

ISSN 0021-342X

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

5

сентябрь – октябрь

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2016

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР — д. с.-х. н., проф.,
акад. РАН **В.М. Лукомец**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
д. э. н., проф., засл. деятель науки РФ **А.В. Голубев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д. э. н., проф., академик РАН **В.М. Баутин**, д. с.-х. н., проф. **С.Л. Белопухов**,
к. с.-х. н. **М.Е. Бельшкينا**, к. с.-х. н. **Е.В. Березовский**, проф. **R. Valentini** (Италия),
д. б. н., проф. **И.И. Васнев**, д. э. н., проф. **Р.С. Гайсин**, д. с.-х. н., проф. **С.А. Грикшас**,
проф. **W. Gerd** (Германия), д. б. н., проф. **Ф.С. Джалилов**, к. с.-х. н. **А.А. Дручек**,
д. с.-х. н., проф., академик РАН **Н.Н. Дубенок**, д. в. н., проф. **Г.П. Дюльгер**,
д. э. н., проф., чл.-корр. РАН **А.П. Зинченко**, д. б. н., проф. **А.А. Иванов**,
д. с.-х. н., проф. **А.В. Исачкин**, д. б. н., проф., академик РАН **В.И. Кирюшин**,
д. с.-х. н., проф. **Н.Н. Лазарев**, к. фил. н., доц. **В.И. Марковская**,
д. б. н., проф., академик НАНУ и НААНУ **Д.А. Мельничук** (Украина),
к. с.-х. н. **Г.Ф. Монахос**, д. б. н., проф. **В.Д. Наумов**, д. т. н., проф.,
академик РАН **В.А. Панфилов**, д. б. н., проф. **С.Я. Попов**, д. х. н., проф. **Н.М. Пржевальский**,
д. с.-х. н., проф. **А.К. Раджабов**, д. с.-х. н., проф. **Г.В. Родионов**, к. б. н., доц. **В.С. Рубец**,
д. э. н., доц. **Н.М. Светлов**, к. б. н., доц. **О.В. Селицкая**, к. соц. н. **Н.А. Смоленинова**,
д. б. н., проф. **А.А. Соловьев**, д. б. н., проф. **И.Г. Тараканов**, д. б. н., проф. **С.П. Торшин**,
к. с.-х. н., доц. **Р.Р. Усманов**, д. б. н., проф. **Л.И. Хрусталева**,
д. с.-х. н., проф. **С.Н. Харитонов**, д. с.-х. н., проф. **В.А. Черников**,
д. т. н., проф. **И.Н. Шило** (Беларусь), д. с.-х. н., проф. **А.С. Шуварилов**,
д. с.-х. н., проф. **Ю.А. Юлдашбаев**, д. с.-х. н., доц. **Г.Г. Юсупова**

Научный редактор — **М.Е. Бельшкينا**
Редактор — **В.И. Марковская**
Компьютерная верстка — **А.С. Лаврова**
Перевод на английский язык — **М.А. Конева**

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 публикации в журнале
«Известия ТСХА» размещены в Интернете (<http://www.journal.timacad.ru>)

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016
© Издательство РГАУ-МСХА, 2016

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

5

September – October

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2016

EDITOR-IN-CHIEF – Dr. of Agricultural sciences,
Professor, a member of RAS **V.M. Lukomets**

ASSISTANT CHIEF EDITOR: Dr. of Economics, Professor,
Honoured Science Worker of the Russian Federation **A.V. Golubev**

EDITORIAL BOARD

Dr. of Economics, Prof., a member of RAS **V.M. Bautin**, Dr. of Agricultural sciences,
Prof. **S.L. Belopukhov**, PhD in Agricultural sciences **M.E. Belyshkina**,
PhD in Agricultural sciences **E.V. Berezovskiy**, Prof. Dr. **R. Valentini** (Italy),
Dr. of Biology, Prof. **I.I. Vasenev**, Dr. of Economics, Prof. **R.S. Gaysin**,
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **S.A. Grikshas**, Prof. Dr. **W. Gerd** (Germany),
Dr. of Biology, Prof. **F.S. Dzhililov**, PhD in Agricultural sciences **A.A. Druchek**,
Dr. in Agricultural sciences, Prof., a member of RAS **N.N. Dubenok**,
Dr. of Veterinary, Prof. **G.P. Dyulger**, Dr. of Economics, Prof.,
corresponding member of RAS **A.P. Zinchenko**, Dr. of Biology, Prof. **A.A. Ivanov**,
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **A.V. Isachkin**, Dr. of Biology, Professor,
a member of RAS **V.I. Kiryushin**, Dr. of Agricultural sciences, Prof. **N.N. Lazarev**,
PhD in Philological Sciences, Associate Professor **V.I. Markovskaya**,
Dr. of Biology, Prof., a member of NASU and NAASU **D.A. Melnichuk** (Ukraine),
PhD in Agricultural sciences **G.F. Monakhos**, Dr. of Biology, Prof. **V.D. Naumov**,
Dr. of Technical sciences, Prof., a member of RAS **V.A. Panfilov**,
Dr. of Biology, Prof. **S.Ya. Popov**, Dr. of Chemical sciences, Prof. **N.M. Przhevalskiy**,
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **A.K. Radzhabov**, Dr. of Agricultural sciences,
Prof. **G.V. Rodionov**, PhD in Biology, Associate Prof. **V.S. Rubets**,
Dr. of Economics, Associate Prof. **N.M. Svetlov**, PhD in Biology,
Associate Prof. **O.V. Selitskaya**, PhD in Social science **N.A. Smoleninova**,
Dr. of Biology, Prof. **A.A. Soloviev**, Dr. of Biology, Prof. **I.G. Tarakanov**,
Dr. of Biology, Prof. **S.P. Torshin**, PhD in Agricultural sciences,
Associate Prof. **R.R. Usmanov**, Dr. of Biology, Prof. **L.I. Khrustalyova**,
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **S.N. Kharitonov**, Dr. of Agricultural sciences,
Prof. **V.A. Chernikov**, Dr. of Engineering sciences, Prof. **I.N. Shilo** (Republic of Belarus),
Dr. of Agricultural sciences, Prof. **A.S. Shuvarikov**, Dr. of Agricultural sciences,
Prof. **Yu.A. Yuldashbaev**, Dr. of Agricultural sciences, Associate Prof. **G.G. Yusupova**

Responsible for the edition — **M.E. Belyshkina**
Editor — **V.I. Markovskaya**
Computer design and making-up — **A.S. Lavrova**
Translation into English — **M.A. Koneva**

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 (<http://www.journal.timacad.ru>)

No fee is charged from postgraduates for publications

© Federal State Budget Establishment of Higher Education –
Russian Timiryazev State Agrarian University, 2016
© Publishing House of Russian Timiryazev State Agrarian University, 2016

УДК 504.4.054.(470.319)

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ г. МОСКВЫ)**В.А. РАСКАТОВ¹, Л.П. СТЕПАНОВА², Е.В. ЯКОВЛЕВА², А.В. ПИСАРЕВА²¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;²Орловский государственный аграрный университет

В статье рассмотрены вопросы загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами от различных источников антропогенного воздействия. Представлены результаты исследования трансформированных урбаноземов. Дан сравнительный анализ влияния тяжелых металлов в системе «Почва–микроорганизмы». Показано изменение структуры микробиологического комплекса от интенсивности накопления тяжелых металлов в техногенно-измененных почвах.

Исследования физико-химических свойств урбопочв на разной удаленности от автомагистрали Каширское шоссе, г. Москва, и дерново-подзолистой почвы лесопарковой зоны Лосиный остров, г. Москва, убедительно доказывают изменения, происходящие в антропогенно-поверхностно-преобразованных почвах (урбопочвах). Высокая концентрация загрязняющих веществ в урбопочвах вблизи автомагистралей и изменение температуры воздуха и влажности вблизи магистрали приводят к снижению протеолитической, уреазной, каталазной и инвертазной активности. Самыми чувствительными ферментами к воздействию химических токсикантов являются окислительно-восстановительный фермент каталаза и гидролитические ферменты уреазы (фермент азотного обмена) и инвертазы. Доля металлов, извлекаемых из пробы аммонийно-ацетатным буфером с рН = 4,8 убывает для урбаногема вблизи автодороги $Zn-Pb-Cd = Ni-Cu-Cr$; для урбаногема в удаленности 50 м это $Zn-Cd-Cr = Pb-Ni-Cu$, а для урбаногема в наибольшем удалении от автодороги доля металлов убывает в ряду $Zn-Pb-Cd = Cu = Ni-Cr$.

Численность бактерий, использующих минеральные формы азота на КАА, в фоновой почве составила $0,81 \cdot 10^7$ КОЕ/г, что в 1,4-2,8 раза оказалась ниже численности данной группировки в образцах урбопочв, взятых на разном удалении от Каширского шоссе. Показано снижение активности протеазы на 41,45% в сравнении с незагрязненной почвой. С увеличением удаленности от автомагистрали активность ферментов возрастает и достигает до 82,12% в сравнении с незагрязненной почвой. Самое высокое снижение активности ферментов установлено для каталазы 63,6%, инвертазы 54,2% и уреазы 52,56%.

Ключевые слова: урбаноземы, тяжелые металлы, загрязнение, микробиологический комплекс, техногенно-трансформированные почвы.

Введение. Одной из наименее решенных проблем до настоящего времени остается проблема функций почв в экосистемах и биосфере. Вместе с тем изучение влияния почвы на атмосферные, гидрологические, биотические и другие компоненты экосистем и биосферы позволяет найти ответное воздействие на факторы почвообразования. Все геосферы Земли находятся, как известно, в тесном взаимодействии, и значительную роль в этом взаимодействии играет почва. Почва участвует в формировании речного стока и в трансформации поверхностных вод в грунтовые, а также в жизни атмосферы, поглощая и отражая солнечную энергию и в целом определяя газовый режим атмосферы [15, 16].

В настоящее время исследования по оценке антропогенного воздействия на почвенный покров городов и крупных населенных пунктов в основном осуществляются только с целью санитарно-гигиенической характеристики территорий, что накладывает свой отпечаток на формирование программы исследований [2, 14]. В большинстве случаев в программу включают контроль основных токсикантов и интерпретацию полученных данных на базе использования ПДК и фоновых значений. В результате таких наблюдений почва рассматривается исключительно как субстрат без учета выполняемых ею экологических функций. В итоге участки земель, в наибольшей степени трансформированные техногенным воздействием, остаются практически неизученными. В связи с этим существует острая необходимость проведения более глубокого анализа состояния почв по следующим направлениям: 1) изучение базовых почвенных характеристик в условиях интенсивной антропогенной нагрузки; 2) оценка специфики и степени воздействия различных видов хозяйственной деятельности человека на загрязнение почвенного покрова.

