДАВЛЕТОВА¹, Ю.А. ЮЛДАШБАЕВ², Б.Б. ТРАИСОВ¹, Д.Б. СМАГУЛОВ¹¹ ЗКАТУ им. Жангир хана, г. Уральск,² РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва)

Важнейшими биологическими особенностями овец мясо-сальных пород являются скороспелость, интенсивный рост и развитие, эффективная трансформация корма в продукцию, а также возможность использования животных для хозяйственных целей в раннем возрасте. К представителям отечественных мясо-сальных овец относится такая порода как едилбайская, успешно разводимая в различных экологических зонах Республики Казахстан. Едилбайские овцы характеризуются широкой экологической приспособленностью. Это видно из того, что они показали хорошую приспособленность к обитанию во всех зонах овцеводства Казахстана – своей исторической родины. Комплексное изучение в сравнительном аспекте биологических и продуктивных особенностей молодняка едилбайской курдючной породы, полученных в результате спаривания местных маток с баранами-производителями разных генотипов, актуально и имеет как научную, так и практическую значимость.

В данной статье рассмотрены результаты контрольного убоя 8-месячных баранчиков едилбайской породы, полученных от различных вариантов подбора родительских пар в условиях Западного Казахстана, в которых анализируются показатели мясной продуктивности. Подопытные животные всех исследуемых групп характеризуются достаточно высокими показателями мясной продуктивности, отличаются массивностью и округлостью форм, с хорошо развитой мускулатурой и равномерным поливом жира.

При убое после нагула в возрасте 8 месяцев получены тушки массой 19,3–20,7 кг с преимуществом потомства от брликских баранов, следует также отметить, что потомство суюндикских баранов занимало промежуточное положение. Также можно отметить некоторое преимущество у молодняка, полученного от брликских производителей по убойной массе и ее выходу в сравнении с потомством суюндикских и курмангазинских баранов.

Ключевые слова: курдючные овцы, живая масса, убойные показатели, масса парной туши, убойная масса, убойный выход, коэффициент мясности, калорийность.

В условиях рыночной экономики острой проблемой является обеспечение населения животноводческой продукцией, в том числе мясом. В решении этой проблемы значительное место отводится грубошерстным курдючным овцам, увеличению численности и повышению их продуктивности.

В Казахстане доля баранины в общей стоимости продукции овцеводства составляет 80–90%, что естественно, приводит к повышению роли мясного овцеводства и, соответственно, и внимания к проблемам его развития.

В условиях рыночной экономики востребован генетический потенциал мясной продуктивности курдючных овец. Курдючные породы овец отличаются значительным ростом и развитием молодняка в год их рождения, экономической трансформацией

корма в продукцию, устойчивостью животных к воздействию экологических факторов и невосприимчивостью к неблагоприятным условиям среды [1, 2].

Для круглогодичного обеспечения населения городов, крупных населенных пунктов, а также внешнего рынка в баранине и удовлетворения потребности промышленности в сырье приоритетным направлением становится мясо-сальное овцеводство [3].

Основным источником дохода от курдючных овец является мясная продуктивность. В этой связи учеными в различных регионах были проведены значительные работы по формированию и повышению мясной продуктивности у ягнят и молодняка курдючных овец [4, 5, 6, 7].

После отбивки от матерей у ягнят, как правило, замедляется рост, иногда даже приостанавливается, организм ягненка претерпевает глубокую перестройку с переходом на питание исключительно грубыми кормами. В этот период потребность растущего молодняка в питательных веществах возрастает, но скудные пастбищные корма ее недостаточно удовлетворяют и темпы роста замедляются или совсем приостанавливаются [8, 9].

От рождения до 7–8 месячного возраста всем пастбищным животным свойственна более высокая скорость роста молодняка в первый пастбищный сезон. Вместе с тем следует отметить, что живая масса молодняка в годовалом возрасте в условиях неполноценного сбалансированного кормления иногда остается на уровне живой массы в четырехмесячном возрасте, а часто даже и ниже, что подтверждаются многочисленными литературными данными [10, 11, 12].

Проблема повышения скороспелости сельскохозяйственных животных заслуживает пристального внимания и ученых и практиков, и это неразрывно связано с вопросами производства высококачественных мясных продуктов с наименьшими затратами, что в полной мере отвечает требованиям рыночной экономики. Сегодня на международном рынке спрос на ягнятину традиционно высокий, в этой связи в мировом овцеводстве приоритетным направлением является производство молодой баранины, где с каждым годом удельный вес ягнятины в общем объеме производства мяса растет [13].

В рамках реализации программы стратегического плана развития овцеводства Республики Казахстан до 2022 г., уже начиная с 2014 г., наряду с говядиной, было экспортировано баранины – около 40–50 тонн, а в 2022 г. этот показатель планируется довести до 30 тысяч тонн [14].

Самым высокопродуктивным среди овец мясо-сального направления считается едилбайская порода. Курдючные породы овец специализированного направления продуктивности являются основными поставщиками баранины в мясной фонд республики, поэтому в селекции этих овец изучению мясной продуктивности придается большое значение, так как главная ее цель – оптимизация дифференцированного использования генетических ресурсов для увеличения производства мяса [15].

При разведении и совершенствовании генетического потенциала с целью повышения продуктивных показателей, разводимых в регионах едилбайских овец значительное место отводится умелому подбору родительских форм [16].

Использование в подборе даже в одной породе животных с разных регионов и разных хозяйств оказывают влияние в той или иной степени на повышение продуктивности потомства [17].

Цель исследований – изучение влияния баранов-производителей едилбайской мясо-сальной породы, завезенных из хозяйств Казахстана, на мясные качества потомства местных едилбайских овец Западно-Казахстанской области.

Объекты и методы исследований. Нами проводится научно-производственный опыт по улучшению продуктивно-племенных качеств едилбайских овец, разводимых в КХ «Еділбай» Акжаикского района Западно-Казахстанской области.

Для достижения данной цели в указанном выше крестьянском хозяйстве местные едилбайские матки осеменяются баранами-производителями племенных заводов «Бірлік» Жангалинского района Западно-Казахстанской, «Сүйіндік» и «Құрманғазы» соседней Атырауской областей, т.е. используются в подборе элитные едилбайские бараны трех ведущих племенных заводов Западного региона Казахстана. Также следует отметить, что указанные генотипы характеризуются и имеют определенные различия в конституционально-продуктивных типах.

При постановке опытов едилбайские овцематки КХ «Еділбай» I класса были взяты в качестве исходного поголовья. На основании данных бонитировки, индивидуального учета живой массы, были сформированы 3 группы едилбайских местных маток (по 200 голов) I класса одного возраста.

В КХ «Еділбай» были сформированы 3 группы баранчиков следующих вариантов подбора:

I группа – от едилбайских маток и баранов брликского типа (ЕД-Б);

II группа – от едилбайских маток и баранов суюндикского типа (ЕД-С);

III группа – от едилбайских маток и баранов курмангазинского типа (ЕД-К).

Результаты исследований. После нагула в возрасте 8 месяцев был проведен контрольный убой молодняка по 3 головы из каждой группы.

Мясная продуктивность тесно взаимосвязана с величиной массы тела, что в свою очередь, обусловлено степенью интенсивности роста тканей, формирующих мясность туши. Однако этот показатель в отрыве от других объективных методов оценки мясной продуктивности не может дать полное и правильное представление о мясных качествах овец. Мясная продуктивность тесно взаимосвязана с величиной массы тела, что в свою очередь, обусловлено степенью интенсивности роста тканей, формирующих мясность туши. Однако этот показатель в отрыве от других объективных методов оценки мясной продуктивности не может дать полное и правильное представление о мясных качествах овец.

Оценка морфологического состава туши представляет значительный интерес при изучении мясной продуктивности и скороспелости сельскохозяйственных животных, только она может дать правильное представление о массе и соотношении тканей – мышечной, жировой и костной, формирующих мясность овец.

Одним из важных показателей оценки мясной продуктивности является живая масса животных перед убоем. Однако характеризовать мясную продуктивность животных по массе тела недостаточно, поскольку она дает лишь косвенное представление. Поэтому нами был проведен контрольный убой.

Все баранчики перед убоем были поставлены на 24-часовую голодную выдержку. Результаты контрольного убоя показали, что туши баранчиков характеризуются отличными мясными формами. Масса и выход основных продуктов убоя приведены в таблице 1.

При убое от всех вариантов подбора получены довольно хорошие тушки массой 19,3–20,7 кг. Масса парной туши молодняка I группы была выше II группы на 0,9 кг или 4,5% и III группы – на 1,4 кг или 7,2%.

Также видно, что некоторое преимущество у молодняка, полученного от брликских производителей отмечено по убойной массе и его выходу по сравнению с потомством суюндикских и курмангазинских баранов.

Для определения морфологического состава и определения коэффициента мясности были подвергнуты обвалке туши баранчиков всех вариантов подбора (табл. 2).

По морфологическому составу все туши характеризовались относительно большим выходом мякотной части (65,5–66,9%). Лучшее соотношение мякоти 66,9% отмечено в I группе, а во II и III данные примерно одинаковые – 65,5–65,8%. Выход костей по группам варьировал в пределах 18,6–18,7%.

Таблица 1

Масса и выход основных продуктов убоя (возраст 8 месяцев) ($M \pm m$)

Показатели	Группы		
	♀ Ед × ♂ Ед-Б	♀ Ед × ♂ Ед-С	♀ Ед × ♂ Ед-К
Количество голов, n	3	3	3
Предубойная масса, кг	40,2±0,50	38,9±0,48	37,8±0,53
Масса парной туши, кг	20,7±0,30	19,8±0,21	19,3±0,18
Выход парной туши, %	51,5	51,0	51,3
Масса курдюка, кг	3,0±0,17	3,1±0,21	2,8±0,20
Выход курдюка, %	7,5	7,9	7,4
Масса внутреннего жира, кг	0,31±0,05	0,30±0,08	0,32±0,07
Выход внутреннего жира, %	0,77	0,77	0,74
Убойная масса, кг	21,01±0,27	20,10±0,32	19,62±0,25
Убойный выход, %	52,3	51,7	51,9

Таблица 2

Морфологический состав туш баранчиков (возраст 8 месяцев) ($M \pm m$)

Показатели	Группы		
	♀ Ед × ♂ Ед-Б	♀ Ед × ♂ Ед-С	♀ Ед × ♂ Ед-К
Масса туши, кг	20,7±0,30	19,8±0,21	19,3±0,18
Масса мякоти, кг	13,84±0,12	13,03±0,11	12,65±0,15
Выход мякоти, %	66,9	65,8	65,5
Масса костей, кг	3,85±0,14	3,68±0,12	3,61±0,10
Выход костей, %	18,6	18,6	18,7
Масса жира, кг	3,0±0,17	3,10±0,21	2,8±0,20
Выход жира, %	14,5	15,6	14,5
Коэффициент мясности	3,6	3,5	3,5

Общеизвестно, что одним из объективных показателей мясных качеств животных является соотношение мышечной ткани на единицу костной, т.е. коэффициент мясности. В наших опытах в различных группах животных данный коэффициент

колеблется в пределах 3,5–3,6, что характерно для овец специализированных мясо-сальных пород.

Качество мяса определяется его биохимическим составом и калорийностью. По содержанию белка, незаменимых ценных аминокислот, витаминов и минеральных веществ баранина – как ценный продукт не уступает говядине.

Результаты наших исследований химического состава мяса приведены в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав средней пробы мяса баранчиков (возраст 8 месяцев)

Группы	Содержание в мякоти, %				Водно-белковое отношение	Калорийность, МДж
	Вода	Белок	Жиры	Зола		
♀ Ед × ♂ Ед-Б	57,8	16,6	24,7	0,91	3,48	1267
♀ Ед × ♂ Ед-С	57,3	16,7	25,1	0,90	3,43	1285
♀ Ед × ♂ Ед-К	57,0	16,7	25,4	0,92	3,42	1297

В наших исследованиях больших различий по химическому составу мяса подопытного молодняка не отмечено. Вместе с тем, содержание белка и жира во второй и третьей группах, где в подборе участвовали производители суюндикского и курмангазинского типа едилбайской породы имели незначительное преимущество (0,1–0,7%) в сравнении с группой, где участвовали в подборе как материнской, так и с отцовской стороны брликские овцы.

Выводы

В целом необходимо отметить, что подопытные животные всех исследуемых групп характеризуются достаточно высокими показателями мясной продуктивности, отличаются массивностью и округлостью форм, хорошо развитой мускулатурой и равномерным поливом жира.

При убое после нагула в возрасте 8 месяцев получены тушки массой 19,3–20,7 кг с преимуществом потомства от брликских баранов, также следует отметить, что потомство суюндикских баранов занимало промежуточное положение.

Библиографический список

1. Канатин Б.К., Медеубеков К.У. Рост и формирование мясной продуктивности баранчиков казахской курдючной полугрубошерстной породы: Монография. – Алматы: КазНИИЭО АПК, 2000. – 77 с.
2. Садыкулов Т.С., Смагулов Д.Б., Адылканова Ш.Р., Койшибаев А.М. Мясная продуктивность ягнят сарыаркинской породы овец (жанааркинский тип). // Вестник с.-х. науки Казахстана. – Алматы: Бастау, 2011. № 5. – С. 56–58.
3. Ирзагалиев К.С. Создание высокопродуктивных животных в стаде эдильбаевских овец прикаспийского региона. // Зоотехния, 2008. № 3. – С. 5–7.
4. Племянников А.Г. Закономерности развития мясности некоторых пород овец Казахстана: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А.Г. Племянников. – Алма-Ата, 1979. – 48 с.

5. *Амиров А.К.* Мясо-сальная продуктивность овец, разводимых в Узбекистане: Монография / А.К. Амиров. – Ташкент: Фан, 1981. – 122 с.
6. *Фарсыханов С.И.* Гиссарская порода овец: Монография / С.И. Фарсыханов. – Душанбе: Ирфон, 1981. – 236 с.
7. *Хаитов А.Х.* Формирование мясности курдючных овец: автореф. ... дис. д-ра с.-х. наук / А.Х. Хайитов. – Ташкент, 1991. – 42 с.
8. *Мухамедгалиев Ф.М.* Индивидуальное развитие с.-х. животных: Монография / Ф.М. Мухамедгалиев. – Алма-Ата: Кайнар, 1964. – 127 с.
9. *Яцкин В.И.* Повышение эффективности производства баранины: Монография / В.И. Яцкин. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 423 с.
10. *Abdulkhalik A.M., Meyer H.H., Thompson J.M., Holmes Z.A., Forsberg N.E., Davis S.L.* Callipyge gene effects on lamb growth, carcass traits, muscle weights and meat characteristics. // *Small Ruminant Research*. – Netherlands, 2002. Vol. 45 (2). – P. 89–93
11. *Касенов Т.К.* Рост и развитие молодняка, полученного от маток с разной живой массой. // *Вестник с.-х. науки Казахстана*. – Алматы, 2004. № 9. – С. 50–53
12. *Луцихин М.Н.* Пути завершения породного преобразования овцеводства в горных зонах СССР / М.Н. Луцихин // *Горное овцеводство*. – М., 1974. – С. 7–10
13. *Елемесов К.Е., Омбаев А.М.* Особенность роста и развития ягнят в зависимости от происхождения. // *Вестник с.-х. науки Казахстана*. – Алматы: Бастау, 2003. № 1. – С. 56.
14. Официальный портал Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан – <http://minagri.gov.kz>
15. *Садыкулов Т.С.* Развитие мясности полутонкорунных (дегересских) курдючных овец: дис... канд. с.-х. наук. – Алма-Ата, 1972. – С. 41–48
16. *Ельсукова И.А.* Генетическая дифференциация суюндукского и бирликского внутривидовых типов эдильбаевской породы овец / И.А. Ельсукова А.В. Феофилов, В.И. Глазко, Ю.А. Юлдашбаев // *Известия ТСХА*. – 2010. – Вып. № 6 М.: Изд. ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, – С. 130–134.
17. *Рахимов Ш.Т.* Научные основы и практические приемы повышения плодovitости овец гиссарской породы / Ш.Т. Рахимов // автореф. диссер. докт. с.-х. наук. Бишкек. – 2000. – 43 с.

MEAT PRODUCTIVITY OF YOUNG EDILBAY RAMS OF DIFFERENT BREED TYPES

A.M. DAVLETOVA, Y.A. YULDASHBAYEV, B.B. TRAIISOV, D.B. SMAGULOV

(¹ West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Kha”, Uralsk,

² Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow)

The most important biological feature of meat-and-fat sheep breeds is earliness, intensive growth and development, effective transformation of feed into products, as well as the possibility of using animals for economic purposes at an early age. Representatives of domestic meat-and-fat sheep include such breed as Edilbay; which is successfully bred in various ecological zones of the Republic of Kazakhstan. The Edilbay sheep are characterized by a wide ecological valence. This is evident from the fact that they have shown good adaptability to the conditions in all zones of Kazakhstan – their historical homeland. Comprehensive study in the comparative aspect of the biological and productive features of the Edilbay fat-tailed breed obtained from the mating of local ewes with producing rams of different genotypes is relevant and has both scientific and practical significance.

This paper discusses the results of the control slaughter of eight-month young rams of the Edilbay breed obtained from various matchings of parental couples in the conditions of West Kazakhstan, where the indicators of meat productivity have been analyzed. Experimental animals of all studied groups are characterized by rather high rates of meat productivity, massiveness and roundness of forms, with well-developed muscles and uniform fat coating.

After feeding and slaughtering at the age of eight months, carcasses weighing 19.3–20.7 kg were obtained, with the prevailing number of offsprings from the Brlyk sheep. It should be noted that the Syundik sheep offsprings got an intermediate position by their number. It is also obvious that offsprings obtained from the Brlyk rams are marked by higher slaughter mass and meat productivity as compared to those obtained from the Syundyk and Kurmangazin rams.

Key words: fat-tailed sheep, live weight, slaughter indicators, mass of fresh carcasses, slaughter weight, slaughter yield, fleshing index, caloric content.