Необходимость исследований во многом вызвана крайне неблагоприятным состоянием окружающей среды в зоне интенсивной хозяйственной деятельности и потребностью и в связи с этим – разработки системы мероприятий по реабилитации и охране природных объектов на таких территориях. Решение этой задачи возможно только на основе полной информации о специфике современного состояния природных сред, и прежде всего – почвы. Более того, востребованность такого направления обусловлена увеличением экономической значимости результатов исследования почв, связанных с определением размера экологических платежей от субъектов хозяйственной деятельности.

Одной из экологических проблем мегаполисов является решение вопросов защиты почв вблизи примагистральных автодорог от загрязнений тяжелыми металлами. Для решения этих вопросов необходим целенаправленный научно-экспериментальный материал, полученный на основе полевых и лабораторных исследований. В связи с этим цель исследований заключалась в оценке степени деградационных изменений и экологической устойчивости техногенно-трансформированных земель города Москвы в зависимости от интенсивности накопления тяжелых металлов, их подвижности и изменения структуры микробиологического комплекса урбаноземов [5, 10, 11].

Объекты и методы исследования. Отбор почвенных образцов (слой 0-20 см) производился в 4 опытных точках с различным уровнем антропогенного воздействия: три – на разном удалении от автотрассы Каширское шоссе (5, 50, 300 м). В качестве контроля (фоновая почва) использовали одну точку дерново-подзолистой почвы на территории парковой зоны Лосиный остров г. Москвы. Были заложены опытные площадки: точки на разной удаленности от источника загрязнения – выбросов автотранспорта на Каширском шоссе в г. Москве с отбором образцов почв в слое 0-20 см в исследованных образцах.

Лабораторные исследования проводились на кафедре земледелия Орловского государственного аграрного университета. Отобранные образцы почв анализировали по общепринятым методикам: ГОСТ 17.4.1.02-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, ИСО 8288.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследования физико-химических свойств урбопочв на разной удаленности от автомагистрали Каширское шоссе, г. Москва, и дерново-подзолистой почвы лесопарковой зоны Лосиный остров, г. Москва (табл. 1), убедительно доказывают изменения, происходящие в антропогенно поверхностно преобразованных почвах (урбопочвах). Для урбопочв характерной особенностью является нейтральная реакция среды, pH_{KCl} колеблется в пределах 6,37-7,10. Величина гидролитической кислотности низкая и изменяется в пределах 0,35-1,28 мг/экв. на 100 г почвы. Насыщенность основаниями почвенно-поглощающего комплекса высокая – 91,2-96,5%. Величина емкости катионного обмена изменяется в пределах 9,4-14,61 мг/экв. на 100 г почвы и с экологической точки зрения характеризует низкую устойчивость урбопочвы к антропогенным воздействиям. Органическое вещество почвы оказывает разностороннее влияние на физические, физико-химические свойства, питательный режим, биологическую активность почвы, поглотительную способность и ее буферность, способность связывать тяжелые металлы в органоминеральные комплексные соединения разной степени подвижности. Гумусовое состояние урбопочв оценивается как повышено-гумусированное с колебаниями в содержании гумуса в пределах 2,84-3,39%.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика урбаноземов
и антропогенно-преобразованных почв, слой 0-20 см**

Удаленность	pH_{KCl}	Hг	Сосн.	ЕКО	P2O5	K2O	Сорг., %	Гумус, %	V, %
		мг. – экв/100 г			мг/100 г				
Каширское шоссе, г. Москва									
5 м	6,90	0,35	9,69	10,04	29,78	16,5	1,95	2,84	96,5
50 м	6,37	1,28	13,33	14,61	18,05	26,52	1,16	3,37	91,2
300 м	7,10	0,43	8,97	9,40	36,1	19,85	2,03	3,39	95,4
Лосиный остров, г. Москва									
(фооновая почва)	4,75	8,83	3,15	11,98	4,14	9,89	0,74	1,27	26,3

Обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием оценивается как повышенная и высокая, что свидетельствует о высоких дозах применения как органических, так и минеральных удобрений в урбаноземах, используемых в качестве газонов и цветников вдоль автомагистралей.

Физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы парковой зоны Лосиный остров (г. Москва) значительно отличаются от свойств и состава исследуемых урбаноземов (табл. 1). Гумусовый горизонт на глубине 0-20 см имеет низкое содержание гумуса (1,27%), что характеризует почву как малогумусированную.

При этом содержание гумуса в урбаноземах было в 2,24-2,67 раза выше количества гумуса фоновой почвы. Обеспеченность фоновой почвы подвижными формами фосфора низкая, обменным калием – средняя. Состояние почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистой почвы отличается от состава поглощенных катионов в ППК урбопочв, величина емкости катионного обмена составила 11,9 мг/экв. на 100 г почвы, однако в составе обменных катионов преобладают обменные катионы H^+ и Al^{3+} . Их количество достигало 8,83 мг/экв. на 100 г, или 73,7% от емкости катионного обмена, что обуславливает высокое значение обменной pH_{KCl} 4,75 и гидролитической кислотности – 8,83 мг/экв. на 100 г. Высокая кислотность и очень высокая ненасыщенность основаниями 26,3% и низкая гумусированность создают условия для изменения подвижности тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве и их миграции.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что под действием антропогенных преобразований происходят значительные изменения в составе и свойствах создаваемых урбаноземов. Это предопределяет необходимость детального изучения данной группы почв, выполняющих важные экологические функции в окружающей среде.

Основными источниками загрязнения почв города являются промышленные предприятия города, вокруг которых формируются ареалы воздушного и почвенного загрязнения, так как практически для всех типов производств характерны высокие выбросы в атмосферу газов: окиси углерода, двуокиси азота и взвешенных частиц. Значительное количество тяжелых металлов (Cd, Cu, Zn, Pb) поступает от автотранспорта [3, 6, 17, 18].

Для оценки характера и интенсивности накопления тяжелых металлов в урбаноземах определяли валовое содержание тяжелых металлов Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn и количество их подвижных форм (табл. 2).

Содержание тяжелых металлов в урбанизированных почвах, подверженных антропогенному воздействию, выше, чем в почвах фоновой территории. Валовое содержание кадмия вблизи автотрассы в 1,7 раза превышало валовое количество кадмия в фоновой почве. Содержание меди в 2,2 раза превышало количество меди в парковой зоне. Практически по всем исследуемым металлам установлено превышение валового количества тяжелых металлов в урбаноземах в сравнении с содержанием этих металлов в фоновой почве. Так, для хрома это превышение достигало 4,2 раза, для цинка – 2,2 раза, превышение в содержании никеля составило 1,64 раза, а количество свинца было равным количеству валового свинца в фоновой почве. Поскольку коэффициент концентрации отражает интенсивность загрязнения, то для данных урбаноземов уровень загрязнения оценивается как слабый для кадмия, меди, цинка, а для хрома – средний уровень загрязнения (табл. 2).

С увеличением удаленности от автодороги на 50 м отмечается закономерное снижение валовых количеств всех исследуемых тяжелых металлов. Валовое содержание кадмия снизилось на 13,04% в сравнении с содержанием кадмия в непосредственной близости к шоссе, но превышало концентрацию кадмия в фоновой почве в 1,43 раза. Валовое содержание меди снижалось почти на 65,5% в сравнении с количеством меди в урбаноземе вблизи автодороги и на 25% – в сравнении с валовым содержанием меди в фоновой почве. Содержание хрома, никеля, свинца и цинка в сравнении с валовым количеством этих металлов в урбаноземе вблизи автотрассы снижалось соответственно на 54,07%, 32,76%, 68,69%, 66,45%. Если сравнить валовое количество хрома, никеля, свинца и цинка с валовым количеством в фоновой почве, то можно отметить, что в урбаноземе валовое содержание этих

металлов превышает количество указанных тяжелых металлов в фоновой почве только в отношении хрома в 1,92 раза, никеля – в 1,11 раза. Валовое содержание свинца и цинка было в 0,32 и 0,74 раза меньше, чем валовое количество этих металлов в фоновой почве.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов техногенно-измененных территорий (0-20 см), мг/кг сух. в-ва

Удаленность	Элементы						Zc
	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn	
Каширское шоссе, г. Москва							
Валовое содержание							
5 м	<u>2.3</u> ±0,07	<u>19.25</u> ±0,02	<u>20.9</u> ±0,11	<u>17.4</u> ±0,01	<u>19.8</u> ±0,78	<u>76.3</u> ±0,42	7,85
50 м	<u>2.0</u> ±0,11	<u>6.65</u> ±0,04	<u>9.6</u> ±0,06	<u>11.7</u> ±0,01	<u>6.2</u> ±0,78	<u>25.6</u> ±0,14	4,27
300 м	<u>2.5</u> ±0,05	<u>23.05</u> ±0,01	<u>13.3</u> ±0,01	<u>15.9</u> ±0,01	<u>20.6</u> ±0,48	<u>82.1</u> ±0,72	6,98
Подвижная форма							
5 м	<u>1.3</u> ±0,01	<u>1.2</u> ±0,03	<u>1.1</u> ±0,09	<u>1.3</u> ±0,01	<u>1.8</u> ±0,29	<u>15.7</u> ±0,38	4,52
% от валового содержания	56,5	6,23	5,26	7,47	9,09	20,58	
50 м	<u>1.0</u> ±0,01	<u>0.30</u> ±0,01	<u>0.90</u> ±0,01	<u>0.60</u> ±0,06	<u>0.9</u> ±0,11	<u>7.6</u> ±0,04	2,80
% от валового содержания	50,0	4,51	9,38	5,13	14,52	29,69	
300 м	<u>1.5</u> ±0,01	<u>1.5</u> ±0,05	<u>1.2</u> ±0,02	<u>1.5</u> ±0,04	<u>2.1</u> ±0,10	<u>19.6</u> ±0,24	5,06
% от валового содержания	60,0	6,51	9,02	9,43	10,19	23,87	
Лосиный остров, г. Москва							
Валовое содержание							
Фоновая почва	<u>1.4</u> ±0,02	<u>8.90</u> ±0,03	<u>5.0</u> ±0,11	<u>10.60</u> ±0,24	<u>19.50</u> ±0,38	<u>34.50</u> ±0,14	
Подвижная форма							
Фоновая почва	<u>0.70</u> ±0,03	<u>1.00</u> ±0,07	<u>0.84</u> ±0,01	<u>1.40</u> ±0,01	<u>1.60</u> ±0,03	<u>7.50</u> ±0,08	
% от валового содержания	50,0	11,24	16,8	13,21	8,21	21,74	

Удаленность от источника загрязнения неоднозначно проявляется в изменении валового содержания исследуемых тяжелых металлов. Установлено по всем изучаемым тяжелым металлам превышение количества металлов в сравнении с фоновой почвой: для кадмия – почти 1,79 раза, для меди – в 2,59 раза, хрома – 2,66 раза, никеля – 1,5 раза, цинка – в 2,38 раза, и только валовое количество свинца превышало содержание этого элемента в фоновой почве в 1,1 раза. Однако, сравнивая валовое содержание тяжелых металлов урбанизированных мест вблизи автодороги и урбанизированном, удаленном от шоссе на 300 м, можно установить неоднозначность в изменении валового количества этих металлов. Так, в урбанизированном, удаленном на большем расстоянии от автодороги, отмечается увеличение валовых количеств кадмия на 8,7%, меди – на 19,74%, свинца – на 1,01%, цинка – на 7,6%. Содержание никеля, хрома в урбанизированном на большем удалении от автодороги снижалось в сравнении с валовым содержанием этих металлов в урбанизированном вблизи источника загрязнения на 8,62% и 36,4% соответственно.

Полученные результаты подтверждаются значениями коэффициента суммарного загрязнения, его величина снижалась до 4,27 ед. в урбанизированном, удаленном на 50 м от автодороги, и возрастала до 6,98 ед. в урбанизированном в наибольшей удаленности от автодороги.

Изменение валового содержания тяжелых металлов в урбанизированных на различной удаленности от источника загрязнения – автодороги – обусловлено особенностями аэриального поступления загрязняющих веществ и выбросов автотранспорта, состоянием почвенно-поглощающего комплекса, содержанием органических веществ, изменением величины рН почвы и ее гранулометрического состава, прежде всего – содержанием частиц физической глины [8, 9, 13].

Влияние тяжелых металлов определяется не только их валовым содержанием, но в первую очередь – содержанием водорастворимых и подвижных форм тяжелых металлов. Исследованиями показано, что при загрязнении почв тяжелыми металлами увеличивается содержание их подвижных форм в урбанизированных (табл. 2).

Представленные результаты показывают, что степень подвижности того или иного металла зависит не только от исходного валового количества, но и индивидуальных особенностей металла и влияния свойств почвенной среды.

В урбанизированных, расположенных в непосредственной близости к автодороге, самое максимальное количество подвижных форм тяжелых металлов установлено для кадмия – 56,5% от валового содержания, цинка – 20,58%, свинца – 9,1%. В сравнении с фоновой почвой количество подвижных форм этих тяжелых металлов увеличивалось в 1,86 раза для кадмия, в 2,09 раза – для цинка, в 1,13 раза – для свинца.

Доля подвижных форм таких металлов, как хром, медь и никель, составляла 5,26%, 6,23% и 7,47% от валового содержания указанных тяжелых металлов. Количество подвижных форм хрома и меди в сравнении с их содержанием в фоновой почве возрастало в 1,31, 13,23 раза соответственно.

Интерес представляют данные о степени подвижности исследуемых металлов от их исходного валового содержания в урбанизированном с удалением от автодороги на 50 м. Наибольшую подвижность обеспечивали почвенные условия этого объекта исследования для кадмия – 50,0%, цинка – 29,69%, свинца – 14,52% от валового их содержания. При этом степень подвижности цинка, свинца и хрома была выше степени подвижности этих металлов в условиях урбанизированного в непосредственной близости к источнику загрязнения; для меди, никеля и кадмия подвижность металлов в урбанизированном с удаленностью на 50 м снижалась.

При увеличении удаленности от источника загрязнения, как было установлено, возрастает не только валовое содержание тяжелых металлов, но и количество подвижных их форм и степень подвижности тяжелых металлов. Так, количество подвижного кадмия составило 60% от валового содержания этого элемента в урбаноземе на расстоянии 300 м от дороги и превышало на 15,39% количество подвижного кадмия в урбаноземе вблизи источника загрязнения и на 50% – количество кадмия в урбаноземе с удаленностью в 50 м от автодороги.

Количество подвижного цинка составило 23,87% от валового содержания в этом типе урбанозема, а степень подвижности возрастала в сравнении с количеством цинка в урбаноземе в непосредственной близости к дороге на 24,84%. Можно сделать вывод о том, что почвенные условия урбанозема с большей удаленностью от автодороги способствовали большему накоплению абсолютных количеств подвижных форм кадмия, меди, хрома, никеля, свинца и цинка и увеличению степени их подвижности. В сравнении с фоновой почвой количество подвижного кадмия возрастало в 2,14 раза, меди – в 1,5 раза, хрома – в 1,43 раза, никеля – 1,1 раза, свинца – в 1,31 раза, цинка – в 2,61 раза.

Степень загрязнения почв тяжелыми металлами определяется соотношением фактического содержания загрязнителя в почве и величиной фонового содержания, степенью опасности химического вещества и наличием полиэлементных аномалий в почвенной среде.

Доля металлов, извлекаемых из пробы аммонийно-ацетатным буфером с pH = 4,8, убывает для урбанозема вблизи автодороги $Zn > Pb > Cd = Ni > Cu > Cr$; для урбанозема в удаленности 50 м это $Zn > Cd > Cr = Pb > Ni > Cu$, а для урбанозема в наибольшем удалении от автодороги доля металлов убывает в ряду $Zn > Pb > Cd = Cu = Ni > Cr$.

Коэффициент суммарного накопления подвижных форм тяжелых металлов в урбаноземах составил 4,55 ед. в непосредственной близости к автодороге, 2,8 ед. при удаленности на 50 м от автодороги, 5,06 ед. в урбаноземе с наибольшей удаленностью от автодороги.

Таким образом, при загрязнении почв тяжелыми металлами их подвижность может повышаться и понижаться. При увеличении концентрации тяжелого металла до уровня выпадения осадка или образования устойчивых комплексов подвижность тяжелых металлов снижается. Но может складываться ситуация увеличения концентрации тяжелых металлов в растворе, когда создаются условия для повышения растворимости образуемых осадков, и степень подвижности тяжелых металлов увеличивается.

Влияние тяжелых металлов на микробиологическую активность является интегрирующим показателем их токсичности. При этом влияние токсикантов на разные группы микроорганизмов может быть неоднозначным [4, 5]. Наблюдаемые изменения комплекса микроорганизмов важны не только с точки зрения снижения его устойчивости при уменьшении разнообразия, но и в связи с возможными последствиями этих изменений для растений, животных, человека. В целом влияние тяжелых металлов на микробные сообщества и микробиологические процессы в почве определяется типом тяжелого металла, его дозой, формой соединения, свойствами загрязненных почв [5, 6]. Проведенный анализ полученных данных по общей численности основных физиологических и эколого-трофических групп микроорганизмов показал, что почвы разных рекреационных зон характеризовались достоверными различиями по данному показателю. Общая численность микроорганизмов в опытных точках с разной удаленностью от Каширского шоссе колебалась в пределах $35,77 \pm 5,12 \cdot 10^6$ КОЕ/г до $57,18 \pm 5,29 \cdot 10^6$ КОЕ/г (табл. 3).

Таблица 3

Численность микроорганизмов в почвах техногенно-измененных территорий

Варианты	Аминоавтотрофы (КАА), 10^7 КОЕ/г			Аммонификаторы (МПА) 10^7 КОЕ/г	Целлюлозоразлагающие актиномицеты (на среде Гетчин-сона) 10^5 КОЕ/г	Грибы (на среде Чапика) 10^5 КОЕ/г	Общая численность 10^7 КОЕ/г	Км
	общее	бактерии	актиномицеты					
Каширское шоссе, г. Москва								
5 м	2,05	1,13	0,92	1,49	1,3	1,11	3,58	1,38
50 м	2,6	2,26	0,33	2,26	0,91	0,55	4,88	1,15
300 м	2,85	1,87	0,98	2,8	2,41	4,91	5,72	1,02

Численность аммонифицирующих бактерий в исследованных урбопочвах варьировала в пределах $1,49-2,80 \cdot 10^7$ КОЕ/г абсолютно сухой почвы. При этом численность бактерий данной группы в урбопочвах на большей удаленности от шоссе была в 2 раза выше, чем в урбаноземе в непосредственной близости к Каширскому шоссе (5 м).

Интерес представляют результаты исследования изменения численности актиномицетов в физиологической аминоавтотрофной группировке. Наибольшая численность актиномицетов установлена в урбаноземах с удаленностью от Каширского шоссе на 300 м, количество актиномицетов достигало $0,98 \cdot 10^7$ КОЕ/г, однако численность актиномицетов в почвах в непосредственной близости от шоссе составила $0,92 \cdot 10^7$ КОЕ/г и была в пределах статистических различий (табл. 3). Численность грибной микрофлоры варьировала в зависимости от удаленности источника загрязнения – шоссе. Самое высокое количество колониеобразуемых единиц грибной микрофлоры установлено в урбаземах при наибольшем удалении от шоссе, составив $4,91 \cdot 10^5$ КОЕ/г. Количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов было наименьшим в непосредственной близости к шоссе, что было почти в 5 раз ниже установленной численности грибной микрофлоры в урбаземах с наибольшим удалением от шоссе.

Высокий уровень гетерогенности городской среды в условиях микромозаичного строения почвы обуславливает некоторые трудности в выявлении определенных закономерностей функционирования микробных ценозов.

Исследуемые величины коэффициентов, характеризующих соотношение в составе микробоценоза бактерий, выросших на КАА, к бактериям, растущим на МПА, показывают, что на урбопочвах с наибольшей приближенностью к шоссе величина коэффициента минерализации достигает значения 1,38 ед., с удалением от дороги значение коэффициента минерализации снижается до 1,02 ед. с одновременным увеличением общей численности микробоценоза почти в 1,5 раза.

Исследование структуры микробоценоза в слое 0-20 см фоновой дерново-подзолистой почвы в парковой зоне г. Москвы «Лосиный остров» показало, что общая

численность микроорганизмов достигает $2,06 \cdot 10^7$ КОЕ/г, что в 1,7-2,8 раза ниже количества микроорганизмов в урбопочвах с разной удаленностью от шоссе.

Хорошо прослеживается, что в гумусовом горизонте фоновой почвы изменяется не только общая численность микроорганизмов, но и соотношение различных эколого-трофических групп. Численность аммонификаторов достигала $0,93 \cdot 10^7$ КОЕ/г и уступала численности аммонификаторов в урбопочвах в 1,6-3,01 раза, а численность аминоавтотрофов в 1,9-2,6 раза была ниже количества аминоавтотрофов в урбопочвах. Численность актиномицетов в гумусовом слое фоновой почвы парковой зоны также была ниже значений, полученных для микробоценозов урбопочвы $0,29 \cdot 10^7$ КОЕ/г.

Численность бактерий, использующих минеральные формы азота на КАА, в фоновой почве составила $0,81 \cdot 10^7$ КОЕ/г, что в 1,4-2,8 раза оказалось ниже численности данной группировки в образцах урбопочв, взятых на разном удалении от Каширского шоссе. Коэффициент минерализации в контрольной почве, не подверженной антропогенному влиянию, составил 1,17 ед.