References

1. Kanapin B.K., Medeubekov K.U. Rost i formirovaniye myasnoy produktivnosti baranchikov kazakhskoy kurdyuchnoy polugrubosherstnoy porody: Monografiya [Growth and meat productivity formation of rams of the Kazakh fat tail semi-coarse breed: Monograph] – Almaty: KazNIIEO APK, 2000: 77. (In Rus.)
2. Sadykulov T.C., Smagulov D.B., Adykanova Sh.R., Koyshibayev A.M. Myasnaya produktivnost' yagnyat saryarkinskoy porody ovets (zhanaarkinskiy tip) [Meat productivity of lambs of the Saryarka sheep breed (Zhanaark type)] // Vestnik s.-kh. nauki Kazakhstana. – Almaty: Bastau, 2011; 5: 56–58. (In Rus.)
3. Irzagaliyev K.S. Sozdaniye vysokoproduktivnykh zhiivotnykh v stade edil'bayevskikh ovets prikaspiyskogo regiona [Breeding highly productive animals in the herd of the Edilbay sheep in the Caspian region] // Zootekhnika, 2008; 3: 5–7. (In Rus.)
4. Plemnyannikov A.G. Zakonomernosti razvitiya myasnosti nekotorykh porod ovets Kazakhstan: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. Nauk [Patterns of meatiness development of some Kazakhstan sheep breeds: DSc (Ag) thesis] / A.G. Plemnyannikov. – Alma-Ata, 1979: 48. (In Rus.)
5. Amirov A.K. Myaso-sal'naya produktivnost' ovets, razvodimykh v Uzbekistane: Monografiya [Meat and fat productivity of sheep raised in Uzbekistan: Monograph] / A.K. Amirov. – Tashkent: Fan, 1981: 122. (In Rus.)
6. Farsykhonov S.I. Gissarskaya poroda ovets: Monografiya [Gissar breed of sheep: Monograph] / S.I. Farsykhonov. – Dushanbe: Irfon, 1981: 236. (In Rus.)
7. Khaitov A.Kh. Formirovaniye myasnosti kurdyuchnykh ovets: avtoref. ... dis. d-ra s.-kh. Nauk [Meatiness development in fat tail sheep: Self-review of DSc (Ag) thesis] / A.Kh. Khaitov. – Tashkent, 1991: 42. (In Rus.)
8. Mukhamedgaliyev F.M. Individual'noye razvitiye s.-kh. zhiivotnykh: Monografiya [Individual development of farm animals: Monograph] / F.M. Mukhamedgaliyev. – Alma-Ata: Kaynar, 1964: 127. (In Rus.)
9. Yatskin V.I. Povysheniye effektivnosti proizvodstva baraniny: Monografiya [Increasing the efficiency of mutton production: Monograph] / V.I. Yatskin. – M.: Rossel'khozakademiya, 2004: 423. (In Rus.)
10. Abdulkhalik A.M., Meyer H.H., Thompson J.M., Holmes Z.A., Forsberg N.E., Davis S.L. Callipyge gene effects on lamb growth, carcass traits, muscle weights and meat characteristics. // Small Ruminant Research. – Netherlands, 2002; 45 (2): 89–93. (In English)
11. Kasenov T.K. Rost i razvitiye molodnyaka, poluchennogo ot matok s raznoy zhi-voy massoy [Growth and development of young animals obtained from ewes of various live weight] // Vestnik s.-kh. nauki Kazakhstana. – Almaty, 2004; 9: 50–53. (In Rus.)

12. *Lushchikhin M.N.* Puti zaversheniya porodnogo preobrazovaniya ovtsevodstva v gornykh zonakh SSSR [Ways to complete the pedigree transformation of sheep husbandry in the mountain regions of the USSR] / M.N. Lushchikhin // Gornoye ovtsevodstvo. – M., 1974: 7–10. (In Rus.)

13. *Yelesov K.Ye., Ombayev A.M.* Osobennost' rosta i razvitiya yagnyat v zavisimosti ot proiskhozhdeniya [Peculiarities of the growth and development of lambs depending on their origin] // Vestnik s.-kh. nauki Kazakhstana. – Almaty: Bastau, 2003; 1: 56. (In Rus.)

14. Official portal of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan – <http://minagri.gov.kz>

15. *Sadykulov T.S.* Razvitiye myasnosti polutonkorunnykh (degeresskikh) kurd-yuchnykh ovets: dis... kand. s.-kh. nauk [Meatiness development of semifine wool (Degerese) fat-tail sheep: PhD (Ag) thesis – Alma-Ata, 1972: 41–48. (In Rus.)

16. *Yel'sukova I.A.* Geneticheskaya differentsiatsiya suyundukskogo i birlikskogo vnutriporodnykh tipov edil'bayevskoy porody ovets [Genetic differentiation of the Suyunduk and Birlik intra-breed types of the Edilbay sheep] / I.A. Yel'sukova, A.V. Feofilov, V.I. Glazko Yu.A. Yuldashbayev // Izvestiya TSKHA. – M.: Izd. FGOU VPO RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2010; 6: 130–134. (In Rus.)

17. *Rakhimov Sh.T.* Nauchniye osnovy i prakticheskiye priyemy povysheniya plodovitosti ovets gissarskoy porody [Scientific foundations and practical methods of increasing the fecundity of the Hissar sheep] / Sh.T. Rakhimov // Self-review of DSc (Ag) thesis. Bishkek. 2000: 43. (In Rus.)

Давлетова Айнур Маликовна, докторант кафедры биотехнология, животноводство и рыбное хозяйство «Западно-Казахстанского Аграрно-технического университета имени Жангир хана», тел.: +7-705-814-33-05, e-mail: DavletovaAinura@mail.ru.

Юлдашбаев Юсупжан Артыкович, декан факультета зоотехнии и биологии, доктор с.-х. наук, академик РАН, РГАУ-МСХА им. Тимирязева. +7-499-976-02-36, E-mail: zoo@rgau-msha.ru

Траисов Балуаш Бакишевич, д.с.-х.н., профессор кафедры биотехнология, животноводство и рыбное хозяйство «Западно-Казахстанского Аграрно-технического университета имени Жангир хана», тел.: +7-701-371-21-89, e-mail: btraisov@mail.ru.

Смагулов Дархан Бакытбекович, Ph.D, профессор кафедры биотехнология, животноводство и рыбное хозяйство «Западно-Казахстанского Аграрно-технического университета имени Жангир хана», тел.: +7-707-474-80-08, e-mail: dark.smagul@gmail.com.

Ainur M. Davletova, postgraduate student, Department of Biotechnology, Livestock and Fishery, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, phone: + 7-705-814-33-05, e-mail: DavletovaAinura@mail.ru.

Yusupzhan A. Yuldashbayev, Dean of the Faculty of Animal Science and Biology, DSc (Ag), Member of the Russian Academy of Sciences, Russian Timiryazev State Agrarian University. phone: + 7-499-976-02-36, E-mail: zoo@rgau-msha.ru

Baluash B. Traisov, DSc (Ag), Professor, the Department of Biotechnology, Livestock and Fishery, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, phone: + 7-701-371-21-89, e-mail: btraisov@mail.ru.

Darkhan B. Smagulov, PhD, Professor, the Department of Biotechnology, Livestock and Fishery, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, phone: + 7-707-474-80-08, e-mail: dark.smagul@gmail.com.

ОЦЕНКА РЕЗЕРВОВ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА

З.С. ХАУТИЕВ¹, А. С ГОРДЕЕВ², О.О. ГЕТОКОВ² М.А. ХАШАГУЛЬГОВА³

¹ ФГБНУ «Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,

² ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»,

³ ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»)

Мониторинг как непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта в сравнении с заданными индикаторами может стать эффективным фактором оценки и реализации резервов развития экономики сельской территории. Ныне существующие методики мониторинга в сфере сельского хозяйства и сельских территорий носят локальный характер, используют бальную квалитетрическую систему. Не комплексность и бальная система повышают субъективность оценок. Целью и задачей данного исследования стали разработка методики мониторинга, которая обеспечивала бы объективность оценок и комплексный подход. В статье представлены разработанные авторами инструменты анализа экономики сельских территорий, обеспечивающие объективность выходных данных мониторинга. Так, комплексность подхода достигается структурой объектов мониторинга, анализом экономических индикаторов социальной сферы, подотраслей растениеводства, животноводства и кормопроизводства, финансово-экономическим блоком и блоком муниципального менеджмента. Объективность оценок обеспечивается тем, что методикой мониторинга практически не предусмотрено использование данных статистической отчетности. В качестве индикаторов, обеспечивающих объективность информационно-аналитической базы мониторинга выбраны: средняя урожайность производства культур растениеводства, фактические посевные площади, коэффициенты непродуктивного использования и потери продукции на этапах уборки, хранения и реализации; численность стада КРС, зафиксированная в журналах их ветеринарного учета. Результатом исследования является методика комплексного мониторинга оценки текущего состояния и резервов социально-экономического развития сельских территорий. Разработанная авторами методика мониторинга позволит при ее практическом использовании руководителями и специалистами сельских территорий принимать ответственные решения как в текущей деятельности, так и при разработке программ стратегического развития своих территорий, ориентируясь на объективные данные.

Ключевые слова: сельская территория, муниципалитет, мониторинг, оценочный индикатор, социальная норма, потребительская корзина.

Введение

Формирование модели устойчивого и эффективного развития сельского хозяйства и сельских территорий является основной целью государственной аграрной политики [1, 2]. Сельскую территорию следует рассматривать как сложную природно-хозяйственную территориальную систему, развитие которой определяется множеством факторов [3, 4]. Определить текущее состояние и оценить резервы социально-экономического развития можно только проведя комплексный мониторинг, охватывающий: социально-демографическую сферу; сельское хозяйство (растениеводство, животноводство и кормопроизводство); финансово-экономический блок и муниципальный менеджмент. В настоящее время практически отсутствуют методики мониторинга, результатом которых являются комплексная и объективная

оценка текущего состояния и резервов социально- экономического развития сельских территорий. Имеющиеся методики решают, как правило, локальные задачи. Используемые квалитетрические системы базируются на бальных оценках, что увеличивает их субъективность [5, 6]. Целью исследования является разработка методики комплексного мониторинга оценки текущего состояния и резервов развития сельских территорий по всей совокупности решения задач местного значения. Важное место и роль в методике мониторинга должны быть отведены решению следующих задач: созданию комплекса индикаторов, обеспечивающих объективную характеристику объектов исследования; установлению оценочных ориентиров, в числе которых должны быть как социальные нормативы, нормы потребления населением сельскохозяйственной продукции, установленные потребительской корзиной, так и высокие достижения отдельных муниципалитетов в социальной и экономической сферах [7].

Методика исследований

С целью достижения достоверности результатов авторами разработаны и апробированы на практике модели достижения объективности результатов мониторинга.

Так, информационной базой анализа текущего состояния и резервов роста производства продукции растениеводства служат (см. рис. 1): посевные площади, средняя урожайность и потребные объемы её потребления, установленные потребительской корзиной.

Плановые задания по производству продукции сельского хозяйства устанавливаются исходя из прогнозных значений программ стратегического развития муниципалитетов. Площади возделываемых культур и их средняя за ряд лет урожайность позволяют определить возможные объемы производства. Далее путем сопоставления возможных и потребных объемов производства продукции выявляются проблемы, требующие решения.

Источниками информации при проведении мониторинга подотрасли «Животноводство» стали (см. рис. 2): фактическое количество стада КРС и его структура; нормативный рацион кормления животных и потребные объемы продукции животноводства, установленные потребительской корзиной. По результатам мониторинга сопоставляются требуемые посевные площади под кормовые культуры и фактически располагаемые муниципалитетами площади пастбищ и сенокосов.

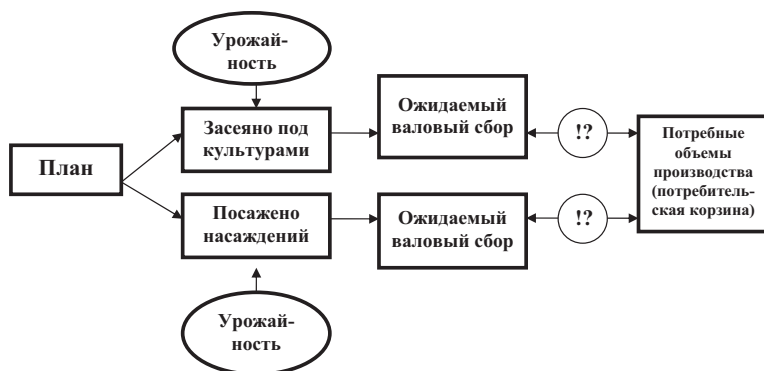


Рис. 1. Модель достижения объективности результатов мониторинга подотрасли «Растениеводство»

Обе «модели объективности данных» не требуют использования статистических данных, а ориентир оценочных индикаторов на компоненты потребительской

корзины делают результаты мониторинга более понятными и важными для непосредственных потребителей сельскохозяйственной продукции.



Рис. 2. Модель достижения объективности результатов мониторинга подотрасли «Животноводство»

Результаты и их обсуждения

Сегодня главы, специалисты сельских территорий и руководители субъектов бизнеса проводят в ограниченных ресурсами условиях большую работу, добиваясь успехов в обеспечении сельскохозяйственной продукцией населения.

На решение проблем, связанных с повышением эффективности сельскохозяйственного производства, выделяются значительные государственные денежные средства, которые не всегда используются достаточно эффективно. Объем государственной поддержки практически не отражается на рентабельности производства, которая с учетом субсидий составляет 11,7%, без учета субсидий – 1,2% (в целом по России).

Анализ финансового состояния сельского хозяйства республики показал, что в 2018 году число прибыльных СХО составляло 70% (сумма прибыли – 467 млн руб.).

В то же время сумма убытков, оставшихся 30 процентов организаций составила – 50,1 млн руб. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами составил (–)74,6, что свидетельствует о том, что собственных источников средств недостаточно для формирования оборотных активов. При достаточно «спокойном» коэффициенте текущей ликвидности 1,6 (при норме 2.0) может оправдано вызывать беспокойство тот факт, что он сформировался за счет дебиторской задолженности. При положительном сальдированном финансовом результате (416,5 млн руб.) следует обратить внимание на низкий уровень рентабельности производства – 2,1 процента. Анализ источников формирования сальдированного финансового результата экономики Кабардино-Балкарской Республики показал, что его невысокий уровень обусловлен чрезмерными коммерческими и управленческими расходами, а также отрицательным сальдо «прочих доходов и расходов».

Так, удельный вес коммерческих и управленческих издержек составляет около 13 процентов в себестоимости производства сельскохозяйственной продукции. Сальдо «прочих доходов и расходов» в 2,9 раза превышают сумму операционной прибыли, что свидетельствует об отсутствии менеджмента в этой сфере деятельности муниципалитетов и, в первую очередь, элементов финансового менеджмента. В СХО республики производится 25 процентов основных видов сельскохозяйственной продукции, в мелких хозяйствующих организациях – 75 процентов. Такое положение нельзя признать перспективным. Данные мониторинга свидетельствуют также о том, что обеспеченность населения некоторыми видами сельскохозяйственной продукции собственного производства недостаточная и что

основным направлением её роста должно стать развитие крупных сельскохозяйственных организаций и кооперативов, позволяющих внедрять инновационные технологии с привлечением корпоративных ресурсов. В таких условиях с целью обеспечения руководителей и специалистов объективной и оперативной информацией для принятия ответственных управленческих решений, требуется проведение комплексного мониторинга. Предложенная авторами методика проведения мониторинга охватывает основные виды деятельности сельских территорий, включая социально-демографический (15 индикаторов), растениеводческий (10 индикаторов), животноводческий (8 индикаторов) блоки, а также блок анализа финансово-экономического состояния хозяйствующих субъектов (18 индикаторов). Мониторинг позволяет выявлять и оценивать резервы роста эффективности подотраслей растениеводства и животноводства. Использование в процессе мониторинга предложенных авторами «моделей объективности данных» (рис. 1 и 2) и нормы потребления сельскохозяйственной продукции, установленные потребительской корзиной, позволяет осуществлять сравнительный анализ данных возможных и потребных объемов производства сельскохозяйственной продукции, не прибегая к использованию статистических данных, и определять уровень обеспеченности продовольствием населения конкретного муниципалитета (см. фрагмент табл. 1). Данные таблицы свидетельствуют о том, что республика практически обеспечивается продукцией растениеводства собственного производства. Высокие проценты обеспеченности населения источниками продовольствия подтверждают целесообразность создания производственных и потребительских сельскохозяйственных кооперативов, взаимодействуя в рамках которых члены кооперативов смогут компенсировать дефицит по возделываемым культурам.

Экономические условия, в которых функционируют субъекты сельских территорий, требуют от их руководителей высокого уровня компетентности и профессионализма при выработке и принятии управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого финансового положения. Невозможно эффективно управлять деятельностью организации и тем более экономикой муниципального района, не оценив влияния множества взаимосвязанных факторов. Проблема усложняется еще и тем, что в рамках сельской территории функционируют экономические субъекты как с частной, так и с муниципальной собственностью. Первые субъекты обладают универсальной правоспособностью, которая позволяет им заниматься любыми, не запрещенными законодательством видами деятельности. Муниципальные организации обладают специальной (ограниченной) гражданской правоспособностью, регулируемой в основном ФЗ № 131-ФЗ и вправе заниматься хозяйственной деятельностью, только если эта деятельность связана с решением местных задач. Значительно затруднен сбор оперативной информации столь необходимой не только для оценки текущего состояния экономических субъектов, но и для осуществления координации их деятельности. Финансово-экономическое состояние субъектов предпринимательской деятельности в контексте задач мониторинга оценивалось по следующим направлениям: анализ результатов хозяйственной деятельности; анализ и оценка качественных производственно-экономических индикаторов; разработка диаграмм оценки резервов социально-экономического развития сельских территорий; анализ и оценка ликвидности муниципального баланса. В таблице 2 (фрагмент) представлены результаты мониторинга оценки состояния основных качественных финансово-экономических индикаторов муниципальных районов КБР. Индикаторы подбирались таким образом, чтобы можно было объективно оценить их влияние на экономику муниципалитета. В их числе ранее редко используемые: выручка на душу трудоспособного

населения; дебиторская задолженность на рубль выручки; объем розничной торговли на душу населения; платные услуги на душу населения и другие. Названные и другие индикаторы комплексно характеризуют качество управления, компетентность и профессионализм руководителей и специалистов, рентабельность затрат, платежеспособность населения, адекватность текущим условиям принимаемых мер. Как показано в таблице, оценочные финансово-экономические индикаторы характеризуют состояние той или иной конкретной проблемы хозяйствующих субъектов, анализируя которые руководители и специалисты могут принимать адресные управленческие решения.