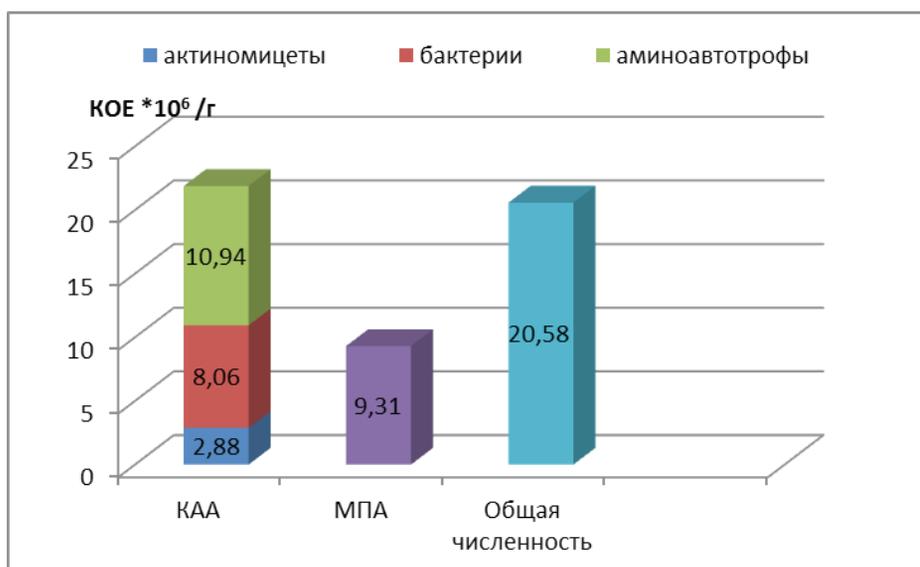


Рис. 1. Структура микробоценоза в фоновой дерново-подзолистой почве в парковой зоне г. Москвы «Лосиный остров»

Деградация почв городов и территорий, подвергающихся мощному антропогенному прессу, приводит к значительному изменению их микробиологической активности, установленному нашими исследованиями, и изменению ферментативной активности почв [19, 20].

С увеличением антропогенного пресса на городские почвы отмечается снижение активности ферментов. При этом разные дозы тяжелых металлов могут не только снижать ферментативную и микробиологическую активность, но и ингибировать определенные ферментные системы [12].

Результаты наших исследований показали, что характер действия выбросов автотранспорта и использование различных противогололедных средств на автомагистралях города на активность исследуемых ферментов различны (рис. 2).

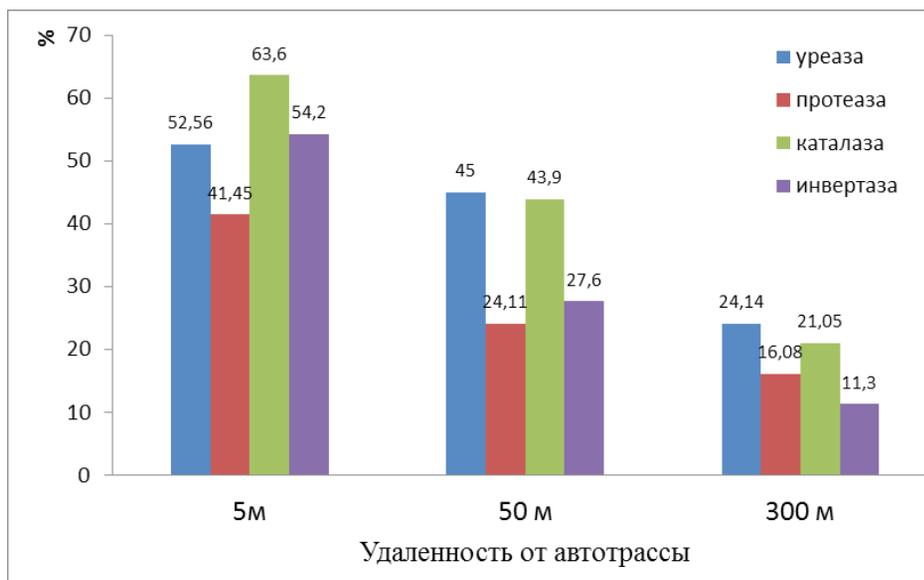


Рис. 2. Уменьшение активности ферментов, %, от незагрязненной почвы

Показано снижение активности протеазы на 41,45% в сравнении с незагрязненной почвой. С увеличением удаленности от автомагистрали активность ферментов возрастает и достигает до 82,12% в сравнении с незагрязненной почвой. Самое высокое снижение активности ферментов установлено для каталазы (63,6%), инвертазы (54,2%) и уреазы (52,56%).

Увеличение расстояния от источника загрязнения обеспечивало повышение активности ферментов, но оно было ниже активности ферментов в исследованной незагрязненной фоновой почве.

Выводы

1. Исследования физико-химических свойств урбопочв на разной удаленности от автомагистрали Каширское шоссе, г. Москва, и дерново-подзолистой почвы лесопарковой зоны Лосиный остров, г. Москва, убедительно доказывают изменения, происходящие в антропогенно-поверхностно-преобразованных почвах (урбопочвах).

2. Высокая концентрация загрязняющих веществ в урбопочвах вблизи автомагистралей и изменение температуры воздуха и влажности вблизи магистрали приводят к снижению протеолитической, уреазной, каталазной и инвертазной активности.

3. Самыми чувствительными ферментами к воздействию химических токсикантов являются окислительно-восстановительный фермент каталаза и гидролитические ферменты уреазы (фермент азотного обмена) и инвертаза.

4. Доля металлов, извлекаемых из пробы аммонийно-ацетатным буфером с pH = 4,8, убывает для урбанозема вблизи автодороги $Zn > Pb > Cd = N > Cu > Cr$; для урбанозема в удаленности 50 м это $Zn > Cd > Cr = Pb > Ni > Cu$, а для урбанозема в наибольшем удалении от автодороги доля металлов убывает в ряду $Zn > Pb > Cd = Cu = Ni > Cr$.

5. Численность бактерий, использующих минеральные формы азота на КАА, в фоновой почве составила $0,81 \cdot 10^7$ КОЕ/г, что в 1,4-2,8 раза оказалось ниже численности данной группировки в образцах урбопочв, взятых на разном удалении от Каширского шоссе.

6. Показано снижение активности протеазы на 41,45% в сравнении с незагрязненной почвой. С увеличением удаленности от автомагистрали активность ферментов возрастает и достигает до 82,12% в сравнении с незагрязненной почвой. Самое высшее снижение активности ферментов установлено для каталазы (63,6%), инвертазы (54,2%) и уреазы (52,56%).

Библиографический список

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд. М.: МГУ, 1970. 488 с.
2. *Герасимова М.И.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация // М.И. Герасимова, М.Н. Строганова. Н.: Изд-во Ойкумена, 2003. 270 с.
3. *Добровольский Г.В.* Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 310 с.
4. *Иващенко К.В., Ананьева Н.Д., Васнев В.И., Кудеяров В.Н., Валентины Р.* Биомасса и дыхательная активность почвенных микроорганизмов в антропогенно-измененных экосистемах (Московская область) // Почвоведение. № 9. 2014.
5. *Илюшкина Л.Н., Шевченко Е.Е.* Санитарно-гигиеническое состояние почв рекреационных зон г. Ростова-на-Дону // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-2. С. 375-378.
6. *Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф.* Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // Почвоведение. № 4. 2007. С. 505-511.
7. *Мигунова В.Д., Кураков А.В.* Структура микробной биомассы и трофические группы нематод в дерново-подзолистых почвах постагрогенной сукцессии в южной тайге (Тверская область) // Почвоведение. № 5. 2014.
8. *Раскатов В.А.* Методы исследования элементарных экологических структур на разных уровнях их организации // Сб. статей, посв. 75-летию факультета ПАЭ «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии». М.: Изд-во МСХА, 2004. С. 272-287.
9. *Раскатов В.А.* Роль химических элементов в трансформации гумусовых веществ // Всероссийский съезд почвоведов. Новосибирск, 2004. С. 556.
10. *Савич В.И.* Инструментальные методы исследования почв как компонентов агрофитоценозов и экологической системы: Учебное пособие / В.И. Савич, В.А. Раскатов. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. 229 с.
11. *Савич В.И., Белоухов С.Л., Никиточкин Д.Н., Филиппова А.В.* Использование новых методов очистки урбанизированных почв от тяжёлых металлов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6. С. 203-205.
12. *Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суяндужов Я.Т.* Мониторинг микробных сообществ почв // Почвоведение. № 9. 2011. С. 139-141.
13. *Степанова Л.П.* Агроэкономическая оценка восстановления плодородия антропогенно нарушенных и рекультивируемых серых лесных почв / Е.В. Яковлева, Е.А. Коренькова, А.В. Писарева // Ученые записки Орловского государственного университета. № 3. 2015. С. 256-261.
14. *Степанова Л.П.* Состояние плодородия антропогенно-измененных с-л почв и его эколого-экономическая оценка / Е.В. Яковлева, Е.А. Коренькова, А.В. Писарева // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 3. С. 105-114.
15. *Степанова Л.П.* Физико-химическая оценка восстановления плодородия нарушенных серых лесных почв при их рекультивации // Безопасность в техносфере. 2015. Т. 4. № 2. С. 27-32
16. *Строганова М.Н.* Комплексная оценка экологического состояния городских почв / М.Н. Строганова, Т.В. Прокофьева, А.Н. Прохоров, Л.В. Лысак, А.П. Сизов, А.С. Яковлев. М.: МГУ, 2011. 50 с.

17. Строганова М.Н. Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель / М.Н. Строганова, Т.В. Прокофьева, А.Н. Прохоров, Л.В. Лысак, А.П. Сизов, А.С. Яковлев // Почвоведение. 2003. № 7. С. 867-875.

18. Тарасов А.А., Шершнев О.М., Тарасов С.А. Биота как фактор саморегулирования почвы // Материалы Международной конференции «Актуальные проблемы агропромышленного производства», 23-25 января 2013 г. Курск, 2013.

ECOLOGICAL CONDITION OF SOIL COVERS IN THE URBAN LANDSCAPE OF VARIOUS FUNCTIONAL USES (BY THE EXAMPLE OF MOSCOW)

V.A. RASKATOV¹, L.P. STEPANOVA², E.V. YAKOVLEVA², A.V. PISAREVA²

¹Russian Timiryazev State Agrarian University;

²Orel State Agrarian University

The questions of soil cover contamination by heavy metals of various human impact are considered in the article.

The results of the research in transformed urban soils are presented. There is a comparative study of heavy metal influence in the soil – microorganisms system.

There is a view on changing in the microbiological complex structure depending on intensive concentration of heavy metals in soils, modified through anthropogenic impact. Research of physical and chemical properties of urbanozems at different distances from the highway Kashirskoye in Moscow and sod-podzolic soil in green belt Elk Island in Moscow, conclusively demonstrate changes in anthropogenic surface transformed soils (urban soils). The high concentration of pollutants in urban soils near motorways changes air temperature and humidity to a decrease in proteolytic, urease, catalase and invertase activity. The most sensitive enzymes to chemical toxicants are redox enzyme catalase and hydrolytic enzymes urease (an enzyme of nitrogen metabolism) and invertase. The proportion of metals extracted from the sample of ammonium acetate buffer pH 4.8 decreases to urbanozem near highway Zn-Pb-Cd = Ni-Cu-Cr; for urbanozem in distance of 50m is Zn-Cd-Cr = Pb-Ni-Cu, and for urbanozem in the greatest distance from the road share of metals decreases in the number of Zn-Pb-Cd = Cu = Ni-Cr. The number of bacteria using mineral forms of nitrogen in the SAA in the background the soil was 0.81·10⁷ CFU / g, which is 1.4-2.8 times lower than the number of the groups in urban soils samples that were taken at different distances from Kashirskoye highway. There is displaying decrease in the activity of protease at 41.45% as compared with uncontaminated soil. With increasing distance from the motorway enzyme activity increases and reaches 82.12% in comparison with uncontaminated soil. The highest decrease in the activity of enzymes found for catalase 63.6%, invertase 54.2% and urease 52.56%.