Представляют интерес разрабатываемые на основе данных мониторинга диаграммы оценки резервов развития сельских территории (см. рис. 3). За ориентиры выбраны наиболее высокие достижения муниципалитетов по оцениваемым индикаторам.

На диаграмме наглядно видны проблемные индикаторы района. В нашем примере для муниципалитета, данные которого приведены на диаграмме, это: коэффициент текущей ликвидности, рентабельность производства и рентабельность продаж, объем розничной торговли и другие. Диаграммы резервов разрабатываются для каждого муниципалитета. По результатам анализа данных диаграмм, оценки актуальности того или иного выявленного резерва, разрабатывается сводная таблица проблемных для сельских территорий индикаторов (см. табл. 3, фрагмент)

Данные сводной таблицы свидетельствуют о том, что практически для всех сельских территорий республики проблемными индикаторами хозяйственной деятельности являются: рентабельность продаж; инвестиции в основной капитал; оборот розничной торговли на душу населения; достижение нормативной прибыли производства сельскохозяйственной продукции.

Комплексный мониторинг показал также, что основными причинами проблемности названных индикаторов являются: низкий уровень рентабельности продаж; низкое качество продукции; отсутствие эффективной ценовой политики, высокие издержки производства; случайные рынки сбыта; неэффективная инвестиционная политика; преобладающее количество мелких хозяйствующих субъектов, низкий уровень инвестиционной привлекательности хозяйствующих субъектов и сельскохозяйственного труда.; низкий уровень платежеспособности населения; отсутствие системы управления ликвидностью консолидированного бухгалтерского баланса сельской территории.

Наконец, причиной большого количества проблемных индикаторов может являться низкий уровень управленческой компетенции и профессионализма руководителей и специалистов сельских поселений муниципалитета.

Важным, на взгляд авторов, является и тот факт, что на основании данных выходных документов мониторинга представляется возможным рассчитать рейтинги сельских территорий, что, в свою очередь, обеспечит повышение эффективности системы государственной поддержки и субсидирования субъектов экономики сельских территорий.

По результатам анализа данных диаграмм, оценки актуальности того или иного выявленного резерва, разрабатывается сводная таблица проблемных для сельских территорий индикаторов (см. табл. 3, фрагмент).

Данные сводной таблицы свидетельствуют о том, что практически для всех сельских территорий республики проблемными индикаторами хозяйственной деятельности являются: рентабельность продаж; инвестиции в основной капитал; оборот розничной торговли на душу населения; достижение нормативной прибыли производства сельскохозяйственной продукции.

Таблица 1

Обеспеченность населения продукцией растениеводства (фрагмент)

Муниципальные районы	Пшеница			Картофель			Овощи			Подсолнечник		
	Потребное производство	Возможный объем производства	Процент обеспеченности	Потребное производство	Возможный объем производства	Процент обеспеченности	Потребное производство	Возможный объем производства	Процент обеспеченности	Потребное производство	Возможный объем производства	Процент обеспеченности
№ 1	13,3	28,7	240	6,2	26,3	433	6,5	42,0	600	137,1	78,0	57
№ 2	9,7	20,1	203	4,5	52,9	1060	20,6	14,0	67	97,5	78,0	80
№ 3	6,1	3,1	51	2,9	8,5	283	3,9	2,0	50	72,4	49,8	70
ИТОГО:	95,3	19,3	203	4,4	22,3	506	134	164	122	792	525	66

Таблица 2

Качественные финансово-экономические показатели, 2017–2018 годы (фрагмент)

Муниципальные районы	Выручка на душу населения	Дебиторская задолженность на рубль выручки	Коэффициент текущей ликвидности	Рентабельность производства	Рентабельность продаж	Инвестиции на рубль выручки	Объем розничной торговли на душу населения	Платные услуги	Сумма нормативной прибыли	Сумма фактической прибыли	Соотношение фактической и нормативной прибыли, %	Кредиторская задолженность на рубль выручки
№ 1	20,4	0,42	0,9	18,5	15,6	0,19	8500	518	125,7	198,0	157	0,68
№ 2	156,0	0,34	1,2	3,8	3,6	0,06	1654	637	874,6	278,1	32	0,41
№ 3	0,25	-	1,0	6,1	5,8	6,5	2255	685	0,8	0,4	50	-
№ 4	57,3	0,33	1,0	9,4	8,6	0,18	11873	1707	23,0	187,1	64	0,57
Объект влияния индикатора	Оценка эффективности труда	Качество управления	Финансовая устойчивость	Эффективность затрат	Качество управления	Эффективность финансовых вложений	Платежеспособность населения	-	Эффективность производства и управления			Качество управления

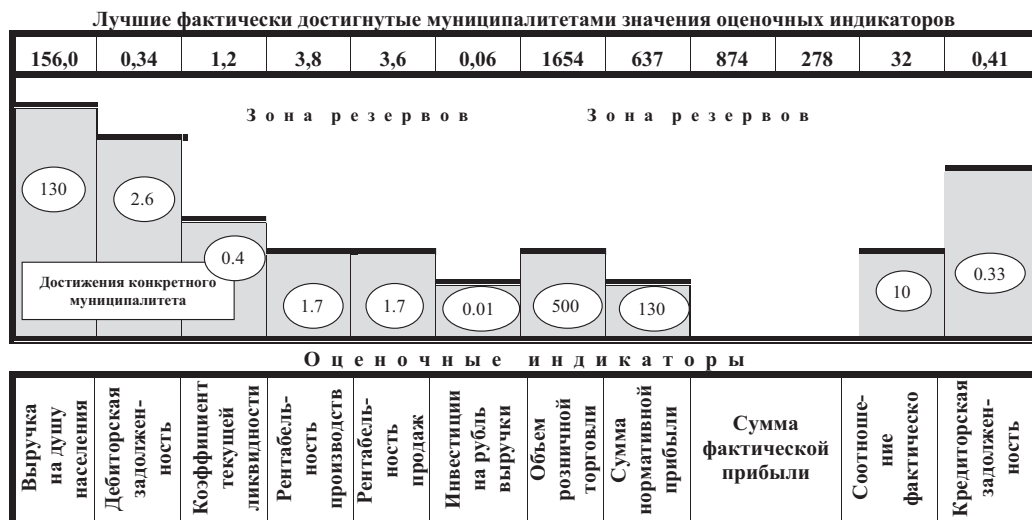


Рис. 3. Диаграмма оценки резервов развития муниципального района, 2017–2018 годы

Таблица 3

Проблемные индикаторы финансово-экономической деятельности сельских территорий, 2017–2018 гг. (фрагмент)

Муниципальные районы	Выручка на душу населения	Дебиторская задолженность на рубль выручки	Коэффициент текущей ликвидности	Рентабельность производства	Инвестиции на рубль выручки	Объем розничной торговли на душу населения	Достижение нормативной прибыли
№ 1							
№ 2							
№ 3							
№ 4							

Комплексный мониторинг показал также, что основными причинами проблемности названных индикаторов являются: низкий уровень рентабельности продаж; низкое качество продукции; отсутствие эффективной ценовой политики, высокие издержки производства; случайные рынки сбыта; неэффективная инвестиционная политика; преобладающее количество мелких хозяйствующих субъектов, низкий уровень инвестиционной привлекательности хозяйствующих субъектов и сельскохозяйственного труда.; низкий уровень платежеспособности населения; отсутствие системы управления ликвидностью консолидированного бухгалтерского баланса сельской территории.

Наконец, причиной большого количества проблемных индикаторов может являться низкий уровень управленческой компетенции и профессионализма руководителей и специалистов сельских поселений муниципалитета.

Важным, на взгляд авторов, является и тот факт, что на основании данных выходных документов мониторинга представляется возможным рассчитать рейтинги

сельских территорий, что, в свою очередь, обеспечит повышение эффективности системы государственной поддержки и субсидирования субъектов экономики сельских территорий.

Выводы и предложения

Комплексный мониторинг может стать одним из эффективных инструментов объективной оценки текущего состояния и резервов социально-экономического развития сельских территорий при условии использования предложенных авторами «моделей достижения объективности данных» и диаграмм анализа и оценки резервов улучшения оценочных индикаторов..

В перечень оценочных индикаторов необходимо подбирать не только объемные, но и качественные индикаторы. В качестве оценочных ориентиров целесообразно использовать нормы потребления населением сельскохозяйственной продукции, установленные потребительской корзиной и лучшие достижения хозяйствующих на территориях муниципалитетов субъектов.

Муниципалитетам с низким уровнем операционной прибыли необходимо разрабатывать и внедрять мероприятия, направленные на оптимизацию коммерческих и управленческих расходов и обеспечивающих положительное сальдо «прочих доходов и расходов». В законодательном порядке необходимо обеспечить разработку и внедрение методики управления ликвидностью консолидированного муниципального бухгалтерского баланса, а также элементов финансового менеджмента.

При разработке долговременных программ социально-экономического развития сельских территорий необходимо максимально использовать результаты комплексного мониторинга, избегая данных отчетов и статистики.

Предложенная авторами методика мониторинга простая, однако, для успешного ее внедрения необходима организация и проведение специальных курсов для руководителей и специалистов муниципалитетов.

Библиографический список

1. «Стратегия социально-экономического развития Северо-Кавказского Федерального округа до 2025 года», утверждена распоряжением Правительства РФ от 6 сентября 2010 г., № 1485-р.
2. Концепция Федеральной целевой программы «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года», утверждена распоряжением Правительства РФ от 8 ноября 2012 г., 32071-р.
3. Федеральный закон Российской Федерации «О развитии сельских территорий» от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ.
4. Федеральный закон Российской Федерации «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ.
5. Основные направления агропродовольственной политики Правительства Российской Федерации на 2001–2010 годы. Одобрены на заседании Правительства Российской Федерации 27 июля 2000 г. (протокол № 25)
6. Алборов Р.А., Концевая С.Р., Перевощикова М.М. Моделирование управленческого учета и контроля в сельскохозяйственных организациях. Наука Удмуртии. – 2009. – № 5(32). – С. 157–168.
7. Кагермазов Ц.Б., Шахмурзов М.М., Гордеев А.С. Методика проведения мониторинга развития сельских территорий КБР. Нальчик: КБГАУ им. В.М. Кокова. – 2013. – С. 44–46.

ASSESSMENT OF RURAL DEVELOPMENT PROSPECTS BASED ON COMPREHENSIVE MONITORING DATA

Z.S. KHAUTIYEV¹, A.S. GORDEYEV², O.O. GETOKOV², M.A. KHASHAGULGOVA³

(¹ Ingush Research Institute for Agriculture,

² Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, ³ Ingush State University)

Relevance of the study. Monitoring, as a continuous process of observing and registering the parameters of an object and comparing it with the specified indicators, can become an effective factor in assessing and implementing the development prospects of rural economy. Problems and ways of their solving. Currently existing monitoring methods in the field of agriculture and rural areas are applied only locally, using a point-based qualimetric system. Non-complexity and the point-based system increase the subjectivity of assessment. The research goal and tasks are to develop a monitoring methodology that would ensure the objectivity of assessments and an integrated approach. Research methodology: comparative analysis and construction of evaluation charts. The paper presents the tools developed by the authors for analyzing the economy of rural areas that ensure the objectivity of monitoring output data. Thus, the approach complexity is achieved by the structure of monitoring objects, economic indicators of the social sector; sub-sectors of crop production, animal husbandry and feed production, the financial and economic clusters and the municipal management cluster. The objectivity of assessments is ensured by the fact that the monitoring methodology does not provide for the use of statistical reporting data. To ensure the information objectivity and analytical base of monitoring include the following indicators were selected: average crop yield, actual acreage, coefficients of non-food use and loss of products at the stages of harvesting, storage and sale; the number of cattle herds stated in veterinary records. The research results are represented by a methodology of comprehensive monitoring of the current state and prospects of socio-economic development of rural areas. Conclusion. The monitoring methodology developed by the authors will allow managers and experts in rural areas to make responsible decisions in their current activities and implement strategic development programs of their territories by focusing on the objective data.

Key words: rural area, municipality, monitoring, evaluation indicator, social norm, consumer basket.

References

1. “Strategiya sotsial’no-ekonomicheskogo razvitiya Severo-Kavkazskogo Federal’nogo okruga do 2025 goda [Strategy for socio-economic development of the North Caucasus Federal district until 2025]”. Approved by the Government of the Russian Federation on September 6, 2010, no. 1485-p. (In Rus.)
2. Kontseptsiya Federal’noy tselevoy programmy “Ustoychivoye razvitiye sel’skikh territoriy na 2014–2017 gody i na period do 2020 goda [Concept of the Federal target program “Sustainable development of rural areas for 2014–2017 and for the period up to 2020”]”, utverApproved by the order of the Government of the Russian Federation of November 8, 2012, 32071-p. (In Rus.)
3. Federal law of the Russian Federation “ O razvitii sel’skikh territoriy [On rural development]” of December 29, 2006 No. 264-FZ. (In Rus.)
4. Federal law of the Russian Federation “O gosudarstvennom regulirovanii obespecheniya plodorodiya zemel’ [On state regulation of ensuring the fertility of agricultural land]” of July 16, 1998, No. 101-FZ. (In Rus.)
5. Osnovnyye napravleniya agropodovol’svennoy politiki Pravitel’sтва Rossiyskoy Federatsii na 2001–2010 gody [Main directions of the agri-food policy of the Government

of the Russian Federation for 2001–2010]. Approved at the meeting of the Government of the Russian Federation on July 27, 2000 (Protocol No. 25). (In Rus.)

6. *Alborov R.A., Kontsevaya S.R., Perevoshchikova M.M.* Modelirovaniye upravlencheskogo ucheta i kontrolya v sel'skokhozyaystvennykh organizatsiyakh [Modeling managerial accounting and control in agricultural organizations]. Nauka Udmurtii. 2009; 5(32): 157–168. (In Rus.)

7. *Kagermazov Ts.B., Shakhmurzov M.M., Gordeyev A.S.* Metodika provedeniya monitoringa razvitiya sel'skikh territoriy KBR [Methodology of monitoring the development the rural areas of Kabardino-Balkarian Republic]. Nal'chik: KBGAU im. V.M. Kokova. 2013: 44–46. (In Rus.)

Хаутиев Заурбек Саварбекович, научный сотрудник, ФГБНУ «Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» 366705 Республика Ингушетия, г.п. Сунжа, ул.Осканова, 50, тел.: +7-903-490-51-95, getokov777@mail.ru.

Гордеев Анатолий Сергеевич, кандидат экономических наук, руководитель Центра устойчивого развития сельских территорий и консультирования ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. В.И. Ленина, 1в, тел.: +7-988-938-88-02, Gordeev-kbgau@mail.ru.

Гетоков Олег Олегович, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр-т В.И. Ленина, 1в, тел.: +7-903-490-51-95, getokov777@mail.ru.

Хашагульгова Макка Ахметовна, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», Республика Ингушетия, Магас, пр-т И. Зязикова, 7, getokov777@mail.ru.

Zaurbek S. Khautiev, Research Associate, Ingush Research Institute for Agriculture, 366705 the Ingush Republic, 50, Oskanova Str., Sunzha, phone: + 7-903-490-51-95, getokov777@mail.ru.

Anatoliy S. Gordeyev, PhD (Econ), Head of the Center for Sustainable Development of Rural Territories and Consulting, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov" 360030, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, V.I. Lenina Ave., 1v, phone: + 7-988-938-88-02, Gordeev-kbgau@mail.ru.

Oleg O. Getokov, DSc (Bio), Professor, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov" Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, V.I. Lenina Ave, 1v, phone: + 7-903-490-51-95, getokov777@mail.ru.

Makka A. Khashagulgo, PhD (Bio), Associate Professor, Ingush State University, the Ingush Republic, Magas, I. Zyazikova Ave., 7, getokov777@mail.ru.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

В.Д. НАУМОВ, А.Е. СОРОКИН¹, В.И. САВИЧ², В.А. ТЮТИНА², Н.Л. КАМЕННЫХ

(¹Московский авиационный институт, ²Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева)

Исследования проведены на подзолистых и дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах и для сравнения на черноземах выщелоченных легко- и тяжелосуглинистых. Предлагается оценка состояния соединений цинка в почвах по фракционному составу его соединений, вытесняемых из почв 0,1 Н КСl, 0,1Н КСl + 0,01 М ЭДТА при разных рН среды, по скорости вытеснения цинка из твердой фазы почв, по депонирующей способности почв к Zn, по содержанию положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений цинка в почвах.

Содержание цинка, извлекаемого 0,1 Н КСl, больше при рН = 3 и меньше при рН = 5,8. При добавлении в раствор ЭДТА десорбция Zn из почв возросла, особенно из горизонта Ap.

Соединения цинка присутствуют в почвах в виде положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений. При добавлении в почву фосфатов отношение ZnL^+/ZnL^- уменьшилось. Депонирующая способность почв по отношению к цинку была выше в черноземе по сравнению с дерново-подзолистой почвой и выше в почвах более тяжелого гранулометрического состава. Скорость вытеснения десорбентами цинка из почв была ниже в почвах более тяжелого гранулометрического состава.

При компостировании почв в условиях избыточной влажности содержание подвижного цинка уменьшается, что, очевидно, обусловлено его сорбцией на гидроокисях Fe, Mn, Al.

После высушивания образцов содержание цинка, извлекаемого из почв десорбентами, возрастает.

Показана возможность увеличения содержания Zn в древесных культурах за счет его электрофоретического введения в ветви, увеличения содержания цинка в полевых культурах при внекорневой их подкормке гуматами и водорастворимым органическим веществом разлагающихся растительных остатков при анодном обогащении их цинком.

При электрофоретическом введении цинка в яблоню содержание Zn у анода было $0,5 \pm 0,1$ мг/100 г, а у катода – $2,8 \pm 0,2$ (напряжение 3 вольта, продолжительность электрофоретического введения 2 суток) [5, 7].

Положительное влияние на обогащение растений цинком оказывал и полив растений гуматом, обогащенным цинком за счет анодного его растворения. Так, в контрольном варианте содержание цинка в корнях и стеблях биотеста составляло соответственно $3,7 \pm 0,3$ и $2,3 \pm 0,1$ мг/100 г, а при поливе гуматом Zn соответственно $6,9 \pm 0,4$ и $4,5 \pm 0,2$ мг/100 г [5, 7].

Ключевые слова: цинк, почва, комплексоны, влияние рН, анодное обогащение, электрофорез, влияние избыточного увлажнения.

Введение

Содержание подвижных соединений цинка в почвах в значительной степени определяет их агроэкологическое состояние. Недостаток цинка для растений возникает при щелочной и нейтральной реакциях среды, при конкуренции его с Cu, Fe, Mn, Ni в процессе поглощения растениями, при осаждении в корнях при больших дозах фосфорных удобрений. Избыток цинка в почвах возникает чаще при загрязнении им почв при антропогенном воздействии и продолжительном применении смеси

микроэлементов, содержащей цинк. Подвижность этого элемента в значительной степени зависит от pH среды и комплексообразующей способности почвенных растворов. Однако для разных типов почв эти зависимости отличаются, что и определяет необходимость их изучения.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выбраны подзолистые и дерново-подзолистые средне-суглинистые почвы Архангельской области, развитые на покровных суглинках: Р-1 – подзолистая почва, Р-3 дерново-подзолистая почва, Р-2 – подзолистая глееватая почва, Р-7 – дерново-подзолистая глееватая почва, а также черноземы выщелоченные легко- и тяжелосуглинистые на лессовидных суглинках [9].

Образцы почв компостировались при оптимальной ($W = 60\%$ ПВ) и избыточной влажности ($W > 100\%$ ПВ) 1 месяц, а затем во влажных и в высушенных образцах определялось содержание подвижного цинка в растворах 0,1н КС1 при pH = 3,8; 5,8 и 8,5 и в растворе 0,1н КС1 + 0,01м ЭДТА при pH = 4,3; 6,2 и 7,4.

При сравнении вариантов принятый уровень вероятности $P = 0,95$.

Экспериментальная часть

1. На вытеснение Zn из почв существенно влияет pH десорбента, а в полевых условиях pH почвенных растворов и корневых выделений [3]. Содержание подвижного цинка зависит и от условий увлажнения почв (компостирования их в условиях оптимальной и избыточной влажности) [2]. Это иллюстрируют данные таблицы 1.

Таблица 1

Содержание подвижного Zn, извлекаемого из почв 0,1н КС1 в зависимости от pH среды (влажная почва), n = 15

Варианты	pH	W = 60% ПВ	W = >100% ПВ
горизонт Ап	3,8 5,8	0,23±0,06 0,22±0,06	0,15±0,00 0,07±0,02
горизонт A ₂ B	3,8 5,8	0,29±0,05 0,22±0,03	0,10±0,03 0,12±0,04
горизонт В	3,8 5,8	0,28±0,06 0,20±0,05	0,26±0,11 0,05±0,02

Как видно из представленных данных, в тех интервалах pH, которые возможны в исследуемых почвах, содержание подвижных форм цинка, извлекаемого из почв 0,1н КС1, больше при pH = 3,8 и меньше при pH = 5,8, больше для почв, компостированных при оптимальной влажности, больше в A₂B и В, по сравнению с Ап. При избыточной влажности эта закономерность сохраняется, но количество подвижного цинка снижается почти в два раза.

Согласно диаграммам растворимости соединений цинка, содержание подвижных форм Zn в почвах уменьшается при нейтрализации pH до 8,0 от 10^2 м/л до 10^{-2} – 10^{-3} м/л. Однако, затем при подщелачивании среды до pH = 10,0 содержание водорастворимого цинка снова возрастает до 10^{-1} м/л. Это отмечается для $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$, ZnO , $Zn_3(PO_4)_2 \cdot H_2O$, $Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$ [1, 6].

Для дерново-подзолистых почв нами была установлена следующая зависимость подвижного цинка от pH: $Zn = 28,8 - 3,2 \text{ pH}$; $R = 0,82$; $F = 12,3$.

2. Подвижность цинка в почвах зависит от наличия в почвенных растворах или в составе десорбентов, извлекающих его из почв, комплексонов. Это иллюстрируется данными таблицы 2.

Таблица 2

Содержание подвижного цинка, извлекаемого из почв десорбентом 0,1н КС1 + 0,01м ЭДТА в зависимости от pH среды (влажная почва), мг/л, n = 15

Варианты	pH	W = 60% ПВ	W = 100% ПВ
горизонт Ап	4,3 6,2	$1,3 \pm 0,8$ $1,4 \pm 1,0$	$1,2 \pm 0,8$ $1,4 \pm 0,9$
горизонт A ₂ B	4,3 6,2	$0,5 \pm 0,2$ $0,4 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$ $1,6 \pm 1,2$
горизонт В	4,3 6,2	$0,3 \pm 0,1$ $0,4 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$ $0,4 \pm 0,1$

Как видно из представленных данных, количество цинка, вытесняемого из почв десорбентом КС1 + ЭДТА, выше, чем десорбентом КС1. Большее количество Zn извлекается из горизонтов Ап, содержащих большее количество гумуса. Зависимость вытеснения Zn от условий компостирования почв (при оптимальной и избыточной влажности не проявляется).

3. Соединения цинка в почве и в растениях присутствуют частично в виде положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, что определяет особенности их миграции, поступления в растения, конкурирующего комплексообразования в процессах метаболизма растений.

Внесение в почву фосфатов изменяет соотношение положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений цинка. По полученным нами данным, внесение в почву KH_2PO_4 в результате конкурирующего комплексообразования органических лигандов и H_2PO_4^- ; HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} привело к изменению доли положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений цинка в дерново-подзолистых почвах и взятых для сравнения черноземах. К 5 г почв добавляли 5 мл 0,1н KH_2PO_4 и после высыхания проводили электрофоретическое вытеснение из почв Zn.

Насыщение почв KH_2PO_4 привело к уменьшению соотношения $\text{ZnL}^{n+}/\text{ZnL}^{n-}$ в черноземе от 1,2 до 0,3; в дерново-подзолистой почве – от 0,6 до 0,5 [5].

4. Состояние соединений цинка в почвах характеризуется кинетикой их десорбции из почв различными десорбентами. В проведенных исследованиях в качестве десорбента использовали раствор $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ с pH = 4,8. К 10 г почвы приливали 140 мл раствора. Пробы по 10 мл брали через 10 минут, 1 час, 1 сутки, 1 неделю.

Кинетика вытеснения Zn из почв была в большей степени выражена для тяжелосуглинистого чернозема, меньше – для легкосуглинистого и еще меньше – для дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы, что соответствует теоретическим закономерностям. Так, отношение максимальной и минимальной концентрации цинка в растворе за 1 неделю компостирования и 10 минут взаимодействия составляло в тяжелосуглинистом черноземе 4,5–7,0; в легкосуглинистом – 3,0; в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве – 1,1–1,2 [2, 5].

Однако вытеснение катионов из почв обусловлено как минералогическим составом почв, так и содержанием органического вещества, формой связи ионов в твердой фазе почв (за счет осадкообразования, ионного обмена, комплексообразования). С течением времени взаимодействия почв и раствора освобождаются новые сорбционные места и происходит изменение рН, что приводит и к изменению скорости десорбции цинка. Так, в дерново-подзолистой почве концентрация цинка, вытесняемого 0,1н $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ составляла за 1 час взаимодействия и 1 неделю для горизонта Ап – 1,6 и 1,9 мг/л; для A_2B – 2,1 и 2,3; для В – 2,0 и 2,9 мг/л. В черноземе концентрация Zn, вытесняемого из почв указанным десорбентом, за 1 час взаимодействия и 1 неделю составляла для горизонта Ап – 1,6 и 0,8 мг/л; для АВ – 3,4 и 0,6 мг/л. При этом вытеснение из почв, например, Mn с увеличением времени десорбции значительно увеличивалось. Например, в дерново-подзолистой почве за 1 час и 1 неделю вытеснилось Mn из Ап – 0,8 и 12,9 мг/л; из A_2B – 1,1 и 5,1 мг/л; из В – 1,2 и 3,3 мг/л [7].

5. Содержание катионов в почвенных растворах и в растворах десорбентов определяется эффективными произведениями растворимости их осадков, эффективными константами ионного обмена из ППК на ион десорбента, эффективными константами устойчивости имеющихся в почве комплексных соединений цинка. Это содержание не полностью характеризует содержание подвижного Zn в твердой фазе почв [7].

Для оценки содержания подвижного цинка в твердой фазе почв проводят его исчерпывающее элюирование последовательными порциями десорбента, и, очевидно, что для разных десорбентов это содержание будет отличаться. Вычисляемая зависимость определяется в предыдущих исследованиях как депонирующая (возобновляющая) способность почв [7].

В выполненных нами исследованиях проводилось вытеснение цинка из чернозема 5 последовательными вытяжками раствора 0,05н HCl. По полученным данным, в тяжелосуглинистом и в легкосуглинистом черноземе (Ап) сумма вытесненных фракций мг/100 г составляла соответственно $1,2 \pm 0,8$ и $1,0 \pm 0,1$ мг/100 г. В 5-й фракции фильтрата содержание цинка в тяжелосуглинистом черноземе составляло $0,06 \pm 0,01$ мг/л, в легкосуглинистом – $0,02 \pm 0,01$ мг/л [2, 7].

6. Подвижность цинка в почвах существенно меняется в зависимости от развития в почвах условий оптимального или избыточного увлажнения [8]. Это иллюстрируют данные следующей таблицы.

Таблица 3

Влияние компостирования почв в условиях оптимальной и избыточной влажности на содержание подвижного цинка в подзолистых и дерново-подзолистых почвах *, мг/л, n = 15

Десорбент	Компостирование при оптимальной влажности	Компостирование при избыточной влажности
0,1н КС1 рН = 3,8	0,28±0,03	0,19±0,05
5,8	0,21±0,03	0,08±0,02
8,5	0,13±0,03	0,07±0,03
0,1н КС1 + 0,01м ЭДТА рН = 4,3	0,64±0,18	0,64±0,19
6,2	0,58±0,20	0,99±0,44
7,4	0,80±0,16	0,62±0,23

* – определение во влажной почве с учетом % H_2O

Компостирование почв при избыточной влажности в основном уменьшило десорбцию цинка раствором КС1 при рН = 3,8 в 8 случаях из 15; при рН = 5,8 – в 7 случаях из 15, при рН = 8,5 – в 10 случаях из 15.

При десорбции Zn из почв раствором КС1 + ЭДТА компостирование почв при избыточной влажности уменьшило количество подвижного цинка в 7 случаях из 15 при рН = 4,3; в 4 случаях из 15 при рН = 6,2 и в 10 случаях из 15 при рН = 7,4.

Очевидно, при увеличении степени развития анаэробнозиса увеличивается образование гидроокисей Fe, Mn, которые могут сорбировать Zn. Видимо, этим и объясняется уменьшение содержания его подвижных форм, вытесняемых из почв как КС1, так и КС1 + ЭДТА, при оглеении почв [10].

Содержание подвижных соединений цинка в почвах в значительной степени отличается для разных групп почв и изменяется с глубиной почвенного профиля. Так, по полученным нами данным, в дерново-подзолистой почве на покровном суглинке Мичуринского сада ТСХА содержание подвижного цинка (вытяжка $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ с рН = 4,8) составляло в Ап – 2,3 мг/л, а в горизонте В₂ – 0,4; в оглеенной почве этого сада в Ап – 1,0 мг/л, а в В_г – 0,3 мг/л, что, очевидно, связано с сорбцией цинка на свежееобразованных гидроокисях железа.

В автоморфной хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве отношение Fe/Zn (в вытяжке $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ с рН = 4,8) составляло в Ап – 8,1, а в оглеенной – 8,3; в А₂В соответственно 12,8 и 44,4 [5].

7. Подвижность цинка в почвах изменяется при высушивании образцов и зависит от характера высушивания (на солнце, на воздухе, в термостате при разных температурах) [7, 8]. Полученные нами данные приведены в следующей таблице.

Таблица 4

Влияние высушивания образцов на подвижность цинка в подзолистых и дерново-подзолистых почвах, мг/л, n = 15

Десорбент	Компостирование при избыточной влажности	
	влажные образцы	высушенные образцы
КС1, 0,1н рН = 3,8 5,8 8,5	0,20 ± 0,05	0,24 ± 0,06
	0,08 ± 0,02	0,09 ± 0,02
	0,08 ± 0,02	0,12 ± 0,03
0,1н КС1 + 0,01м ЭДТА рН = 4,3 6,2 7,4	0,28 ± 0,03	0,31 ± 0,04
	0,21 ± 0,03	0,24 ± 0,03
	0,12 ± 0,03	0,16 ± 0,04

При использовании непараметрических критериев различия при высушивании образцов содержание подвижного цинка, извлекаемого из почв десорбентом КС1 + ЭДТА, в основном увеличивается: при рН = 4,3 – в 14 случаях из 15; при рН = 6,2 – в 14 случаях из 15; при рН = 7,5 – в 11 случаях из 15.

При десорбции цинка из почв раствором КС1 при высушивании образцов его содержание в растворе также в основном выше: при рН = 3,8 – в 11 случаях из 15; при рН = 5,8 – в 8 случаях из 15; при рН = 8,5 – в 8 случаях из 15. Раствором КС1 вытесняется Zn в основном больше из горизонта В и меньше из горизонта А₂. Десорбентом КС1 + ЭДТА Zn в основном вытесняется больше из горизонтов В и Ап и меньше из горизонтов А₂ и А₂В.

8. Поступление Zn из почв в растения возможно как в виде Zn^{2+} , так и в виде комплексных соединений. Поглощенный корневой системой Zn^{2+} , ZnL вступает

в растениях в процессы конкурирующего комплексообразования и осадкообразования. Образование трудно растворимых соединений цинка в почве возможно в виде карбонатов, фосфатов, что снижает их поступление в растения.

В то же время, цинк может осаждаться при избытке P_2O_5 и в корневых системах растений, не поступая в вегетативные органы [4, 5]. Цинк может конкурировать за поступление в растения с другими катионами. Так, по полученным ранее данным, зависимость содержания подвижного цинка от содержания P_2O_5 , Cu, Mn в черноземе описывалась следующими уравнениями:

для слоя 0–20 см $Zn = -0,22 - 0,44 P_2O_5 + 10,0 Cu - 0,02 Mn$;

для слоя 20–60 см $Zn = -2,3 - 0,10 P_2O_5 - 6,29 Cu + 0,04 Mn$ [4, 5].

Оптимизация ситуации при недостатке подвижного цинка в почве достигается увеличением гумусированности и комплексообразующей способности почв. Так, по полученным данным растворимость $ZnCO_3$ при pH = 2,4–3,7 в растворе 0,1н KCl + водорастворимое органическое вещество из соломы пшеницы составляла $9,8 \pm 2,9$ мг/л, а при добавлении водорастворимого органического вещества из сена злаков – $12,0 \pm 0,2$ мг/л.

При недостатке содержания цинка оптимизация его состояния в растениях достигается электрофоретическим введением в ветви. Так, по полученным данным, в контрольном варианте в липе содержание в листьях было 0,7 мг на 100 г, а после электрофоретического введения – 1,9 (продолжительность введения 30 минут при напряжении 9 вольт).

При электрофоретическом введении цинка в яблоню содержание Zn у анода было $0,5 \pm 0,1$ мг/100 г, а у катода – $2,8 \pm 0,2$ (напряжение 3 вольта, продолжительность электрофоретического введения 2 суток) [5, 7].

Положительное влияние на обогащение растений цинком оказывал и полив растений гуматом, обогащенным цинком за счет анодного его растворения. Так, в контрольном варианте содержание цинка в корнях и стеблях биотеста составляло соответственно $3,7 \pm 0,3$ и $2,3 \pm 0,1$ мг/100 г, а при поливе гуматом Zn соответственно $6,9 \pm 0,4$ и $4,5 \pm 0,2$ мг/100 г [5, 7].

Оценка содержания цинка в почвах имеет важное агрономическое значение, определяющее его поступление в растения как биофильного элемента. Однако методы определения его подвижных форм в основном не дифференцированы для разных типов почв, отличающихся по pH, Eh, гумусированности, емкости поглощения, гранулометрическому и минералогическому составу. Для получения более высоких урожаев с/х культур необходимо и более точное знание поведения цинка в почвах и в отдельных горизонтах почв.

В работе предлагаются новые дополнительные методы оценки содержания подвижных соединений цинка в почвах. Для оптимизации поступления Zn в растения, как правило, применяют удобрения, содержащие цинк. Однако в последнее время все большее внимание уделяется использованию комплексона-тов Zn.

В работе приведены данные об увеличении поступления Zn в растения при его электрофоретическом введении в древесные культуры, при применении гуматов, обогащенных цинком, при применении комплексных соединений цинка.

Выводы

1. Предлагается оценка состояния соединений цинка в почвах по фракционному составу его соединений, вытесняемых из почв 0,1н KCl, 0,1н KCl + 0,01м ЭДТА при разных pH среды, по скорости вытеснения Zn из твердой фазы почв,

по депонирующей способности почв к цинку, по содержанию положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений Zn в почвах.

2. При компостировании почв в условиях избыточной влажности содержание подвижного цинка уменьшается.

3. После высушивания образцов содержание цинка, извлекаемого из почв десорбентами, возрастает.

4. Показана возможность увеличения содержания Zn в древесных культурах за счет его электрофоретического введения в ветви и увеличения содержания цинка в полевых культурах при внекорневой их подкормке гуматами и водорастворимым органическим веществом разлагающихся растительных остатков при анодном обогащении их цинком.

Библиографический список

1. Воробьева Л.А. Методические указания по расчету диаграмм растворимости соединений, М., МГУ, 1986, 71 с.

2. Гукалов В.Н., Савич В.И., Белюченко И.С. Информационно-энергетическая оценка состояния тяжелых металлов в компонентах агроландшафта, М., РГАУ-МСХА, 2015, 398 с.