Key words: urban soils (urbanozem), heavy metals, contamination, microbiological complex, anthropogenic modified soils.

References

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. 2-e izd.M.: MGU, 1970. 488 p.
2. Gerasimova M.I. Antropogennye pochvy: genesis, geografiya, rekultivatsiya / M.I. Gerasimova, M.N. Stroganova. Izdatel'stvo: Oykumena, 2003. 270 p.

3. *Dobrovolskiy G.V.* Pochva, gorod, ekologiya. M.: Fond za ekonomicheskuyu gramotnost, 1997. 310 p.
4. *Ivashchenko K.V., Ananyeva N.D., Vasenev V.I., Kudiyarov V.N., Valentiny N.* Biomassa i dykhatel'naya aktivnost pochvennykh mikroorganizmov v antropogenno-izmenennykh ekosistemakh (Moskovskaya oblast') pochvovedenie. № 9. 2014.
5. *Ilyushkina L.N., Shevchenko E.E.* Sanitarno-gigienicheskie sostoyaniye pochv rekreatsionnykh zon g.Rostova-na-Donu // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 4-2. P. 375-378.
6. *Kolesnikov S.I., Kazeev K. Sh., Val'kov V.V.F.* Vliyaniye zagryazneniya tyazhelymi metallami na mikrobnuyu sistemu chernozema // Pochvovedenie. № 4. 2007. P. 505-511.
7. *Migunova V.D., Kurakov A.V.* Struktura mikrobnoy biomassy I troficheskie gruppy nematode v dernovo-podzolistykh pochvakh postagrogennoy suksetsii v yuzhnoy tayge (Tverskaya oblast') Pochvovedenie. № 5. 2014.
8. *Raskatov V.A.* Metody issledovaniya elementarnykh ekologicheskikh struktur na raznykh urovnyakh ih organizatsii // Sb.statey posv. 75-yu fakulteta PAE «Aktual'nye problem pochvovedeniya, agrokhimii i ekologii» M.: Izd-vo MSHA, 2004. P. 272-287.
9. *Raskatov V.A.* Rol khimicheskikh elementov v transformatsii gumusovykh veshchestv. Vserossiyskiy s'ezd pochvovedov. Novosibirsk, 2004. P. 556.
10. *Savich V.I.* Instrumental'nye metody issledovaniya pochv kak komponentov agrofitorosnykh i ekologicheskoy sistemy. Uchebnoye posobie / V.I., Savich, V.A. Raskatov. Moskva: Izdatel'stvo RGAU-MSHA, 2012. 229 p.
11. *Savich V.I., Belopukhov S.L., Nikitochkin D.N., Filippova A.V.* Ispol'zovaniye novykh metodov oчитki urbanizirovannykh pochv ot tyazhelykh metallov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 6. P. 203-205.
12. *Semenova I.N., Il'bulova G.R., Syyundukov Ya.T.* Monitoring mikrobnyykh soobshchestv pochv. № 9. 2011. P. 139-141.
13. *Stepanova L.P.* Agroekonomicheskaya otsenka vosstanovleniya plodorodiya antropogenno narushennykh i rekultiviruemyykh serykh lesnykh pochv / Yakovleva E.V., Koren'kova E.A., Pisareva A.V. // Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. № 3. 2015. P. 256-261.
14. *Stepanova L.P.* Sostoyaniye plodorodiya antropogenno-izmenchivyykh s-l pochv i ego ekologo-ekonomicheskaya otsenka / E.V. Yakovleva, E.A. Korenkova, A.V. Pisareva // Vestnik RUDN seriya ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti. 2015. № 3. P. 105-114.
15. *Stepanova L.P.* Fiziko-himicheskaya otsenka vosstanovleniya plodorodiya narushennykh serykh lesnykh pochv pri ih rekultivatsii / L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva, A.V. Pisareva. Bezopasnost' v tehnosfere. 2015. T. 4. № 2. P. 27-32.
16. *Stroganova M.N.* Kompleksnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya gorodskikh pochv / M.N. Stroganova, T.V. Prokofyeva, A.N. Prokhorov, L.V. Lysak, A.P. Sizov, A.S. Yakovlev. M.: MGU, 2011. 50 p.
17. *Stroganova M.N.* Ekologicheskoye sostoyaniye gorodskikh pochv i stoimostnaya otsenka zemel / Stroganova M.N., Prokofyeva T.V., Prokhorov A.N., Lysak L.V., Sizov A.P., Yakovlev A.S. // Pochvovedenie. 2003. № 7. P. 867-875.
18. *Tarasov A.A., Shershneva O.M., Tarasov S.A.* Biota kak faktor samoregulirovaniya pochvy // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Aktual'nye problem agropromyshlennogo proizvodstva», 23-25 yanvarya 2013. Kursk, 2013.

Раскатов Вячеслав Андреевич – к.б.н., доц. кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (926) 571-01-09; e-mail: raskatovv@list.ru.

Степанова Лидия Павловна – д.с.-х.н., профессор кафедры земледелия, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ» (302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69, тел.: 8-906-568-76-86; e-mail dissovet-orelsau@yandex.ru.

Яковлева Елена Валерьевна – к.с.-х.н., доцент кафедры БЖД на производстве, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ», 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69, tel.: 8-962-480-91-15; e-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru.

Писарева Аза Валерьевна – аспирант кафедры земледелия ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ», 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69; e-mail: pavrav.06@mail.ru.

Raskatov Vyacheslav Andreevich – PhD in Biology, Associate Professor of the, Department of Ecology, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49, tel.: +7 (926) 571-01-09; e-mail: raskatovv@list.ru.

Stepanova Lidia Pavlovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of agriculture FGBOU VO «Orlovsky GAU», 302019, Orel, Gen. Rodin street, 69, Russia; tel.: 8-906-568-76-86; e-mail dissovet-orelsau@yandex.ru.

Yakovleva Elena Valeryevna – PhD in Agriculture Sciences, Assistant Professor of the Department of BDZ FGBOU VO «Orlovsky GAU», Orel, Gen. Rodin street 69, Russia, 302019, Orel, ul. Gen.Rodin street, 69, Russia; tel.: 8-962-480-91-15, e-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru.

Pisareva Aza Valeryevna – graduate student of the Department of agriculture FGBOU V «Orlovsky GAU», 302019, Orel, ul. Gen.Rodin 69, Russia; e-mail: pavrav.06@mail.ru.

УДК 634.8(437.3):631.527

**НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ
ГИБРИДНЫЕ ФОРМЫ СЕЛЕКЦИИ ВИНСЕЛЕКТ МИХЛОВСКИ
ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВИНОГРАДАРСТВА**М. МИХЛОВСКИ¹, А.К. РАДЖАБОВ², А. ХАФИЗОВА¹¹Винселект Михловски, Чехия;
²РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Статья посвящена актуальной проблеме разработки вопросов биологического виноградарства, основанного на минимализации химических обработок для защиты от вредителей и болезней путем выведения и внедрения сортов, имеющих комплексную устойчивость к болезням и вредителям. Испытывались новые гибридные формы, полученные в результате третьего этапа селекционной работы методом межвидовой гибридизации. Объектами изучения были технические устойчивые формы винограда, полученные в результате скрещивания Мальверина × Эрлон, Мальверина × Мерцлинг, контролем служил сорт винограда Рислинг итальянский. В изучаемых гибридных формах доля Европейско-азиатского винограда в генетической формуле составляет 75-78%. Профилактическое опрыскивание исследуемых форм проводилось препаратами на основе меди и серы три раза за сезон. Изучался комплекс признаков новых форм, в том числе и качество винодельческой продукции. Все изучаемые формы относятся к группе средне-позднего срока созревания. Исследуемые гибридные формы характеризовались более высоким уровнем комплексной устойчивости к основным болезням винограда по сравнению с контролем – 8 баллов по классификации UKZUZ. Все новые гибридные формы превосходили контрольный сорт по величине урожая. Более высокую продуктивность показали гибридные формы, полученные с участием в качестве отцовской формы сорта Эрлон. Установлена также повышенная антирадикальная активность суслу у генотипа BV-1-11-10 по сравнению с другими генотипами. Высокие баллы при органолептической оценке получили вина из формы BV-1-8-8 (гармоничное питкое вино, с выраженными нотками корицы и яблочного пирога в аромате) и BV-1-13-6 (выражены растительные нотки и ароматы тимьяна). Выбранные новые гибридные формы винограда по изучаемым хозяйственно-ценным признакам могут быть использованы для биологического виноградарства с минимальным количеством опрыскиваний против милдью и оидиума. По результатам исследований, гибридная форма BV-1-13-6 рекомендуется для сохранения в генофонде для использования в дальнейшей селекционной работе. Гибридная форма BV-1-8-8 под названием «Руна» была передана на сортоиспытание.

Ключевые слова: биологическое виноградарство, комплексно-устойчивые сорта, селекция винограда, устойчивость к болезням, биохимическая оценка вина, спектрофотометрический анализ суслу и вина.

В последнее время в мировом сельском хозяйстве все большее значение придается альтернативным системам земледелия: органическому, биологическому, органо-биологическому, биодинамическому и др., в которых существует ряд ограничений в технологии, для решения задач получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, обладающей высокими пищевыми, диетическими и лечебными свойствами [1, 4, 7]. Такие же тенденции наблюдаются в мировом виноградарстве и виноделии. В последние годы в мире все шире переходят к так называемому интегрированному или органическому виноградарству. Система интегрированного виноградарства предусматривает применение биологических методов защиты растений, микроорганизмов, препаратов растительного и животного происхождения, феромонных ловушек, адаптивных подвоев и др. [1, 6]. По данным Международной организации виноградарства и виноделия (OIV), доля такой продукции в отрасли имеет тенденцию роста. Продукция этой категории пользуется спросом во многих странах мира.