3. Гукалов В.В., Савич В.И. Интегральная оценка кислотно-основного состояния почв таежно-лесной и лесостепной зоны, М., РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2019, 408 с.

4. Наумов В.Д. Почвенно-экологические условия заболевания яблони розеточностью, М., РГАУ-МСХА, 2012, 444 с.

5. Никиточкин Д.Н., Савич В.И., Наумов В.Д., Байбеков Р.Ф. Модели плодородия почв под яблоню во времени и в пространстве, М., РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2015, 272 с.

6. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва – растения – удобрения, М., ЦИНАО, 1997, 230 с.

7. Савич В.И. Физико-химические основы плодородия почв, М., РГАУ-МСХА, 2013, 431 с.

8. Савич В.И., Наумов В.Д., Гукалов В.В. Локальное протекание почвообразовательных процессов, как фактор корректировки моделей плодородия почв, Международный с.-х. ж-л, 2017, № 1, с. 49–53.

9. Савич В.И., Белопухов С.Л., Подволоцкая Г.Б., Бакланова А.А., Гукалов В.В. Влияние эффектов протонирования и гидратообразования на вытеснение марганца за счет комплексообразования из дерново-подзолистых почв, Бутлеровские сообщения, 2017, т. 52, № 12, с. 46–51

10. Седых В.А., Савич В.И., Балабко П.Н. Почвенно-экологический мониторинг, М., РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2013, 584 с.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE STATUS OF ZINC COMPOUNDS IN SOD-PODZOLIC SOILS

V.D. NAUMOV, A.YE. SOROKIN¹, V.I. SAVICH², V.A. TYUTIN², N.L. KAMENNYKH

(¹ Moscow Aviation Institute,

² Russian Timiryazev State Agrarian University)

The authors carried out studies on podzolic and sod-podzolic medium loamy soils compared to leached chernozems, light and heavy loamy soils. The goal was to evaluate the state of zinc compounds in soils by the fractional composition of its compounds displaced from soils

0.1 N KCl, 0.1 N KCl + 0.01 M EDTA at different pH values, by the rate of zinc displacement from the solid soil phase, by the soil deposition capacity to Zn, and by the content of positively and negatively charged zinc complexes in soils. The content of zinc extracted by 0.1 N KCl is greater at pH = 3 and less at pH = 5.8. When adding EDTA to the solution, Zn desorption from soils increased, especially from the An horizon. Zinc compounds are present in soils in the form of positively and negatively charged complex compounds. When adding phosphates to the soil, the $ZnL + / ZnL$ -ratio decreased. The depositing ability of soils with respect to zinc was higher in chernozem as compared to the sod-podzolic soil and higher in soils with a heavier particle-size distribution. The rate of zinc displacement from soils by desorbents was lower in soils of heavier particle-size distribution. When composting soils under conditions of excess moisture, the content of mobile zinc decreases, which is obviously caused by its sorption on Fe, Mn, Al hydroxides. After drying the samples, the content of zinc extracted from the soil by desorbents increases. The authors show possible ways of increasing the Zn content in tree crops due to its electrophoretic introduction into the branches, as well as increasing the zinc content in field crops by their foliar feeding with humates and water-soluble organic matter of decomposing plant residues during their anodic enrichment with zinc. During the electrophoretic introduction of zinc into the apple tree, the Zn content at the anode was 0.5 ± 0.1 mg/100 g, and that at the cathode – 2.8 ± 0.2 (at a voltage of 3 volts and electrophoretic treatment for a two-day period) [5, 7]. A positive effect on plant enrichment with zinc was also exerted by watering plants with zinc-enriched humate due to its anodic dissolution. As the check showed, the zinc content in the biotest roots and stems was 3.7 ± 0.3 and 2.3 ± 0.1 mg/100 g, respectively, and when watering with zinc-enriched humate – 6.9 ± 0.4 and 4, respectively 5 ± 0.2 mg/100 g [5, 7].

Key words: zinc, soil, complexones, pH effect, anodic enrichment, electrophoresis, excess moisture effect.

References

1. Vorobyeva L.A. Metodicheskiye ukazaniya po raschetu diagram rastvorimosti soedineniy [Guidelines for analyzing the solubility diagrams of compounds] – M., MGU, 1986: 71. (In Rus.)
2. Gukalov V.N., Savich V.I., Belyuchtnko I.S. Informatsionno-energeticheskaya otsenka sostoyaniya tyazhelykh metallov v komponentakh agrolandshafa [Information and energy assessment of the state of heavy metals in agrolandscape components] – M., RGAU-MSKHA, 2015: 398. (In Rus.)
3. Gukalov V.N., Savich V.I. Integralnaya otsenka kislotno-osnovnogo sostoyaniya pochv taezhno-lesnoy i lesostepnoy zony [Integral assessment of the acid-base state of the soils of the taiga-forest and forest-steppe zone] – M., RGAU-MSKHA, VNIIA, 2019: 408. (In Rus.)
4. Naumov V.D. Pochvenno-ekologicheskiye usloviya zabolevaniya yabloni rozetchnostyu [Soil-ecological conditions of the rosette disease of apple trees] – M., RGAU-MSKHA, 2012: 444. (In Rus.)
5. Nikitochkin D.N., Savich V.I., Naumov V.D., Baybekov R.F. Modeli plodorodiya pochv pod yablonyu vo vremeni i v prostranstve [Time and space models of soil fertility under apple trees] – M., RGAU-MSKHA, VNIIA, 2015: 272. (In Rus.)
6. Ovcharenko M.M. Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie-udobreniye [Heavy metals in the soil-plant-fertilizer system] – TSINAO, 1997: 230. (In Rus.)
7. Savich V.I. Fiziko-khimicheskkiye osnovy plodorodiya pochv [Physicochemical fundamentals of soil fertility] – M., RGAU-MSKHA, 2013: 431. (In Rus.)
8. Savich V.I., Naumov V.D., Gukalov V.N. Lokalnoye protekaniye pochvoobrazovatelnykh protsessov, kak factor korrekktirovki modeley plodorodiya pochv [Local flow of soil-forming processes as a factor for adjusting soil fertility models], Mezhdunarodniy s.-kh. zh-l, 2017; 1: 49–53. (In Rus.)

9. *Savich V.I., Belopukhov S.L., Podvolotskaya G.B., Baklanova A.A., Gukalov V.V.* Vliyanie effektov protonirovaniya i gidratoobrazovaniya na vytesnenie margantsa za schet kompleksobrazovaniya iz dernovo-podzolistykh pochv [Effect of protonation and hydrate formation on the manganese displacement due to complexation from sod-podzolic soils] // *Butlerovskiye soobscheniya*, 2017; 52; 12: 46–51. (In Rus.)

10. *Sedykh V.A., Savich V.I., Balabko P.N.* Pochvenno-ekologicheskii monitoring [Soil-ecological monitoring] – М., RGAU-MSKHA, VNIIA, 2013: 584. (In Rus.)

Наумов Владимир Дмитриевич, доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, тел.: +7-926-088-30-34 E-mail: naumovsol@rgau-msha.ru.

Савич Виталий Игоревич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, тел.: +7-905-501-14-46 E-mail: savich.mail@gmail.com.

Сорокин Андрей Евгеньевич, кандидат экономических наук, зав. кафедрой экологии, систем жизнеобеспечения и безопасности жизнедеятельности Московского авиационного института, тел.: +7-499-158-41-34, E-mail: kaf614@mail.ru.

Тютин Виктор Андреевна, инженер каф. почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА.

Каменных Наталья Львовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Vladimir D. Naumov, DSc (Bio), Professor, the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University, phone: +7-926-088-30-34 E-mail: naumovsol@rgau-msha.ru.

Vitaliy I. Savich, DSc (Ag), Professor, the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University, phone: +7-905-501-14-46 E-mail: savich.mail@gmail.com.

Andrey Ye. Sorokin, PhD (Econ), Head, the Department of Ecology, Life Support Systems and Life Safety, Moscow Aviation Institute (National Research University), phone: +7-499-158-41-34, E-mail: kaf614@mail.ru.

Victoria A. Tyutina, engineer. the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University

Nataliya L. Kamennykh, PhD (Bio), Associate Professor the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ

Д.В. ГУСЕВ, А.Д. ФОКИН, Ю.Е. ГУСЕВА, С.П. ТОРШИН

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Проведена оценка вариабельности результатов определения содержания фракций агрегатов разного размера, полученных методом сухого рассеивания на ситах. Статистически обоснован факт переагрегирования почвенной массы, т.е. обмен почвенной массой между агрегатами разного размера. Установлено, что обновление состава почвенной массы агрегатов составляет основу «жизни» агрегата и является причиной вариабельности агрегатного состава почвы, которое отражает интенсивность процессов обновления отдельных агрегатов. Определено, что чем выше вариабельность содержания фракций агрегатов определенного размера, тем ниже их устойчивость и наоборот. Для большинства фракций уровень коэффициентов варьирования лежит в пределах 10–20%.

Ключевые слова: почвенный агрегат, дерново-подзолистая почва, темно-серая лесная почва

Введение

Проблема устойчивости почвенных агрегатов к внешним воздействиям продолжает оставаться актуальной. Прежде всего, агрегатное состояние почв влияет на важнейшие функции почвы, такие как плодородие [1], состояние и поведение основных элементов минерального питания как естественного происхождения, так и поступающих в почву с минеральными удобрениями, состояние различных токсикантов, поступающих в почву в виде загрязнений [7] и др. Агрегатное состояние самым существенным образом влияет на водный и воздушный режимы почв [2]. Однако серьёзным препятствием к исследованиям в данной области является недостаточное развитие методов, позволяющих оценивать динамику разрушения и новообразования почвенных агрегатов, процессы перехода и обмена почвенной массой между агрегатами различного размера, т.е. прямым показателем, характеризующим «жизнь» почвенного агрегата, его мобильность и устойчивость. Традиционные подходы к оценке устойчивости агрегатов состоят в лабораторных исследованиях разрушения выделенных из почвы агрегатов под воздействием различных физических факторов, например, размывание водой [4], изменения под влиянием замораживания и оттаивания [6]. Эти исследования, безусловно, сыграли важную роль в понимании и оценке влияния различных физических факторов на разрушение и формирование агрегатного состояния почв. Однако в условиях реальной почвы одновременно или в определенной сезонной последовательности действуют не только физические, но биологические и коллоидно-химические процессы, одна часть которых направлена на разрушение, другая – на формирование агрегатов. В годовом цикле функционирования почвы процессы разрушения-формирования агрегатов, очевидно, стремятся к равновесию, которое поддерживает относительно стабильное агрегатное состояние почвы. Агрегирование и дезагрегирование почвенной массы сопровождается её «обновлением» в составе самих агрегатов. В дальнейшем эти процессы будем называть переагрегированием почвенной массы. Скорость или интенсивность переагрегирования, измеренная в натуральных условиях, могла бы служить мерой мобильности или, наоборот, устойчивости

почвенных агрегатов. Приблизительно полное обновление почвенной массы в составе отдельного агрегата дало бы возможность получить наглядный показатель его устойчивости, который можно определить как «время жизни» агрегата (τ).

Очевидно, что любой показатель, характеризующий агрегатное состояние почвы, включая и время жизни отдельных агрегатов одинакового размера, находящихся в любом ограниченном почвенном пространстве, будет различным в силу статистической природы действия факторов переагрегирования (неравномерность распределения корневых масс, объектов мезофауны, влаги на агрегатном уровне почвы и пр.). Поэтому для обеспечения необходимого уровня достоверности при определении любых показателей агрегатного состояния почв экспериментальные исследования проводят в нескольких пробах (повторностях), каждая из которых включает достаточно много (десятки, сотни) агрегатов разного размера. В этом случае для полученных значений находят средние показатели, которые могут быть охарактеризованы определенным уровнем варьирования. Эти общие требования достаточно подробно изложены во многих практических руководствах по почвоведению [3]. Все эти требования в полной мере относятся и к попыткам оценить «время жизни» почвенного агрегата, которое можно обозначить как «среднестатистическое время жизни» (τ)

Ранее была предпринята попытка определения данного показателя косвенным методом [8]. Однако значительно большую информацию в исследовании «жизни агрегата» могло бы дать прямое изучение перехода почвенной массы между агрегатами. В принципе, исследование в данном направлении могло бы быть осуществлено путём маркирования почвенной массы агрегатов определённого размера и последующем изучением в динамике перераспределения меченой почвенной массы по агрегатам другого размера. Такое исследование предполагает отбор проб во времени, механическое разделение почвенной массы на агрегаты разного размера последующее определение маркера в составе отдельных фракций. Наиболее подходящим способом разделения почвенной пробы на агрегаты разного размера представляется метод сухого рассеивания. Однако возможность его использования зависит от воспроизводимости результатов, т.е., по сути, от уровня статистической вариабельности содержания отдельных агрегатов, как в пространстве, так и во времени.

В связи с этим основной задачей данной работы являлась оценка вариабельности результатов определения содержания фракций агрегатов разного размера, полученных методом сухого рассеивания на ситах. Очевидно, что данный метод может быть использован для изучения временной динамики агрегатного состава, а также перераспределения маркера между агрегатами во времени только в случае относительной стабильности и воспроизводимости результатов определения агрегатного состава почвы.

Кроме того, в случае удовлетворительной воспроизводимости результатов при использовании метода сухого рассеивания оценка вариабельности показателей содержания отдельных фракций сама по себе может служить косвенной мерой устойчивости агрегатов к процессам естественного переагрегирования. Напомним, что под устойчивостью в данном случае мы понимаем способность агрегата сохранять свой размер и стабильность почвенной массы в реальных условиях. Как можно себе представить идеальную модель «абсолютно устойчивого агрегата»? Например, это могли бы быть шарики определённого размера и материала, которые не способны распадаться в условиях почвы и увеличивать свой размер и массу за счёт адгезионных процессов. Понятно, что реальные почвенные агрегаты не отвечают этим требованиям, что и является причиной вариабельности их содержания. При этом чем выше вариабельность содержания агрегатов, тем ниже устойчивость. Косвенная оценка устойчивости агрегатов по вариабельности их содержания также входила в задачу данной работы.

Методика исследований

Исследование проводили на почвах двух типов: дерново-подзолистой тяжело-суглинистой и тёмно-серой лесной тяжелосуглинистой в Александровском районе Владимирской области в период 2015–2018 гг. В случае темно-серой лесной почвы работы выполнялись не на месте залегания почвы, а на специально подготовленных площадках в массиве дерново-подзолистых почв (закладка сентябрь 2015 г.). Для этой цели образцы темно-серой лесной почвы (Юрьев-Польский район Владимирской области) с минимальным нарушением сложения в виде параллелепипедов размером 30 x 30 см, высотой (глубиной) – 25 см и массой свыше 25 кг перевозились и плотно укладывались на подготовленную площадку размером 1,5 × 1,5 м, с которой удалялась дерново-подзолистая почва на глубину 25 см. Рядом располагались площадки с дерново-подзолистой почвой.

На обеих почвах предусматривались варианты с луговой растительностью и пашней. Закладка, как и последующий отбор образцов проводились при объёмной влажности почв в пределах 18–23%. На вариантах под луговой растительностью при закладке и в период последующих наблюдений растительность ежегодно выкашивалась.

На площадках с вариантами пахотной почвы тёмно-серая лесная почва отбиралась лопатой с глубиной 0,25 м и переносилась в подготовленный выбранный объём вместо удалённой дерново-подзолистой почвы, также, как и в случае почвы с луговой растительностью 1,5 x 1,5 м и глубиной 25 см. Пахотный вариант на дерново-подзолистой почве готовился путём перекопки лопатой «с оборотом пласта» на глубину 25 см.

Такая подготовка связана с тем, что на этих же площадках в течение трёх лет велись наблюдения по перераспределению маркированной почвенной массы по агрегатам разного размера в фиксированных объёмах почвы. Кроме того, соседнее расположение площадок обеспечивало одинаковые метеорологические условия по всем вариантам опыта.

На пахотных почвах за три вегетационных периода выращивались последовательно овёс посевной (*Avena sativa* L.) – 2016 г., бобы кормовые (*Faba vulgaris* Moench.) – 2017 г., и горчица белая (*Sinapis alba* L.) – 2018 г.

Поскольку на площадках «пахотных» почв на глубине 8–12 см находились образцы в фиксированном объёме с маркированной почвой, мы не могли, например, имитировать их обработку «с оборотом пласта» и вынуждены были ограничиться многократным вертикальным прокалыванием почвы вилами на глубину 25 см между рядами с заложенными образцами. Этим обеспечивалось достаточное рыхление почвы и минимальный сдвиг заложенных образцов.

Образцы для определения вариабельности агрегатного состава почв отбирались на тех же площадках с глубины 8–12 см в 9-кратной повторности по всем вариантам опыта в сроки с 11.05.2018 г. по 11.10.2018 г.

Как уже отмечалось, образцы отбирались в период умеренной объёмной влажности почв (18–23%), что снижало риск слипания, раскалывания или распыления агрегатов. Образцы объёмом до 150 мл отбирали без нарушения сложения в виде кубиков с помощью ножа, помещались в закрытую ёмкость, доставлялись в лабораторию и без просушивания в состоянии увлажнения, приблизительно соответствующую указанному диапазону аккуратно путём надавливания рукой разрыхлялись до исчезновения крупных комков почвы размером более 20 мм. После этой подготовки разрыхлённый образец просеивался через сита соответствующего размера. После рассеивания образцы агрегатов доводились до воздушно-сухого состояния, взвешивались. Агрегатный состав оценивался по соотношению масс отдельных фракций в процентах, суммарная масса всех фракций в образце принималась за 100%.

Результаты и их обсуждение

В таблицах 1 и 2 приведены результаты изучения варьирования масс агрегатов разного размера для двух временных точек отбора проб – 11.05.2018 г. и 11.10.2018 г., т.е. для тёплого периода года, когда наиболее выражены биологические процессы, влияющие на агрегатное состояние почв: развитие корневых систем растений, минерализация органических остатков, максимальное проявление активности микроорганизмов и мезофауны. Все этим процессы происходят на фоне значительных колебаний влажности.