Особая актуальность для культуры винограда этой проблемы обусловлена тем, что исторически сложившийся в Евро-Азии сортимент, относящийся к европейско-азиатскому виду, характеризуется отсутствием устойчивости к большинству наиболее вредоносных паразитов [2, 4]. Это приводит к необходимости применять «химический зонтик», регулярные обработки пестицидами, что в свою очередь приводит к неблагоприятному воздействию на экологическую среду, к риску получения продукции с остаточным количеством химических препаратов, повышению материальных затрат на сохранение урожая и растений, снижению экономических показателей. В Европе 65% всех применяемых препаратов, используемых в сельском хозяйстве, приходится на виноградарство. В некоторых виноградарских районах Бразилии ежегодно проводят до 24 обработок против милдью. В этой связи наряду с вышеперечисленными элементами интегрированного виноградарства ключевая роль в решении проблемы принадлежит созданию и внедрению в производство устойчивых сортов. Создание таких сортов основано на межвидовой гибридизации, с привлечением для скрещивания с видом *Vitis vinifera*, носителем генов урожайности и качества, других видов, принадлежащих этому роду, с признаками устойчивости к болезням, вредителям, низким температурам. Исследования в этом направлении были начаты в Европе в середине XIX в. До недавнего времени такие сорта не получали распространения из-за низкого качества винодельческой продукции, которую из них получали. Такие исследования в настоящее время продолжают в ряде селекционных центров: в Италии, Бразилии, Германии, Сербии, России (НИИ «Магарач», Всероссийском НИИ виноградарства и виноделия, Северокавказском НИИ садоводства и виноградарства) и др.

Многолетняя исследовательская работа по разработке методов биологического виноградарства, созданию и внедрению новых устойчивых качественных сортов в условиях Южной Моравии, Чехии проводится М. Михловски. За прошедший период привлечен и сохранен значительный генофонд гибридного материала, обладающий перспективами для использования в селекционном процессе. В результате последовательной селекционной работы, включающей в себя ряд этапов, созданы генотипы столового и технического направлений использования, обладающие устойчивостью к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды, в сочетании с высоким уровнем качества продукции, имеющие перспективу для использования в производстве и для дальнейшей селекции. Эти формы характеризуются разной генетической формулой – соот-

ношением в генотипе североамериканских видов и европейско-азиатского вида винограда.

Цель данного исследования состояла в том, чтобы на основе комплексного изучения новых селекционных форм винограда в рамках третьего этапа гибридизации Винселект Михловски выявить наиболее перспективные для производства качественных вин и для дальнейшего использования в селекции. В задачи исследований входило изучение агробиологических, фенологических, увологических показателей, химического состава сусла, вин, проведение дегустационной оценки качества вина.

Методика исследования. Объектами изучения были технические устойчивые формы винограда BV-1-8-8, BV-1-8-10, BV-1-11-10, BV-1-13-6. Первые две формы получены в результате комбинации скрещивания Мальверина × Эрилон, а две последних – Мальверина × Мерцлинг. В обеих комбинациях использовался в качестве материнской формы сорт Мальверина, полученный Михловски Милошем в результате сложной комбинации скрещивания (Сейв Виллар 12375 × Мальвазия розе) × (Мерло × Зейбель 13666). Это сорт винного направления использования, зарегистрирован в 2001 г., имеет средне-поздний срок созревания, используется для получения продукции органического виноградарства. Продукция получила высокую оценку на международных конкурсах. Сорт Эрилон также является сложным гибридом, полученным в результате скрещивания (Франковка × Каберне фран) × (Мерло × Зейбель 13666). Сорт Мерцлинг получен в комбинации скрещивания Сейв Виллар 5276 × (Рислинг × Пино гри). В изучаемых гибридных формах доля Европейско-азиатского винограда в генетической формуле составляет в комбинации Malverina × Erilon 78,5%, а в комбинации Malverina × Merzling – 75,2%. В качестве контроля служил сорт Рислинг итальянский, принадлежащий виду *Vitis vinifera* и широко распространенный в странах Центральной и Восточной Европы. Виноматериалы из новых форм и контроля были приготовлены методом микро-виноделия. Химический анализ сусла и вин проводился в лаборатории компании Винселект Михловски по методике, описанной в диссертационной работе А. Хафизовой [5].

Схема посадки кустов – 1,2 × 0,8 м, форма кустов – односторонний Гюйо, система ведения – вертикальная низкая шпалера высотой 1,2 м.

Профилактическое опрыскивание устойчивых сортов винограда проводится препаратами на основе меди и серы три раза за сезон.

Исследования проводились на виноградниках в кадастре деревни Перна, Южная Моравия, Чехия, в 2014-2015 гг.

По многолетним метеорологическим данным, климат Южной Моравии континентальный, умеренный, с мягкой зимой и сухим теплым летом. Сумма активных температур составляет примерно 3600⁰ С, что обеспечивает созревание сортов винограда различных сроков созревания. Южная Моравия относится к зоне достаточного для культуры винограда увлажнения. Преобладают песчаные и глинисто-песчаные почвы, преимущественно черноземы карбонатные и луговые, типичные буроземы, также встречаются в небольшом количестве серые лесные разной степени оподзоленности, каштановые и темно-каштановые. Почвы обладают высоким плодородием, имеют высокий уровень содержания фосфора, калия, кальция и магния. Изучение погодных условий показало, что режим температуры и осадков в годы исследований незначительно отличался от средних многолетних показателей и был благоприятным для культуры.

Результаты исследований и обсуждение. Наиболее важными болезнями винограда, которые приводят к повреждению кустов и значительным потерям урожая, являются милдью, оидиум и серая гниль. Как показали наши исследования, все исследуемые гибридные формы характеризовались более высоким уровнем комплексной устойчивости к основным болезням винограда по сравнению с контролем (табл. 1). Особенно это заметно по отношению к наиболее вредоносному заболеванию – милдью.

Таблица 1

**Устойчивость гибридных форм винограда к болезням
(баллы согласно классификации UKZUZ)**

Форма	Серая гниль	Милдью	Оидиум
BV-1-8-8	8	9	8
BV-1-8-10	8	9	9
BV-1-11-10	9	9	8
BV-1-13-6	9	9	8
Рислинг итальянский	6	6	6

По показателю устойчивости к серой гнили все изучаемые формы показали более высокий уровень по сравнению с контролем, максимальные значения проявили формы BV-1-11-10 и BV-1-13-6. Максимальное значение устойчивости к оидиуму отмечено у гибридной формы BV-1-8-10, остальные изучаемые формы получили 8 баллов, а контрольный сорт Рислинг рейнский – 6 баллов. Таким образом, исследуемые формы в условиях применения всего трех профилактических обработок препаратами на основе меди и серы три раза за вегетационный период показали почти полное отсутствие повреждений вегетативных и генеративных органов тремя самыми опасными грибными болезнями винограда: серая гниль, милдью и оидиум. Это свидетельствует о высоком потенциале использования этих форм для биологического виноградарства.

Анализ результатов фенологических наблюдений показывает, что вегетационный период у изучаемых форм наступает несколько раньше (на 2-3 дня), чем у контрольного сорта, что, очевидно обусловлено присутствием в генотипе новых форм представителей североамериканской группы видов, характеризующихся более низким уровнем значения биологического нуля. Вместе с тем можно отметить также и то обстоятельство, что распускание почек у новых форм наступает почти на неделю позже по сравнению с европейским сортом Рислинг рейнский. Это является положительным моментом с точки зрения ухода от возможных весенних заморозков. Однако к началу фазы цветения эти различия отсутствуют – в наступлении этой фазы различия между опытными формами и контрольным сортом были незначительными. Фаза цветения в одних и тех же условиях у гибридных форм протекает в более

сжатые сроки: 11-15 дней против 18 дней в контроле. Более существенные различия между опытными формами и контролем отмечены в наступлении фазы созревания ягод. Более ранние сроки наступления фазы созревания ягод характерны для формы BV-1-8-8. Самое позднее начало созревания ягод установлено у контрольного сорта Рислинг итальянский. Все изучаемые формы и контрольный сорт относятся к сортам средне-позднего срока созревания.

Таблица 2

Даты наступления фенофаз

Форма	Сокодвижение	Распускание почек и рост побегов	Цветение	Рост ягод	Начало созревания ягод	Листопад
BV-1-8-8	26.03	20.04	02.06	13.06	12.08	03.11
BV-1-8-10	25.03	23.04	30.05	14.06	14.08	29.10
BV-1-11-10	26.03	20.04	30.05	12.06	14.08	03.11
BV-1-13-6	26.03	23.04	30.05	12.06	15.08	03.11
Рислинг итальянский	28.03	15.04	01.06	19.06	23.08	16.11

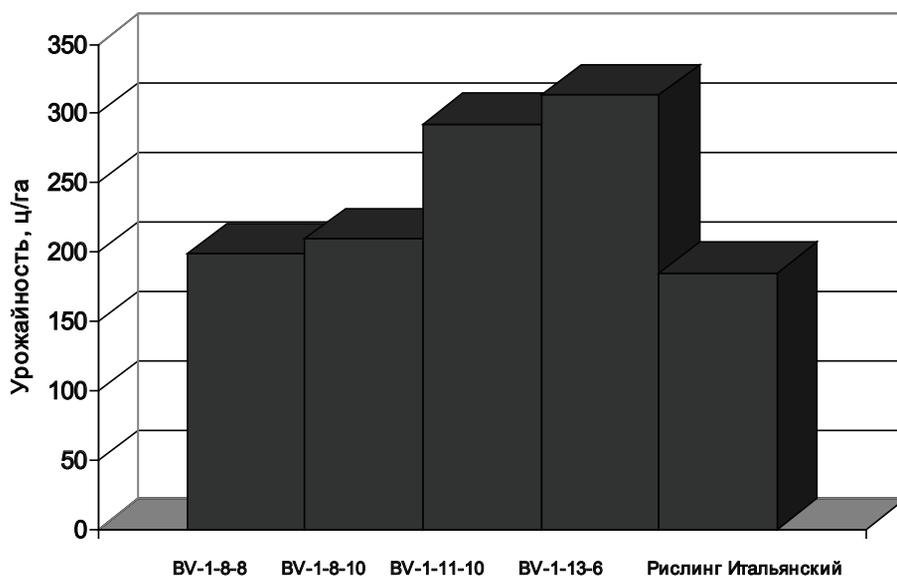


Рис. 1. Урожайность изучаемых форм (ц/га)

Учеты урожая показали, что все новые гибридные формы превосходили контрольный сорт по его величине. Более высокую продуктивность показали гибридные формы, полученные с участием в качестве отцовской формы сорта Эрилон. Самый высокий уровень урожайности показала форма BV-1-13-6: по сравнению с контролем урожай с куста увеличился почти в 2 раза. По величине средней массы грозди выделились формы BV-1-11-10 и BV-1-13-6. По важнейшему показателю качества урожая – сахаристости – выделились формы BV-1-8-10 и BV-1-11-10.

Таблица 3

Структура и качество урожая

Форма	Дата сбора	Урожай с куста, кг	Масса грозди, г	Количество гроздей на куст, шт.	Сахаристость, %	Общая кислотность, г/л	pH
BV-1-8-8	16/9	1,91	144,3	13,2	20,7	7,08	3,19
BV-1-8-10	15/9	2,01	147,6	13,6	23,0	5,35	3,36
BV-1-11-10	16/9	2,81	205,9	13,6	22,0	8,26	3,07
BV-1-13-6	16/9	3,01	165,3	18,2	18,5	6,41	3,33
Рислинг итальянский	30/9	1,78	145,6	12,2	18,5	7,02	2,93
НСР 05		0,201	19,86	2,1	0,91	0,15	

Отмечены существенные различия между изучаемыми формами в величине грозди. Формирование более крупных гроздей было характерно для гибридной формы BV-1-11-10. Существенное увеличение количества гроздей на кусте по сравнению с контролем и другими гибридными формами отмечено у BV-1-13-6. По интенсивности сахаронакопления лучшие результаты показали BV-1-8-10 и BV-1-11-10.