Прежде всего, следует отметить относительную стабильность агрегатного состава почв в отдельных повторностях, а также по всем вариантам опыта. Только в редких случаях обнаруживаются достоверные различия в содержании отдельных фракций, как в разных точках изучаемого почвенного пространства, так и по срокам отбора, а также между почвами под лугом и пашней.

Таблица 1

Варьирование содержания агрегатов различного размера в дерново-подзолистой почве, %. Рассчитано по 9 измерениям в каждом варианте

Угодье	Дата отбора проб	Показатель	Содержание агрегатов разного размера, %						
			>10 мм	7–10 мм	5–7 мм	3–5 мм	2–3 мм	1–2 мм	<1 мм
Луг	11.05.2018 г.	Средние значения	16.1	20.9	13.9	14.8	8.1	10.0	16.2
		Среднее квадратичное отклонение	4,0	3,6	1,7	1,4	1,2	1,2	3,3
		Коэффициент варьирования, %	25	17	12	10	15	12	20
	11.10.2018 г.	Средние значения	12,7	19,6	13,7	15,5	9,1	10,1	19,3
		Среднее квадратичное отклонение	2,0	3,0	1,7	2,2	1,0	0,8	1,3
		Коэффициент варьирования, %	16	15	12	14	11	8	7
Пашня	11.05.2018 г.	Средние значения	9,1	20,2	14,5	17,4	8,6	10,7	19,6
		Среднее квадратичное отклонение	3,7	3,8	2,4	1,7	1,2	1,0	3,4
		Коэффициент варьирования, %	41	19	17	10	14	9	17
	11.10.2018 г.	Средние значения	9,6	19,0	14,0	16,5	9,6	10,2	21,1
		Среднее квадратичное отклонение	1,8	2,9	1,8	1,5	0,7	1,1	2,2
		Коэффициент варьирования, %	19	15	13	9	7	11	10

Отметим эти различия: 1) полутора – двукратное снижение содержания самой крупной фракции (>10 мм) в дерново-подзолистой пахотной почве по сравнению с почвой под лугом; 2) наоборот, почти двукратное повышение содержания той же фракции (>10 мм) на пашне по сравнению с почвой под луговой растительностью в тёмно-серой лесной почве; 3) более высокое, примерно полуторакратное содержание фракции 3–5 мм на почве под лугом по сравнению с пашней на тёмно-серой лесной почве. Достоверность отмеченных различий дополнительно подтверждается сохранением их направленности для обоих сроков отбора проб, как в мае, так и в октябре (например, для фракции 3–5 мм).

Таким образом, наиболее мобильной фракцией агрегатов является самая крупная (>10 мм), что, вероятно связано с подверженностью этой фракции как разрушению на более мелкие, так и участию в адгезионных процессах, происходящих в летний период и приводящих к росту размеров агрегатов. При этом в дерново-подзолистой почве при переходе от луговой почвы к пашне преобладают деструктивные процессы, тогда как на пашне в случае тёмно-серой лесной почвы содержание фракций >10 мм возрастает.

Таблица 2

**Варьирование содержания агрегатов различного размера
в тёмно-серой лесной почве, %. Рассчитано по 9 измерениям в каждом варианте**

Угодье	Дата отбора проб	Показатель	Содержание агрегатов разного размера, %						
			>10 мм	7–10 мм	5–7 мм	3–5 мм	2–3 мм	1–2 мм	<1 мм
Луг	11.05.2018 г.	Средние значения	7,2	17,7	18,7	21,9	11,3	12,2	11,0
		Среднее квадратичное отклонение	1,9	4,2	3,6	2,7	1,3	1,3	1,9
		Коэффициент варьирования, %	26	24	19	12	12	11	17
	11.10.2018 г.	Средние значения	12,1	20,5	16,5	18,8	11,0	10,9	10,2
		Среднее квадратичное отклонение	3,4	4,3	1,4	2,4	1,8	1,8	2,4
		Коэффициент варьирования, %	28	21	9	13	16	17	24
Пашня	11.05.2018 г.	Средние значения	13,6	19,9	14,5	16,3	9,1	10,6	16,0
		Среднее квадратичное отклонение	1,9	3,4	1,5	1,1	0,8	1,0	2,1
		Коэффициент варьирования, %	14	17	10	7	9	9	13
	11.10.2018 г.	Средние значения	17,2	25,6	13,7	15,2	8,4	8,4	11,5
		Среднее квадратичное отклонение	2,3	4,6	2,2	3,0	1,2	0,9	1,4
		Коэффициент варьирования, %	13	18	16	20	14	11	12

Из всей выборки только одно изменение во времени является достоверным – это снижение содержания самой мелкой фракции (<1 мм) в тёмно-серой лесной почве в тёплый период года.

Из всей совокупности парных сравнений (28*) только в четырёх случаях обнаружилось отмеченные выше достоверные различия. Этот результат наглядно свидетельствует об относительно высокой стабильности агрегатного состава исследуемых почв при его определении методом сухого рассеивания.

Данное обстоятельство свидетельствует о наличии серьёзных ограничений в использовании метода сухого рассеивания, например, для изучения динамики агрегатного состава, а также разнообразных процессов, происходящих с агрегатами во времени, поскольку эти изменения или различия могут не выходить за рамки пространственного варьирования содержания агрегатов.

В частности, использование данного метода на наших объектах не позволяло в большинстве случаев выявить достоверные различия как между почвами двух типов, так и между почвами под луговой растительностью и пашней.

Более детально оценить возможности метода сухого рассеивания для изучения изменения агрегатного состава почв, а также для оценки статистической природы наблюдаемых процессов может дать анализ значений величин коэффициентов варьирования содержания отдельных фракций агрегатов (табл. 1 и 2).

Коэффициент варьирования наиболее полно и наглядно характеризует статистическую природу объекта, т.е. наличие элемента случайности в количественной характеристике почвы по какому-либо признаку. Из данных таблиц 1 и 2 следует, что в большинстве случаев значения K_v лежат в пределах 10–20% (47 из 56 значений). Близкие результаты были получены для многих других показателей почвы [5]. Небольшое количество значений K_v лежало в пределах 7–10% или 20–25%. В одном случае K_v составил 41% (для фракции > 10 мм на дерново-подзолистой почве под пашней).

Выше было высказано предположение, что применительно к почвенным агрегатам K_v может служить косвенным показателем их устойчивости в пространственно-временном поле, охватывающем выполненные измерения. В связи с этими представлениями были составлены ряды по снижению значений K_v для агрегатов разного размера, которые можно рассматривать как ряды возрастания их устойчивости (табл. 3).

Из приведённых данных следует, что в подавляющем большинстве случаев наименее устойчивой фракцией является самая крупная с агрегатами >10 мм. С уменьшением размеров фракции (7–10 мм) в большинстве случаев устойчивость возрастает. Наиболее устойчивую часть почвенных агрегатов составляют 4 фракции, размеры которых лежат в пределах 1–7 мм (K_v 7–15%). Из общих закономерностей выпадает фракция с минимальным размером <1 мм, включающая в себя как микроагрегаты, так и отдельные неагрегированные гранулометрические фракции. Значения K_v для этой фракции занимают в рядах почти все возможные положения и варьируют от 7 до 24%.

Причиной низкой устойчивости агрегатов наиболее крупного размера, вероятно, является та, что они состоят из более мелких и более устойчивых агрегатов и относительно легко распадаются на составляющие. Нестабильность коэффициентов варьирования содержания самой мелкой фракции обусловлена, вероятно, действием противоположно направленных процессов: образованием этой фракции в результате поверхностной «эрозии» более крупных фракций и адгезионными процессами «захвата» этой фракции более крупными агрегатами. В зависимости от варьирования локальных условий (на горизонтном уровне (влажность, концентрация живых корней или органический остатков и пр.) может меняться и соотношение между процессами эрозии крупных агрегатов и адгезией мелких частиц на крупных агрегатах.

**Ряды снижения коэффициентов варьирования (K_v) содержания агрегатов
разного размера по всей совокупности измерений**

Почва, угодье	Дата отбора	Ряды снижения K_v для разных фракций (в скобках размеры фракций, мм)
Дерново-подзолистая почва, луг	11.05	(> 10) > (< 1) > (7–10) > (2–3) > (5–7) ~ (1–2) > (3–5)
	11.10	(> 10) ~ (7–10) > (3–5) > (5–7) > (2–3) > (1–2) > (< 1)
Дерново-подзолистая почва, пашня	11.05	(> 10) > (< 1) > (5–7) > (7–10) > (2–3) > (3–5) > (1–2)
	11.10	(> 10) > (7–10) > (5–7) > (1–2) ~ (< 1) > (3–5) > (2–3)
Тёмно-серая лесная почва, луг	11.05	(> 10) > (7–10) > (5–7) > (< 1) > (3–5) > (2–3) ~ (1–2)
	11.10	(> 10) > (< 1) > (7–10) > (1–2) > (2–3) > (3–5) > (5–7)
Тёмно-серая лесная почва, пашня	11.05	(7–10) > (> 10) > (< 1) > (5–7) ~ (1–2) > (2–3) > (3–5)
	11.10	(3–5) > (7–10) > (5–7) > (> 10) ~ (2–3) > (< 1) > (1–2)

Итак, основным вывод из полученных результатов состоит, на наш взгляд, в статистическом обосновании факта переагрегирования почвенной массы, т.е. в обмене почвенной массой между агрегатами разного размера, другими словами, в обновлении состава почвенной массы агрегатов. Это обновление составляет основу «жизни» агрегата и является причиной вариабельности агрегатного состава почвы. Вариабельность агрегатного состава отражает интенсивность процессов обновления отдельных агрегатов. Процессы переагрегирования отдельных агрегатов являются составной частью массообмена для почвы или ее отдельных горизонтов как результата противоположно направленных процессов: а) процессы, направленные на гомогенизацию почвенной массы, и б) процессы, направленные на формирование гетерогенной почвенной системы, одним из которых является агрегатообразование.

В заключение рассмотрим вопрос о возможности на основании коэффициентов варьирования показателей агрегатного состава очень приблизительно, хотя бы на уровне порядка, оценить характерные времена обновления почвенной массы агрегатов, т.е., по сути, оценить «время жизни» агрегатов определённого размера. В дальнейшем уточним понятие «время жизни» агрегата.

Для оценки характерных интервалов времени необходимо обозначить ограничительные рамки (условия), в которых мы будем рассматривать процессы массообмена между агрегатами, а также сделать некоторые допущения. Важнейшие из этих условий и допущений:

1. Процессы происходят в определенных пространственных (площадка 1,5×1,5 м, глубина 15 см) и временных координатах (5 месяцев тёплого периода года).

2. Процессы обновления почвенной массы в агрегатах происходят по экспоненциальному закону, согласно которому за определённый период времени обновляется определённая доля почвенного материала. Однако данное допущение весьма уязвимо, поскольку оно строго реализуется только в условиях независимости процесса от внешних условий (радиоактивных распад) или при постоянстве условий

(химические реакции первого порядка). Для условий наших наблюдений данные требования, очевидно, не выполняются. Однако, если принять, что в холодный период (условно с 11.10 до 11.05) скорость переагрегирования изменяется в разы по сравнению с теплым периодом, т.е. в пределах одного порядка, то и полученный результат будет отличаться от истинного значения также в единицы раз.

Выполним расчёт для двух значений коэффициентов варьирования, характеризующих пределы наиболее типичных значений данного показателя – 10–20%.

Оценим два показателя характерных периодов времени обновления массы агрегатного состава: λ – доля обновляемого материала за выбранный период времени, в нашем случае – 1 месяц; τ – среднестатистическое время жизни агрегата,

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Значение λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{\ln m_1 - \ln m_2}{t}$$

где m_1 – наибольшее относительное значение массы из двух значений при определённом значении K_b ; m_2 – соответствующее наименьшее значение.

Таким образом, для каждого значения K_b (например, 10%) мы выполним два расчёта (+ 10% и – 10%, т.е. расчеты в этом случае будут выполняться для двух пар: (110–100%) и (100–90%).

Для $K_b = 10\%$: расчетные значения λ будут составлять: $\lambda_1 = 0,018 \text{ мес}^{-1}$ и $\lambda_2 = 0,023 \text{ мес}^{-1}$.

Соответствующие значения τ будут равны $\tau_1 = 55 \text{ мес.} = 4,6 \text{ года}$ и $\tau_2 = 45 \text{ мес.} = 3,8 \text{ года}$.

Для значения $K_b = 20\%$ значения характерных интервалов времени обновления будут составлять:

$$\lambda_1 = 0,036 \text{ мес}^{-1}; \quad \lambda_2 = 0,046 \text{ мес}^{-1}$$

$$\tau_1 = 27,8 \text{ мес.} \approx 2,3 \text{ года}; \quad \tau_2 = 21,7 \text{ мес.} \approx 1,8 \text{ года}$$

Выполненная оценка характерных интервалов времени обновления почвенной массы в агрегатах, конечно, носит сугубо приближенный характер и может быть проверена только путем прямого изучения перераспределения маркированного почвенного материала между агрегатами во времени. Однако заметим, что полученные значения близки к результатам, полученным ранее другим методом [8].

Заключение

1. Пространственно-временное изменение соотношения почвенных агрегатов разного размера, локализованных в определенной части почвенного пространства, является следствием непрерывно идущих процессов их разрушения и новообразования. Эти процессы сопровождаются обменом почвенной массы между агрегатами разного размера и, следовательно, могут служить мерой их устойчивости. Чем выше вариабельность содержания фракций агрегатов определенного размера, тем ниже их устойчивость и наоборот.

2. Для большинства фракций уровень коэффициентов варьирования лежит в пределах 10–20%. Наибольшие значения коэффициентов варьирования достигают для фракций >10 мм и <1 мм. Коэффициенты варьирования содержания отдельных

фракций для тяжелосуглинистой дерново-подзолистой и темно-серой лесной почв различаются незначительно.

3. Незначительные различия коэффициентов варьирования для двух исследуемых почв, функционирующих под культурами со стержневой корневой системой (кормовые бобы) и мочковатой (овёс посевной, горчица белая), позволяют отметить общие закономерности, характеризующие устойчивость агрегатов разного размера в этих почвах. Наименее устойчивой из исследуемых является крайняя по размерам фракция агрегатов размером > 10 мм и фракция размером < 1 мм. Наиболее устойчива фракция среднего размера. С изменением размеров фракций (7–10 мм, 5–7 мм, 3–5 мм, 2–3 мм, 1–2 мм) устойчивость возрастает с соответственным снижением коэффициентов варьирования их содержания. Понижение устойчивости крупных фракций > 10 м и 7–10 мм объясняется их сложением из более устойчивых мелких фракций.

Библиографический список

1. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М.: Сельхозгиз, 1939. 458 с.
2. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
3. Манучаров А.С., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П., Черноморченко Н.И. Математическая статистика для почвоведов. М.: Изд-во МГУ, 1989. 88 с.
4. Николаева Е.И. Устойчивость почвенных агрегатов к водным и механическим воздействиям. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 06.01.03. М., 2016. 25 с.
5. Орлов Д.С. Варьирование содержания органического вещества и окислительно-восстановительного потенциала в пахотном горизонте дерново-среднеподзолистой почвы // Научные докл. Высш. школы. Биол. науки. 1969. № 3. С. 113–117.
6. Сковрцова Е.Б., Шеин Е.В., Абросимов К.Н., Романенко К.А., Юдина А.В., Клюева В.В., Хайдапова Д.Д., Rogov В.В. Влияние многократного замораживания-оттаивания на микроструктуру агрегатов дерново-подзолистой почвы (микротомографический анализ) // Почвоведение. 2018. № 2. С. 187–196.
7. Фокин А.Д., Торшин С.П., Каупенйоханн М. Формирование первичных градиентов концентраций ^{137}Cs в почвах на агрегатном уровне // Почвоведение. 2003. № 8. С. 921–928.
8. Фокин А.Д., Торшин С.П. Метод исследования деструкции почвенных макроагрегатов по самопоглощению β -излучения ^{137}Cs // Почвоведение. 2013. – № 4. С. 426–433.

VARIABILITY OF THE CONTENT OF SEPARATE SOIL PED FRACTIONS AS A SIGN OF THEIR STABILITY

D.V. GUSEV, A.D. FOKIN, YU. YE. GUSEVA, S.P. TORSHIN

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The authors have evaluated the variability of the results of determining the content of soil ped fractions of a different size obtained by the method of dry dispersion on sieves. They have proved the fact of reaggregation of soil mass, i.e. soil mass exchange between soil peds of a different size. It has been found that the composition renewal of the soil ped mass forms the basis of the ped

“life” and causes the variability of the ped composition of the soil, which describes the intensity of renewing individual soil peds. It has been determined that the higher the content variability of ped fractions of a certain size is, the less stable they become and vice versa. For most fractions, the level of variation coefficients lies in the range of 10–20%.

Key words: soil ped, sod-podzolic soil, dark gray forest soil

References

1. Vil'yams V.R. Pochvovedeniye. Zemledeliye s osnovami pochvovedeniya [Soil science. Agriculture and the basics of soil science]. M.: Sel'khozgiz, 1939: 458. (In Rus.)
2. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baybekov R.F. Praktikum po pochvovedeniyu [Practical training on soil science]. M.: Agrokonsalt, 2002: 280. (In Rus.)
3. Manucharov A.S., Dmitriyev Ye.A., Samsonova V.P., Chernomorchenko N.I. Matematicheskaya statistika dlya pochvovedov [Mathematical statistics for soil scientists]. M.: Izd-vo MGU, 1989: 88. (In Rus.)
4. Nikolayeva Ye.I. Ustoychivost' pochvennykh agregatov k vodnym i mekhanicheskim vozdeystviyam. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. 06.01.03 [Resistance of soil peds to water and mechanical influences. Self-review of PhD (Bio) thesis 06.01.03]. M., 2016: 25. (In Rus.)
5. Orlov D.S. Var'irovaniye soderzhaniya organicheskogo veshchestva i okislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala v pakhotnom gorizonte dernovo-srednepodzolistoy pochvy [Varying the content of organic matter and the redox potential in the arable layer of sod-mid-podzolic soil] // Nauchnyye dokl. Vyssh. shkoly. Biol. nauki. 1969; 3: 113–117. (In Rus.)
6. Skvortsova Ye.B., Shein Ye.V., Abrosimov K.N., Romanenko K.A., Yudina A.V., Klyuyeva V.V., Khaydapova D.D., Rogov V.V. Vliyaniye mnogokratnogo zamorazhivaniya-ot-taivaniya na mikrostrukturu agregatov dernovo-podzolistoy pochvy (mikrotomograficheskiy analiz) [Effect of repeated freezing-thawing on the microstructure of sod-podzolic soil peds (microtomographic analysis)] // Pochvovedeniye. 2018; 2: 187–196. (In Rus.)
7. Fokin A.D., Torshin S.P., Kaupenyokhann M. Formirovaniye pervichnykh gradiyentov kontsentratsiy ^{137}Cs v pochvakh na agregatnom urovne [Formation of primary gradients of ^{137}Cs concentrations in soils at the ped level] // Pochvovedeniye. 2003; 8: 921–928. (In Rus.)
8. Fokin A.D., Torshin S.P. Metod issledovaniya destruktсии pochvennykh makroagregatov po samopogloshcheniyu b-izlucheniya ^{137}Cs [Method for studying the destruction of soil macro-peds by self-absorption of ^{137}Cs β -radiation] // Pochvovedeniye. 2013; 4: 426–433. (In Rus.)

Гусев Дмитрий Владимирович – зав. учебной лабораторией кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: dmitryvlad@inbox.ru.

Фокин Алексей Дмитриевич – д.б.н., проф., кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

Гусева Юлия Евгеньевна – к.б.н., ст. преподаватель кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: uguseva@timacad.ru.

Торшин Сергей Порфирьевич – д.б.н., проф., зав. кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

Dmitriy V. Gusev – Head of Study Laboratory, the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: dmitryvlad@inbox.ru.

Aleksei D. Fokin – DSc (Bio), Professor, the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

Yuliya Ye. Guseva – PhD (Bio), Senior Lecturer, the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: uguseva@timacad.ru.

Sergey P. Torshin – DSc (Bio), Professor, Head of the Department of Agrochemistry, Biochemistry, and Radiology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7-499-976-40-24; e-mail: sptorshin@rambler.ru.

НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ ТРЕТЬЯКОВ –
ИСТИННЫЙ ПАТРИОТ ТИМИРЯЗЕВКИ...

к 90-летию со дня рождения члена-корреспондента РАСХН и РАН,
профессора Н.Н. Третьякова

Прошло три года, когда в мае 2017 года ушел из жизни Николай Николаевич Третьяков. Наш университет потерял истинного своего патриота, выпускника и отзывчивого воспитателя, ученого и потрясающего педагога, члена-корреспондента РАСХН (1993) и РАН (2013), доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, почетного члена Общества физиологов растений России. О его незаурядных способностях и гранях таланта, стойкой и принципиальной жизненной позиции ещё будет сказано немало добрых и справедливых слов. Профессор Н.Н. Третьяков принадлежал к тому поколению ученых-timiразевцев, которое еще захватило тот нестигаемый творческий и в то же время корпоративный дух ученых старших возрастов Тимирязевки.

Это поколение училось и подражало своим великим учителям, прославившим альма-матер на весь мир и снискавших славу и величие ведущей и старейшей агрономической высшей школы России. Н.Н. Третьяков из первых уст слушал лекции выдающихся ученых и перенимал у них положительное и оригинальное, чтобы достойно продолжать традиции Тимирязевки в будущем. Он был одним из немногих в вузе, кто взял на себя большой и трудный груз ответственности по преумножению этих традиций и всегда выполнял в своей деятельности все заветы старшего поколения ученых-timiразевцев.

Н.Н. Третьяков родился 24 ноября 1930 года в Москве в интеллигентной семье сотрудников зоотехнического института, выпускников Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева. Это явилось решающим аргументом в выборе жизненного пути молодого человека. Он поступает в Тимирязевку и после её окончания с отличием в 1953 году продолжает обучение в аспирантуре на кафедре растениеводства, которую в то время возглавлял академик ВАСХНИЛ, профессор И.В. Якушкин. В тот период на кафедре была творческая атмосфера и молодой исследователь как губка впитывал всё услышанное и увиденное: под руководством своего научного руководителя доцента И.С. Шатилова успешно защитил в 1957 году кандидатскую диссертацию по теме «Некоторые вопросы биологии и агротехники кукурузы в условиях Московской области».

В 1957 году он стал работать во ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса, вначале младшим, затем старшим научным сотрудником, заведующим отделом, заместителем директора по научной работе и руководству экспериментальными хозяйствами, таким образом пройдя все ступени в научной иерархии Всесоюзного научно-исследовательского института. Это позволило ему приобрести полномасштабный научный и практический опыт исследователя.

Но мечты об альма-матер не покидали его, и в 1967 году Николай Николаевич переходит на работу в родную для него Тимирязевку. Он работает доцентом, заместителем заведующего и профессором кафедры растениеводства. В 1970 году

в сорокалетнем возрасте успешно защищает под руководством своего научного руководителя профессора И.С. Шатилова докторскую диссертацию по теме: «Биологические основы агротехники кукурузы в Центральных районах Нечерноземной зоны».

В 1976 году по рекомендации известного ученого, профессора И.И. Гунара, Николай Николаевич Третьяков возглавил одну из фундаментальных кафедр вуза – кафедру физиологии растений, которой заведовал более четверти века – до 2002 года, затем работал профессором этой кафедры. В период 1973–1978 гг. являлся секретарем парткома МСХА имени К.А. Тимирязева, 1983–1988 гг. – деканом агрономического факультета вуза.

За эти годы он стал одним из авторитетных и продвинутых профессоров Тимирязевки с широким научным кругозором, масштабной личностью, уважаемым в аграрном научно-образовательном сообществе учёным. Он одновременно сочетал в себе способности крупного ученого-биолога широкого профиля, блестящего педагога, организатора и отзывчивого воспитателя.

Профессор Н.Н. Третьяков внес большой вклад в разработку проблем общей и частной физиологии растений, адаптивного растениеводства и кормопроизводства. В результате многолетних и многоплановых исследований во ВНИИ кормов и МСХА лично им и под его научным руководством были установлены новые факты фундаментального значения по физиологическим особенностям генотипов кукурузы и ряда других сельскохозяйственных культур, фотосинтетическому и дыхательному газообмену растений и посевов, биоэлектрической активности растений и электростимуляции процессов регенерации в культуре изолированных тканей и органов, адаптации растений к неблагоприятным условиям среды. Н.Н. Третьяков оказал возможность использования физиологически активных веществ для повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к стрессорам.

Принимал активное личное участие в разработке эффективных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, агротехнических мероприятий, ослабляющих отрицательное действие неблагоприятных условий, методов селекции сортов и гибридов с заданными физиолого-биохимическими и хозяйственно ценными свойствами. Под его научным руководством был выполнен цикл оригинальных исследований по физиологии корневой системы, особенностям поглощения, ассимиляции и реутилизации азота и других элементов питания в онтогенезе растений, водному обмену растений в условиях недостатка и избытка влаги.

В традициях школы физиологов Тимирязевки им были осуществлены экспериментальные работы по изучению путей саморегуляции и регуляции физиологических процессов на организменном и ценотическом уровнях, донорно-акцепторным отношениям между отдельными частями растений в онтогенезе, вкладу вегетативных органов растений в белковый комплекс зерна в различных условиях формирования урожая и при коррекции с использованием физиологически активных соединений.

Важной областью научных интересов Николая Николаевича было исследование физиологии устойчивости. Наряду с изучением ответных реакций разных генотипов сельскохозяйственных растений на изменение экологических факторов среды проводились работы по исследованию биоэлектрической активности растений и использованию методов электрофизиологии в диагностике функционального состояния растений. Практические предложения касались электростимуляции продукционного процесса овощных культур в условиях защищенного грунта, повышения устойчивости растений под воздействием электрических полей и регуляции процессов регенерации в культуре изолированных тканей и органов с целью получения оздоровленного посадочного материала при клональном микроразмножении картофеля и плодово-ягодных культур. Были получены новые данные о механизмах адаптации растений к неблагоприятным абиотическим факторам среды, методам выявления их адаптивного потенциала,

физиологическим основам использования регуляторов роста и антистрессовых препаратов для повышения продуктивности и устойчивости растений, более полной реализации генетического потенциала в реальных производственных условиях.

Особое внимание в работах Н.Н. Третьякова уделено использованию новых подходов и методов исследования физиологических процессов, в т.ч. для диагностики комплексной устойчивости и продуктивности растений при отклонении от оптимума условий водного, пищевого и светового режимов, агрофизических показателей почвы (плотность, твердость, «сила почвы»), полегании посевов в модельных и полевых опытах. Результаты исследований имеют большое значение для создания общей теории устойчивости сельскохозяйственных культур, для селекционной практики, разработки «моделей» сортов и физиологического паспорта сорта, передаваемого в сортоиспытание и производство. Эти исследования, как правило, выполнялись в сотрудничестве с учеными ВИУА, РУДН, ИФР, НИИСХНЗ, ВНИИСХБ, ВИР, в т.ч. по программе «Интеграция». По их результатам было получено 9 авторских свидетельств.

Исследования Н.Н. Третьякова вносят существенный вклад в разработку теоретических основ создания эффективных технологий выращивания ряда сельскохозяйственных культур, прогноза и программирования урожая и его качества, разработки агротехнических приемов, ослабляющих действие неблагоприятных условий среды и способствующих стабилизации производства растениеводческой продукции, селекции сортов и гибридов с заданными физиолого-биохимическими и хозяйственными свойствами, отличающихся комплексной устойчивостью к преобладающим в регионе стрессам.

За большой вклад в сельскохозяйственную науку Н.Н. Третьяков в 1993 году был избран член-корреспондентом РАСХН по отделению растениеводства.

Хорошее знание практического сельского хозяйства и большой научный кругозор позволил профессору Н.Н. Третьякову тесно увязывать преподавание теоретического курса физиологии растений в МСХА имени К.А. Тимирязева с требованиями других агрономических дисциплин и реальным сельскохозяйственным производством.

При его участии составлены программы курса «Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений», изданы учебники, учебно-методические пособия (67 наименований). Н.Н. Третьяков проводил большую работу по повышению квалификации преподавательского корпуса сельхозвузов России и ближнего зарубежья, научных сотрудников НИИ РАСХН. Как базовая в системе МСХ Российской Федерации кафедра физиологии растений проводила межвузовские конференции по теме «Совершенствование преподавания физиологии растений и повышение эффективности исследований физиологов в сельскохозяйственных вузах» (1991, 1993, 1994, 1997, 1999, 2001 гг.), организовывала работу секций «Частная физиология» и «Совершенствование преподавания» в рамках съездов физиологов России. Без преувеличения можно сказать, что имя Н.Н. Третьякова хорошо известно нескольким поколениям преподавателей физиологии растений вузов страны и ближнего зарубежья.

К сожалению, в настоящее время такого отношения к учебному процессу мы не наблюдаем у большинства кафедр РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Профессор Н.Н. Третьяков, работая заведующим кафедрой, проводил большую организационную работу по капитальному обновлению кафедры и лаборатории искусственного климата, модернизации парка научно-исследовательских приборов и развитию базы экспериментальных исследований и лабораторного практикума.

Характерной чертой профессора Н.Н. Третьякова как ученого и экспериментатора являлось стремление видеть в фундаментальных исследованиях возможность практических выходов, и здесь он следовал лучшим традициям научных школ отечественных ученых сельскохозяйственной науки. Одним из ярких примеров такого подхода стала организация и проведение под его руководством в академии

в 1976–1991 гг. на базе совхоза «Вороново» Подольского района Московской области комплексных исследований по разработке научных основ развития кормовой базы животноводства, объединивших усилия 13 кафедр агрономического, агрохимического, зоотехнического и экономического факультетов и показавших высокую эффективность таких научных комплексов. Результаты проведенных исследований не потеряли актуальности и в настоящее время.

Работы Н.Н. Третьякова хорошо известны ученым и практикам, неоднократно докладывались на научных конференциях, совещаниях, организованных ВАСХНИЛ и РАСХН, в т.ч. на секции физиологии и биотехнологии отделения растениеводства, съездах физиологов СССР и России, за рубежом. Н.Н. Третьяков неоднократно выезжал за рубеж в рамках научно-технического сотрудничества и для чтения лекций. Им создана научная школа, под его руководством прошли аспирантскую подготовку и защитили диссертации 42 специалиста, в т.ч. 12 граждан стран ближнего и дальнего зарубежья (Азербайджан, Узбекистан, Болгария, Египет, Бангладеш, Китай, Буркина Фасо, Кения), подготовлено 5 докторов биологических и сельскохозяйственных наук. Всего профессором Н.Н. Третьяковым опубликовано свыше 400 научных работ.

Под редакцией Н.Н. Третьякова изданы учебники по агрономии и физиологии растений для аграрных вузов, техникумов и профессионально-технических училищ, некоторые из них выдержали несколько изданий («Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений» (1998, 2000, 1995 2005 гг.), «Практикум по физиологии растений» (1982, 1997, 2003 гг.), «Основы агрономии» (1977, 2004, 2006 гг.), «Агрономия» (2004 г.). Он также соавтор ряда базовых учебников «Растениеводство» (1975, 1979, 1986) для вузов и техникумов, подготовленных кафедрой растениеводства (под ред. П.П. Вавилова).

Работая секретарем парткома вуза, деканом агрономического факультета, выполняя обязанности председателя диссертационного докторского совета на протяжении многих лет профессор Н.Н. Третьяков особо ярко проявлял в своей деятельности талант чуткого воспитателя студенческой молодежи, аспирантов и молодых исследователей. Ни одна просьба молодежи не оставалась без внимания. Особенно плодотворно и внимательно он помогал в советское время комитету комсомола Тимирязевки. Не одно поколение членов комитета комсомола и студенческой молодежи того времени помнят его как отзывчивого и чуткого наставника.

Много энергии профессор Н.Н. Третьяков отдавал общественной работе в университете и особенно научно-педагогической аттестации кадров. Он являлся членом бюро отделения растениеводства ВАСХНИЛ и РАСХН (1985–2002 гг.), заместителем председателя секции «Биотехнология, физиология и биохимия», членом президиума Общества физиологов России и представителем секции «Прикладная и частная физиология» этого общества, членом научного совета РАН по физиологии растений и фотосинтезу, представителем (до 2002 г.) и членом комиссии по науке Ученого совета РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, председателем (до 2007 г.) и членом докторского Диссертационного совета Д 220.043.08 (физиология и биохимия растений, ботаника), членом Диссертационного совета агрономического факультета по специальностям земледелие, растениеводство, технология переработки сельскохозяйственных продуктов, диссертационного Совета Российского университета Дружбы народов. Н.Н. Третьяков являлся членом ученого совета РГАУ-МСХА, членом редколлегии журнала «Известия ТСХА». За многолетнюю научно-производственную, учебно-воспитательную работу профессор Н.Н. Третьяков награжден орденом «Знак почета» (1981 г.), медалями: «За доблестный труд» (1970), «Ветеран труда» (1985), «В память 850-летия Москвы» (1997), ВДНХ (1979, 1980, 1991). В 1995 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации»,

он был награжден нагрудным знаком Министерства высшего образования СССР «За отличные успехи в работе» (1985), золотой медалью Краковской академии (1977), знаком «За особые заслуги в области подготовки и повышения квалификации граждан ГДР в университетах и вузах СССР» (1979), грамотами МСХ СССР и РФ, ВАСХНИЛ и РАСХН, Государственной Думы Федерального собрания Российской Федерации.

Профессор Н.Н. Третьяков был неравнодушным человеком и ученым. Он с любовью в сердце воспринимал трудные периоды в жизни альма-матер. Но умел также поддержать и радоваться её успехам. Автор этих строк часто советовался и встречался с ним, причем по его инициативе. Его советы всегда были реальными и своевременными.

В настоящее время могу с уверенностью сказать, что Николай Николаевич Третьяков был в числе немногих профессоров, кому были не безразличны дела в Тимирязевке. С 2002 по 2013 год он трижды обращался письменно ко мне как к ректору с конкретными предложениями по улучшению деятельности академии. В качестве примера дословно привожу одну из трех записок, с которой он обращался ко мне 12 декабря 2005 года:

Уважаемый Владимир Моисеевич!

Решил очередной раз побеспокоить Вас информацией о личном впечатлении от организованных и проведенных Вами юбилейных торжеств по случаю 140-летия нашей академии. Юбилейные мероприятия проведены блестяще, подняли престиж академии как лидера высшей сельскохозяйственной школы в глазах отечественной и международной общественности, дали академии и её руководству право ставить вопросы развития высшего сельскохозяйственного образования, вопросы развития агрокомплекса перед правительством и другими федеральными органами от имени вузовского сообщества. Вы как ректор прекрасно выполнили роль лидера и заслужили благодарность коллектива академии. В Вашем докладе и в выступлениях участников был высказан ряд оценок состояния и проблем, стоящих перед академией. Действительно, необходимо критически оценить свою работу, определить задачи на будущее, сделать всё, чтобы подтвердить свой рейтинг, удержаться на столь высокой планке общественного мнения.

Под впечатлением от всего увиденного и услышанного в дни юбилейных торжеств нашей академии, оценок и пожеланий официальных и неофициальных лиц решил назвать ряд предложений по повышению качества образовательного процесса и эффективности научно-исследовательской работы.

Составными частями учебного процесса в вузе являются: воспитательная работа, учебная работа, научно-исследовательская работа. Каждое из названных направлений требует осмысливания, согласования и обсуждения, планирования, организации исполнения и контроля за ходом этой работы. Необходимо учесть колоссальный опыт работы нашей академии, опыт, особенно современный, других вузов, определить приоритетные направления, расставить акценты.