Таким образом, по показателям агробиологической продуктивности и показателям качества ягод винограда как сырья для переработки полученные формы превосходят контрольный сорт Рислинг итальянский.

Важнейшим показателем при оценке новых гибридных форм технического направления использования является качество виноматериалов. Виноматериалы из новых гибридных форм и контроля были приготовлены методом микровиноделия по утвержденным технологическим схемам.

Анализ полученных виноматериалов показал, что все образцы соответствовали требованиям к столовым виноматериалам. Максимальная спиртуозность была характерна для образца, полученного формы BV-1-8-10, затем следовала форма BV-1-11-10.

Таблица 4

Результаты биохимической оценки вин опытных образцов

Форма	Спирт, об., %	pH	Титруемая кислотность, г/л	Летучая кислотность, г/л	Яблочная кислота, г/л	Молочная кислота, г/л	Винная кислота, г/л	Лимонная кислота, г/л	Глицерол, г/л	Безахарный экстракт, г/л
BV-1-8-8	12,5	2,8	6,6	0,2	0,8	0,3	2,4	0,2	5,7	14,0
BV-1-8-10	14,0	2,9	6,0	0,2	0,6	0,3	1,8	0,3	6,3	12,4
BV-1-11-10	13,2	3,0	7,6	0,4	1,8	0,1	3,6	0,2	6,1	18,8
BV-1-13-6	11,5	3,3	6,7	0,3	2,0	0,1	2,7	0,2	6,2	17,9
Рислинг итальянский	11,1	2,4	7,1	0,2	1,5	0,0	5,2	0,3	3,8	15,7

Таблица 5

Спектрофотометрический анализ сусле и вина

Форма	Ягоды			Вино		
	общие полифенолы, мг/л галловой кислоты	общие флаванолы, мг/л галловой кислоты	антирадикальная активность, мг/л галловой кислоты	общие полифенолы, мг/л галловой кислоты	общие флаванолы, мг/л галловой кислоты	антирадикальная активность, мг/л галловой кислоты
BV-1-8-8	2282,6	479,5	640,0	280,8	19,6	63,8
BV-1-8-10	2538,8	754,7	819,1	295,1	34,2	63,1
BV-1-11-10	4014,4	1208,6	1308,4	354,2	49,1	89,8
BV-1-13-6	1979,0	577,3	531,3	249,9	17,8	48,7
Рислинг итальянский	4003,6	1258,3	1751,7	247,0	16,6	49,8

Относительно более высокое содержание яблочной кислоты было характерно для образца вина, полученного методом микровиноделия из формы BV-1-13-6, а винной кислоты – из формы BV-1-11-10. Все опытные образцы превосходили контрольный европейский сорт Рислинг итальянский по содержанию глицерола.

Спектрофотометрический анализ сусле и вина показал повышенное содержание общих полифенолов и флаванолов в сусле у гибридной формы BV-1-11-10 и контрольного сорта Рислинг итальянский, а пониженное – у формы BV-1-8-8,

Установлена также повышенная антирадикальная активность суслу у генотипа BV-1-11-10 по сравнению с другими. При анализе вина не отмечены существенные различия между исследуемыми формами и контролем в содержании полифенолов. Несколько повышенное содержание флаванолов установлено у образцов вин, приготовленных из BV-1-11-10 и BV-1-8-10. По величине антирадикальной активности вина выделилась форма BV-1-11-10.

Таблица 6

Дегустационная оценка вин/баллы (по Паркеру)

BV-1-8-8	Гармоничное, питкое вино с выраженными нотками корицы и яблочного пирога в аромате	84,3
BV-1-8-10	Нейтральный, открытый образец с выраженным ароматом яблок, характерным для игристых вин	80,0
BV-1-11-10	Вино с выраженными пряными ароматами, характерна повышенная терпкость послевкусия с гибридными тонами	81,3
BV-1-13-6	В вине выражены растительные нотки и ароматы тимьяна	84,0
Рислинг итальянский	Нейтральный образец с запахом автолиза	80,7

Важнейшим и определяющим показателем при оценке гибридных форм, полученных с участием североамериканских видов винограда, является органолептическая оценка, которая позволяет установить наличие во вкусе и аромате гибридных тонов повышенной терпкости и др. Дегустационная оценка по Паркеру виноматериалов показала, что образцы полученных из гибридных форм BV-1-8-8 и BV-1-13-6 отличались высоким комплексом органолептических характеристик (84 балла и более по Паркеру), в то время как контрольный сорт и гибридные формы BV-1-8-10 и BV-1-11-10 имели более низкие оценки, обусловленные главным образом повышенной терпкостью и нехарактерными ароматами.

Заключение

Выбранные новые гибридные формы винограда по изучаемым хозяйственно-ценным признакам могут быть использованы для биологического виноградарства с минимальным количеством опрыскиваний против милдью и оидиума.

По результатам исследований гибридная форма BV-1-13-6 рекомендуется для сохранения в генофонде для использования в дальнейшей селекционной работе. Гибридная форма BV-1-8-8 под названием «Руна» была передана на сортоиспытание.

Библиографический список

1. Михловски М. Альтернативно-экологическая система возделывания винограда // Виноград и вино России. № 1. М. 1995.
2. Михловски М., Хафизова А. Современные подходы и направления селекции винограда на устойчивость в Чешской республике. Магарач // Виноградарство и виноделие. № 3. 2015. С. 31-33.

3. Раджабов А.К., Лычёва Л.А., Гержикова В.Г. Разработка элементов технологии производства столовых сухих вин из устойчивого сорта винограда Бианка в условиях Левобережья Дона // Достижения науки и техники АПК. № 12. 2008. С. 60-62.

4. Раджабов А.К. Технология ухода за виноградником. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2011. 140 с.

5. Хафизова А. Изучение выбранных фенольных веществ, обладающих антиоксидантной активностью, в ягодах и вине новых межвидовых сортов винограда в условиях Южной Моравии Чешской Республики. Чехия: Леднице, 2012.

6. Чемисова Л.Э., Гугучкина Т.И., Попова О.Ф. Экскурс в экологическое производство винограда и вина // Виноделие и виноградарство. № 3. М. 2015. С. 4-8.

7. Шнаар Д. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве. Кн. 1. 336 с. Кн. 2. 510 с. СПб., 2005.

NEW PROMISING TECHNICAL HYBRID FORMS OF GRAPE SELECTION FOR THE BIOLOGICAL VITICULTURE BY VINSELEKT MICHLOVSKY

M. MICHLOVSKI¹, A.K. RADZHABOV², A. KHAFIZOVA¹

¹Vinselekt Michlovsky, Czech Republic;

²Russian state agrarian University-MTAA named after K.A. Timiryazev

The article is about the development of biological viticulture, which is based on minimizing chemical treatments for protection against pests and diseases by breeding and introducing new varieties with complex resistance to diseases and pests. The new hybrid forms were tested as a result of the third stage of breeding work by the method of interspecific hybridization. The objects of study were technical stable forms of the grapes produced by crossing Balverine x Erilon, Milverine x Marzling, the control grape variety was Riesling Italian. In the studied hybrid forms, the share of Euro-Asian grapes in the genetic formula is 75-78%. Preventive spraying of the investigated forms was carried out with products based on copper and sulphur three times per season. We studied the complex of signs of new forms, including the quality of wine production. All studied forms belong to the group of medium-late ripening. The studied hybrid forms were characterized by a higher level of complex resistance to the main diseases of grapes compared to control – 8 – points according to the classification of UKZUZ. All new hybrid forms were superior to the control variety in yield. The hybrid forms, got with his father's form varieties Erilon, showed higher productivity. Antiradical activity of the wort from genotype BV-1-11-10 increased compared to the other genotypes. High scores for organoleptic evaluation of wine, got out of forms BV-1-8-8 (harmonious, beverage wine, with pronounced notes of cinnamon and Apple pie the aroma) and BV-1-13-6 (pronounced floral notes and aromas of thyme). New selected hybrid forms of grapes can be used for biological viticulture with the minimum number of sprayings against mildew and oidium according to the studied agronomic characteristics. According to the studies, hybrid form BV-1-13-6 is recommended to preserve the gene pool for using in further breeding work. Hybrid form BV-1-8-8, named «Rune», was submitted for testing.

Key words: biological viticulture, complex-resistant varieties, selection of grapes, disease resistance, biochemical estimation of wine, spectrophotometric analysis of must and wine.

References

1. *Michlovsky M.* Alternativno-ekologicheskaya sistema vozdelevaniya vinograda. Vinograd i vino Rossii. Moskva. № 1. 1995.
2. *Michlovsky M., Khafizova A.* Sovremennye podhody i napravleniya selektsii vinograda na ustoichivost v Cheshskoy respublike. Magarach. Vinogradstvo i vinodelie. № 3. 2015. P. 31-33.
3. *Radzhabov A.K., Lycheva L.A., Gerzhikova V.G.* Razrabotka elementov tehnologii proizvodstva stolovyyh suhih vin iz ustoichivogo sorta vinograda Bianka v usloviyah Levoberezhya Dona Zh. «Dostizhenia nauki i tehniki APK». № 12. 2008. P. 60-62.
4. *Radzhabov A.K.* Tehnologiya uhoda za vinogradom. M.: Izdatelstvo RGAU-MSHA. 2011. 140 p.
5. *Khafizova A.* Izuchenie vybrannyh fenolnyh veshchestv, obladayushchih antioksidantnoy aktivnostyu, v yagodah i vine novyyh mezhvidovyh sortov vinograda v usloviyah Yuzhnoy Moravii, Cheshskoy Respubliki. Chehiya, Lednitse, 2012.
6. *Chemizova L.E., Guguchkina T.I., Popova O.F.* Ekskurs v ekologicheskoe proizvodstvo vinograda i vina. Vinodelie i vinogradstvo. M., 2015. С. 4-8.
7. *Shpaar D.* Ekologizirovannaya zashchita rasteniy v ovoshchevodstve, sadovodstve i vinogradstve. (Kniga 1 i kniga 2). Sankt-Peterburg, 2005. 336 p. i 510 p.