Воспитательная работа. Это самое главное и трудное в работе вуза. Какие качества личности студента воспитывает вуз? Это – духовность, интеллигентность, требовательность к себе и окружающим, активная жизненная позиция, ответственность перед коллективом и обществом, стремление к совершенству, интеллектуальность и, конечно, патриотизм. Это постоянная тема и головная боль коллектива академии. Проведенные в академии юбилейные торжества должны дать хороший старт воспитательной работе как студентов, так и преподавательского корпуса. Важно, чтобы эта работа проводилась искренно, без актерства и позирования, фальши. Молодые люди, а тем более старшие, чувствуют ложь и фальшь

происходящего вокруг. Надо искать среди студентов, аспирантов и преподавателей лиц, имеющих право, личные качества для проведения в стенах вуза воспитательной работы, неформальных лидеров. Каждый руководитель и преподаватель в вузе должен выполнять воспитательную работу в соответствии с занимаемой должностью.

Учебная работа предполагает приобретение студентом необходимых для профессиональной работы в будущем знаний, умений и навыков. Особенностью высшего образования СССР и пока и в России является его фундаментальность, изучение и приобретение знаний, значительной информации по дисциплинам гуманитарного, естественно-научного и технологического циклов. Это выгодно отличает наших специалистов от зарубежных, позволяет адаптироваться выпускнику МСХА к самым разнообразным участкам профессиональной деятельности, к рыночным условиям. Важнейшей проблемой в оптимизации учебного процесса в академии является определение учебных дисциплин, логическая последовательность при их изучении, минимализация повторов в информации, объем и соотношение лекционной, лабораторно-практической и практической частями курсов. Необходимо постоянно обеспечивать обновление информации, переносить значительную часть курса на внеаудиторные часы учебного процесса. В академии давно фронтально не проводилась такая работа. В своё время опыт такой работы был у агрономического факультета (взаимная, между кафедрами, корректировка программ и содержания курсов, практические занятия, комплексные сквозные проекты и др.). Я передал в ректорат папку с такими материалами работы кафедры физиологии растений, материалы по организации учебных и производственных практик агрономического факультета в учхозе «Михайловское».

В период переходной экономики практически разрушена четкая система практического обучения студентов академии, позволявшая будущему специалисту приобрести опыт и навыки выполнения всех операций и видов работ, связанных с профессиональными обязанностями специалистов (ученый агроном, ученый экономист и др.). Огромной утратой является потеря академией учхоза «Михайловское», снижение эффективности учебного процесса в других учхозах. Мне кажется, что необходимо возродить в рамках нашего образовательного центра роль учхозов как примера, модели для решения экономических и социальных проблем села, необходимо разработать программу возрождения учхозов и убедить федеральное и региональное руководство в необходимости обеспечить финансирование этих программ и планов. Многие годы учхозы были не только блестящей базой учебного процесса, но и базой для внедрения, демонстрации производственникам новейших достижений аграрной науки. Конечно, все это должно быть сделано в соответствии с реалиями существующих условий и рыночной экономики.

Научно-исследовательская работа – важнейшая составляющая вузовской работы, обязательная как для преподавателя, так и студента, требует совершенствования, более четкой организации и контроля, обеспечения исследовательского процесса финансированием, материальными и техническими средствами за счет федерального бюджета, внебюджетных источников академии, внешних грантов и др. Как и на что использовать научно-исследовательский потенциал академии и финансовые средства? Прежде всего необходимо определить приоритетные проблемы, цели и задачи научно-исследовательской работы. Академия по своему кадровому составу, месту в системе аграрного образования и как столичный вуз имеет уникальные возможности и право организовать комплексные исследования по важнейшим научным проблемам аграрного комплекса России, Московской области, Москвы по вопросам, выдвигаемым федеральными и региональными структурами и организациями, руководителями крупных хозяйственных комплексов. Много важного и интересного было высказано на юбилейных торжествах. Что предпринять? Мне кажется, необходимо

провести инвентаризацию всех достижений МСХА, имеющих теоретическое и прикладное значение, издать сборники рекомендаций, обеспечить их рекламу, а, главное, создать ситуацию для завершения исследований и включения в технологические системы. Кафедры академии имеют много предложений и разработок, которые могут быть переданы для внедрения (освоения) в сельскохозяйственном производстве.

Академия имеет опыт проведения крупных комплексных научно-исследовательских проектов, объединявших для их выполнения многие кафедры разных факультетов (Орошаемые культурные пастбища в Подмоскowie, Кормовая база крупных животноводческих комплексов на примере «Вороново» и др.). Можно продолжать эту практику по проблемам, выдвигаемым современным с.-х. производством, организовать комплексные исследования. Здесь требуется инициатива ведущих ученых академии, кафедр, поддержка и организация комплексной тематики со стороны факультетов и ректората. Академия имеет ряд многолетних стационарных опытов (полей, насаждений, садов, теплиц), экспериментальных групп животных и птицы, которые требуют участия в их проведении специалистов нескольких кафедр. К сожалению, эти возможности в академии не реализуются.

По названным направлениям образовательного процесса следует поднять роль комиссий Ученого Совета, проводить обсуждение принципиальных вопросов развития академии с их участием, это безусловно улучшит качество принимаемых документов и выполнение принятых решений.

Завершая это обращение к Вам, прошу и далее уделять особое внимание завершению реконструкции лаборатории искусственного климата, в которой можно будет организовывать комплексные исследования по светокультуре растений, проблемам устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам среды, проблемам экологии, разработке методов диагностики и оценки селекционного материала, в т.ч. полученного методами генной инженерии, полевых, овощных и плодовых культур и др. вопросам. Эта лаборатория будет служить академии многие годы и обеспечит выполнение не только прикладных, но фундаментальных исследований.

С глубоким уважением Н.Н. Третьяков

12 декабря 2005 г.

Читая и осмысливая каждое предложение в этой записке, однозначно делаешь вывод о масштабности личности профессора Н.Н. Третьякова, о его любви к Тимирязевке, его активной жизненной позиции и помыслах о будущем развитии альма-матер. По сути, эта записка является существенным фрагментом развития в будущем Тимирязевки, который понятен каждому ученому, преподавателю, сотруднику и студенту вуза. Многие из предложений в этих трех записках профессора Н.Н. Третьякова вошли в мой программный документ «Основные приоритетные положения концепции развития Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева на период 2003–2013 годов», то есть на два срока деятельности ректора. И большая заслуга в том, что этот документ был реализован на 90%, принадлежит профессору Н.Н. Третьякову, истинному патриоту Тимирязевки.

Профессор Н.Н. Третьяков обладал многими положительными человеческими качествами, некоторые из них мы уже отмечали. Но одну черту хотелось бы подчеркнуть особо. При внешне доброжелательном и открытом виде он был мужественным человеком. Никогда не изменял своим жизненным принципам и убеждениям, стараясь им не изменять ни при каких обстоятельствах в течение всей жизни. Каким он был в молодые годы, точно таким же оставался уже маститым профессором. Трудно переживал трагическую потерю сына. Только мужественный человек может такое

перенести и выдержать. Но эта потеря близкого и родного человека, безусловно, подкосила его и ускорила уход из жизни.

Как стремительно и неумолимо летит время вперед. Вот уже 3 года, как нет с нами этого выдающегося тимирязевца. Но его научное наследие, принципиальные жизненные установки являются для всех нас примером и живут в его учениках, коллегам и единомышленникам. И лучшей памятью об этом человеке, ученом, педагоге и воспитателе будет, если в год 90-летия со дня рождения профессора Н.Н. Третьякова научная и педагогическая общественность, молодежь и студенты за заслуги перед Тимирязевкой установят на 12 корпусе университета памятную мемориальную доску в его честь. Как показала его земная жизнь, он этого вполне заслужил.

Библиографический список

1. Платонов И.Г., Тараканов И.Г., Кондратьев М.Н. / К 80-летию профессора Н.Н. Третьякова / Известия ТСХА, – 2010. – № 6, – С. 173–176.
2. Ученый, педагог, воспитатель (к 75-летию Н.Н. Третьякова) / Известия ТСХА, 2005, – № 4. – С. 154–155.
3. Основы агрономии. Учебник / Под редакцией профессора Н.Н. Третьякова. М.: Изд-во РГАУ-МСХА. – 2008. – 360 с.
4. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. Учебник / Под редакцией профессора Н.Н. Третьякова. 2-е изд. М.: КолосС, 2005. – 657 с.

NIKOLAI NIKOLAEVICH TRETYAKOV –
A TRUE PATRIOT OF TIMIRYAZEVKA ...

To the 90th birthday of Professor N.N. Tretyakov, Corresponding Member of RAAS and RAS

References

1. Platonov I.G., Tarakanov I.G., Kondrat'yev M.N. / K 80-letiyu professora N.N. Tret'yakova [To the 80th anniversary of Professor N.N. Tretyakov] / Izvestiya TSKHA, – 2010; 6: 173–176. (In Rus.)
2. Uchenyy, pedagog, vospitatel' (k 75-letiyu N.N. Tret'yakova) [Scientist, teacher, educator (to the 75th anniversary of N.N. Tretyakov)] / Izvestiya TSKHA, 2005; 4: 154–155. (In Rus.)
3. Osnovy agronomii. Uchebnik [Basics of agronomy. / Ed. by Prof. N.N. Tret'yakov. M.: Izd-vo RGAU-MSKHA. – 2008: 360. (In Rus.)
4. Fiziologiya i biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy. Uchebnik [Physiology and biochemistry of agricultural plants. Study manual] / Ed. by Prof. N.N. Tret'yakov. 2nd ed. M.: KolosS, 2005: 657. (In Rus.)

Баутин Владимир Моисеевич, д.э.н., профессор, академик РАН, научный руководитель Института экономики и управления АПК РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: +7-499-976-43-14; e-mail: vmbautin@rgau-msha.ru.

Vladimir M. Bautin, DSc (Econ), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academic Supervisor of the Institute of Farm Economics and Management, Russian Timiryazev State Agrarian University, phone: +7-499-976-43-14; e-mail: vmbautin@rgau-msha.ru.

ИГОРЬ ИОГАНОВИЧ ГРАНДБЕРГ (1930–2011)

К 90-летию со дня рождения



Заслуженный деятель науки РФ, доктор химических наук, профессор Игорь Иоганович Грандберг – выдающийся учёный в области органической химии.

Игорь Иоганович Грандберг родился 19 февраля 1930 года в Москве в семье рабочих. После окончания школы № 425 поступил на химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Закончив обучение с «красным дипломом» в 1953 г., он спустя два с половиной года (1956 г.) защитил под руководством А.Н. Коста кандидатскую диссертацию «Некоторые реакции азинов». Посвятив свою научную деятельность органической химии, в частности, химии гетероциклических соединений, И.И. Грандберг уже через 6 лет блестяще защищает в МГУ докторскую диссертацию «Исследования пиразолов». Результаты этой фундаментальной работы внесли принципиально новый вклад в химию азотсодержащих гетероциклических соединений и были опубликованы в престижном журнале (Kost A.N., Grandberg I.I., *Progress in pyrazole chemistry*, *Adv. Heterocycl. Chem.*, **6**, 347 (1966)). Научное сообщество признало И.И. Грандберга ведущим учёным в области химии пиразола в XX веке, наряду с А.Н. Костом (Россия) и К. Ауэрсом (Германия) (Ведущие учёные 20 века в области химии пиразола. 2009. Universidad de Oviedo).

В 1965 году молодого доктора наук пригласили в Московскую сельскохозяйственную академию имени К.А. Тимирязева возглавить кафедру органической химии (должность оказалась вакантной в связи со скоропостижной смертью профессора В.В. Вильямса). С тех пор вся жизнь и научно-педагогическая деятельность И.И. Грандберга были связаны с Академией. Он руководил кафедрой 30 лет, с 1995 г. продолжал трудиться на ней до своей кончины в 2011 г.

Исследования И.И. Грандберга, несомненно, способствовали развитию химии гетероциклических соединений. Помогал его сложившийся творческий почерк – строгая логика в решении синтетических проблем, стремление выяснить механизм химической реакции, сочетание теории и практики – такой подход к научному поиску присущ всем работам И.И. Грандберга, был определяющим в работах его учеников.

На кафедре органической химии МСХА И.И. Грандберг открыл новый одностадийный синтез триптаминов – важнейших производных индола (Грандберг И.И.,

Зуянова Т.И., Афонина Н.И., Иванова Т.А., ДАН, **176**, 583 (1967). С помощью этой реакции удалось получить новые биологически активные производные триптамина, в том числе азатриптамины, гомотриптамины, физовенины, эзеролины, триптофолы и гомотриптофолы, эзерины и гомоэзерины (Грандберг И.И., ЖОрХ, **19**, 2439 (1983); Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов под ред. В.Г. Карцева, т. 1, с. 79, IBS PRESS, 2003). Обобщив данные по изучению механизма этой реакции, И.И. Грандберг высказал предположение (Изв. ТСХА, вып. 5, 188 (1972), что ключевые стадии реакций Фишера (синтез индолов) и образования триптамина протекают по единому механизму [3, 3]-сигматропного сдвига. Гипотеза впоследствии была экспериментально подтверждена и оказалась весьма плодотворной, поскольку позволила предсказать, объяснить и осуществить ряд реакций (Грандберг И.И., Сорокин В.И., Успехи химии, № 2, 266, (1974); Пржевальский Н.М., Костромина Л.Ю., Грандберг И.И., там же, **56**, № 5, 814 (1987); Пржевальский Н.М., Грандберг И.И., ХГС, **7**, 867 (1988).

Под руководством и при участии И.И. Грандберга были решены ряд прикладных задач для различных отраслей народного хозяйства. Для химической и нефтехимической промышленности разработан перспективный метод очистки сернистых щелоков от вредных органических примесей – фенолов и меркаптанов (Пржевальский Н.М., Грандберг И.И., Либин А.Л., Изв. ТСХА, вып. 2, 198; вып. 3, 201 (1975). В конце 80-х-середине 90-х годов сотрудниками кафедры под руководством профессора И.И. Грандберга был изучен процесс фотохимической деградации ряда пестицидов, широко используемых в сельскохозяйственной практике (триклопир, базагран, фюзилад, лонтрел и др. (Brodsky E.S., Kluev N.A., Bocharov B.V., Dovgilevich A.V., Melnikova N.P., Grandberg I.I., Toxicolog. & Environmental chem., **34**, 105, (1992), разработан новый метод анализа состава эфирных масел (Zamureenko V.A., Kluev N.A., Dmitriev L.B., Grandberg I.I., Journal of Chromatography, **303**, № 1, 109 (1984).

Заметным достижением в области органической химии оказались фундаментальные исследования по синтезу и спектрально-люминисцентным свойствам производных 7-аминокумаринов (Горожанкин С.К., Кирпичёнок М.А., Грандберг И.И., ХГС, 1326 (1990). В результате были найдены новые соединения, имеющие КПД генерации лазерного излучения не менее 20% (45 веществ), лазерные среды на основе 3-замещённых-7-аминокумаринов показали рекордные характеристики по КПД или фотостабильности (Кирпичёнок М.А., Горожанкин С.К., Грандберг И.И. Авт. свидетельство (СССР). 1990. № 1617900 (не подлежит опубликованию в открытой печати).

Обнаруженная необычная перегруппировка арилиндолов в дибензоазепины – важный класс биологически активных соединений (Tokmakov G.P., Grandberg I.I., Tetrahedron, **5**, № 7, 2091, (1990), стала важным вкладом в химию гетероциклов.

В начале XXI в. был разработан оригинальный синтез новых конденсированных гетероциклических систем на основе amino- и оксипиразолов и β-дикарбонильных соединений (Грандберг И.И., Нам Н.Л., Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов под ред. В.Г. Карцева, т. 2, с. 288, IBS PRESS, 2003).

Педагогический талант профессора И.И. Грандберга ярко проявился при написании учебника и практикума. Учебник «Органическая химия» (1974 г.) и практикум «Органическая химия. Практические работы и семинарские занятия» (1973 г.) неоднократно переиздавались и используются в качестве базовых для подготовки специалистов по сельскохозяйственным, биологическим и медицинским специальностям. В 2019 г. вышло в свет 10-е издание учебника в соавторстве с доцентом Н.Л. Нам.

Кафедра органической химии (в настоящее время Отделение органической химии в объединённой кафедре химии) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева имеет устойчивую научную репутацию и традиции, сохраняет преемственность поколений

при подготовке кадров высокой квалификации для агропромышленного комплекса и химической науки. Это позволяет уверенно говорить о научной школе органической химии профессора И.И. Грандберга. Его работы имеют фундаментальное значение для ряда разделов химии гетероциклических соединений. «Реакция Грандберга» – блестящее достижение школы, признание её заслуг мировым химическим сообществом.

По результатам научных исследований Игорь Иоганович Грандберг опубликовал более 500 работ, получил 61 авторское свидетельство на изобретения. Циклы работ профессора И.И. Грандберга дважды удостаивались первых премий на конкурсах, проводимых Всесоюзным химическим обществом имени Д.И. Менделеева (1961 г., «Синтетические исследования и изыскание новых лекарственных препаратов в ряду пиразолов»; 1972 г., «Исследования в области важнейших биогенных аминов индольного ряда»). В 2006 году профессор И.И. Грандберг был награждён медалью имени профессора А.Н. Коста за выдающиеся достижения в области химии азотсодержащих гетероциклов. В 1995 г. ему было присвоено звание «Заслуженный деятель науки РФ». В 2010 г. Учёный совет РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева наградил И.И. Грандберга медалью имени Климента Аркадьевича Тимирязева «За большой личный вклад в развитие аграрной науки и образования». В 2016 г. в серии «Выдающиеся учёные, выпускники, профессора РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» была опубликована монография (биобиблиография) «Игорь Иоганович Грандберг».

Под руководством И.И. Грандберга более 40 аспирантов и сотрудников защитили кандидатские диссертации. Как руководитель коллектива и научный консультант он оказал существенную помощь в выполнении и защите 5 докторских диссертаций. Многие ученики научной школы органической химии профессора И.И. Грандберга работают в исследовательских и учебных учреждениях, лабораториях, фирмах.

IGOR IOGANOVICH GRANDBERG (1930–2011)

On the 90th anniversary of the scientist

Пржевальский Николай Михайлович, д.х.н., профессор кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: +7-499-976-16-39, e-mail: przhevalski@rgau-msha.ru.

Nikolay M. Przhevalskiy, DSc (Chem), Professor of the Department of Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University, phone: +7-499-976-16-39, e-mail: przhevalski@rgau-msha.ru.