Раджабов Агагомед Курбановичзав, зав. кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия, д.с.-х.н., профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, plod@timacad.ru

Михловски Милош, руководитель научно-производственного объединения «Винселект Михловски», д.с.-х.н., почетный доктор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 69103, Раквице, Чехия; тел.: +420519360870; fax: +420519360889; michlovsky@michlovsky.com

Хафизова Алиса, специалист научно-производственного объединения «Винселект Михловски», к.с.-х.н., 69103, Раквице, Чехия; тел.: +420519360870; fax: +420519360889; michlovsky@michlovsky.com

Radjabov Agamegold Kurbanovich. Head of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, the doctor of agricultural Sciences, Professor. Russian state agrarian University – МТАА named after K.A. Timiryazev, Russia, 127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49, plod@timacad.ru

Michlovsky Milos, head of the scientific-production Association «Vinselkt Michlovsky», doctor of agricultural Sciences, honorary doctor GAMA named after K.A. Timiryazev, the 69103 Rakvice, Czech Republic; tel.: +420519360870; fax: +420519360889; michlovsky@michlovsky.com

Khafizova Alice, specialist of the scientific-production Association «Vinselkt Michlovsky», candidate of agricultural Sciences, the 69103 Rakvice, Czech Republic; tel.: +420519360870; fax: +420519360889; michlovsky@michlovsky.com

УДК 631.523:577.21:635.25

**СКРИНИНГ ВАС-БИБЛИОТЕКИ ЛУКА БАТУНА
(*ALLIUM FISTULOSUM* L.) НА ПРИЦЕНТРОМЕРНЫЙ ПОВТОР
С ПОМОЩЬЮ ДНК-ЗОНДА И FISH-АНАЛИЗА**

М.А. ШЕЙХ БЕЙГ ГОХАРРИЗИ, А.В. КИСЕЛЕВА, Л.И. ХРУСТАЛЕВА

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Библиотеки бактериальных искусственных хромосом (Bacterial Artificial Chromosome, ВАС) широко используются при анализе геномов и поиска маркеров для идентификации индивидуальных хромосом. ВАС клоны в сочетании с флуоресцентной in situ гибридизации (FISH) являются эффективным методом для исследования генома и физического картирования. В работе отражается проведенный ПЦР-анализ 1016 ВАС клонов геномной ДНК *Allium fistulosum*. В качестве ДНК-зонда для отбора ВАС клонов, несущих прицентромерный повтор, использовали праймеры AfT32. Данные праймеры были получены авторами ранее при биоинформатическом анализе полностью секвенированного одного ВАС клона из библиотеки геномной ДНК *A. fistulosum*. В результате ПЦР-скрининга выявлено три ВАС клона, содержащих данный тандемный повтор. С помощью FISH с отобранными ВАС клонами показана их локализация в прицентромерной области на хромосомах 5 и 6. Полученные цитогенетические маркеры могут быть использованы для интегрирования генетических и физических карт *A. fistulosum* и в селекционных программах. Дальнейший анализ и секвенирование ВАС клонов позволит выяснить то, какие повторы и другие элементы генома (в том числе гены) расположены рядом с изучаемым прицентромерным повтором, входит ли AfT32 в состав центромерной области и сколько копий этого повтора в геноме. Эти данные пополняют знания о формировании структуры прицентромерной и центромерной области хромосом растений и их эволюции.*

Ключевые слова: *Allium fistulosum*, ВАС клоны, прицентромерный повтор, FISH.

Библиотеки бактериальных искусственных хромосом (Bacterial Artificial Chromosome, ВАС) являются одним из главных инструментов анализа геномов. С помощью ВАС векторов можно клонировать последовательности ДНК больших размеров, до 300 тыс. пар нуклеотидов [36]. Геномные ДНК-библиотеки уже получены для таких важных сельскохозяйственных культур, как сорго [40], рис [39], пшеница [23], картофель [33] и лук репчатый [34]. Ранее нами была создана ВАС библиотека геномной ДНК лука-батуна, *A. fistulosum* [1]. Лук-батун является донором ценных генов для селекции лука репчатого – таких, как устойчивость к луковой листовой гнили [4], розовой корневой гнили [26], антракнозу [7], луковой мухе [5]. Кроме того,

лук-батун по сравнению с луком репчатым обладает высоким содержанием сухого вещества, более острым вкусом и морозостойкостью, более ранним и более коротким цветением, большей привлекательностью соцветий для насекомых-опылителей [37]. В 2013 г. был **начат проект по секвенированию генома *A. fistulosum* университетом Миссури (USA)**.

Центромерная последовательность ДНК является важным элементом хромосомы, которая участвует в правильном расхождении сестринских хроматид при делении клетки. Изучение молекулярной структуры центромеры затрудняется тем, что ее последовательность представлена гомогенной высокоповторяющейся ДНК, составляющей миллионы пар нуклеотидов. Такая структура центромеры создает трудности при секвенировании и сборке геномов. Первая центромера растений, которая была полностью секвенирована, – это центромера хромосомы 8 риса [24]. Несмотря на универсальность функции центромеры у всех организмов, ДНК-последовательность центромеры часто видо- и хромосомспецифична [8, 10, 16]. Недавно хромосомспецифичные повторы были выявлены в центромере картофеля [9]. Об организации центромерного повтора луковых практически ничего неизвестно. В недавней работе с помощью хроматин-иммунопреципитации с антителом на центромерспецифичный гистон СЕНН3 были выявлены части центромерного повтора *A. fistulosum*, который при FISH-гибридизации имел сигналы в центромерном регионе всех 16 хромосом лука батунна [25]. Однако полностью изучить организацию данного повтора у *A. fistulosum* пока не удалось. В недавней работе с помощью хроматин-иммунопреципитации с антителом на центромерспецифичный гистон СЕНН3 были выявлены части центромерного повтора. Нами был выявлен и секвенирован ВАС клон, несущий прицентромерный повтор AfT32 [2]. Пока не доказано, что AfT32 входит в структуру функциональной центромеры. С помощью флуоресцентной *in situ* гибридации (FISH) мы установили, что данный повтор локализуется в прицентромерной области хромосомы 5. В недавней работе с помощью хроматиниммунопреципитации с антителом на центромерспецифичный гистон СЕНН3 были выявлены части центромерного повтора *A. fistulosum*. Поэтому мы назвали этот повтор прицентромерным [2].

ВАС клоны в сочетании с FISH являются эффективным методом для исследования генома и физического картирования. ВАС-FISH был успешно использован для создания хромосом специфических маркеров с целью идентификации индивидуальных хромосом картофеля [33]. ВАС-FISH-картирование хромосомы 1 сорго показало, что данный подход гораздо эффективнее для создания хромосомспецифичных маркеров, чем отбор с помощью проточной цитометрии или микродессекции [13]. FISH-картирование ВАС клонов было ключевым моментом в секвенировании хромосомы 6 томатов [35].

В работе был проведен скрининг 1016 ВАС клонов на наличие прицентромерного повтора AfT32. В результате ПЦР-анализа было выявлено три ВАС клонна с прицентромерным повтором. FISH-картирование отобранных клонов подтвердило их локализацию в прицентромерных областях хромосомы 5 и 6 *A. fistulosum*.

Материалы и методы исследования. Растительный материал. В работе были использованы семена лука батунна, *A. fistulosum* ($2n = 2x = 16$), сорт Русский Зимний, предоставленные компанией «Гавриш».

Скрининг ВАС-библиотеки. Скрининг ВАС-библиотеки был проведен с полученными ранее праймерами Af1T32 [2]:

R5' – TAGGCGGAGTTCAAATATGG-3'; F 5' – CCCACSTAAATACGGACA-3' с помощью пулов (каждый пул – 8 клонов). ПЦР-амплификация была выполнена в 20 µl смеси ПЦР, содержащей 1X буфер Taq; 3mM MgCl₂; 0,2 dNTP; 10µM праймера, 0,5 U Taq полимеразы и 10 нг ВАС-ДНК. Условия ПЦР: 94°C – 1 мин; 35 циклов: 94°C – 1 мин, 57°C – 1 мин, 72°C – 1 мин; последняя элонгация 72°C – 3 мин.

Приготовление препаратов митотических хромосом. Семена *A. fistulosum* сорта Русский зимний были выращены на влажной фильтровальной бумаге в течение 72 ч при 25°C, затем обработаны N₂O в камере под давлением 10 атмосфер в течение 3 ч. Фиксация корней проводилась в смеси этанол: уксусная кислота (3:1). Приготовление препаратов хромосом проводили методом «SteamDrop» [18].

Плазмидная ДНК ВАС клонов была выделена путем щелочного лизиса с последующей фенолхлороформ-очисткой. Плазмидная ДНК была мечена Biotin-16-dUTP, ПЦР-продукт тандемного повтора был мечен Dig-11-dUTP с помощью Nick-трансляции (Roche, Mannheim, Germany).

FISH. FISH была проведена по методу, описанному ранее Khrestaleva and Kik [17]. Гибридационная смесь состояла из 50% (v/v) деионизированного формамида, 10% (w/v) декстрансульфата, 2 × SSC, 0,25% натрия додецилсульфата, 2,5 нг/мкл ДНК пробы. Смесь денатурировали при 80 °C в течение 10 мин. Жесткость гибридизации – 78%. Жесткость отмывки – 80%. Детекцию сайтов гибридизации с Biotin-16-dUTP-пробой проводили с помощью Streptavidin-Cy₃, Anti-Streptavidin-Biotin, Streptavidin-Cy₃ (Vector Laboratories, USA), а проб, меченных Dig-11-dUTP, – с помощью anti-digoxigenin-FITC антител (Roche, Mannheim, Germany) в соответствии с прилагаемыми протоколами.

Микроскопия и анализ изображения. Препараты анализировались на флуоресцентном микроскопе AxioImager M1 (Carl Zeiss MicroImaging, Jena, Germany) с использованием цифровой камеры AxioCam MRm. Обработку изображений производили с помощью программы Axio Vision, версия 4.6.3 (Carl Zeiss MicroImaging, Jena, Germany). Изображения были оптимизированы с помощью функции контраста и яркости в программе Adobe Photoshop (Adobe Inc., San Jose, California, USA).

Кариотипирование. Кариотипирование было проведено согласно стандартной номенклатуре для луков, предложенной Kalkman [15] и одобренной на 4-м симпозиуме Эукарпия по луковым (the Fourth Eucarpia Allium Symposium) [38]. Морфометрия хромосом была выполнена с использованием программы MicroMeasure [29].

Результаты и их обсуждение. Скрининг ВАС-библиотеки. В качестве ДНК-зонда для отбора ВАС клонов, несущих прицентромерный повтор, использовали праймеры Af1T32. В результате ПЦР-анализа 1016 ВАС клонов, несущих вставку геномной ДНК *A. fistulosum* со средним размером 30 тыс. пар нуклеотидов, продукт амплификации был получен на трех клонах: 10.11.3, 11.4.2 и 11.4.7, что свидетельствует по крайней мере о наличии сайтов отжига для праймеров Af1T32 в этих клонах (рис. 1a). При амплификации был получен фрагмент ДНК ожидаемой длины в 197 п.н. (пар нуклеотидов), а также более длинные фрагменты, которые были вырезаны из геля и снова амплифицированы с этими же праймерами. В результате был получен ПЦР-продукт в 197 п.н., что свидетельствует о тандемной организации «Голова-хвост» данного повтора (рис. 1b).

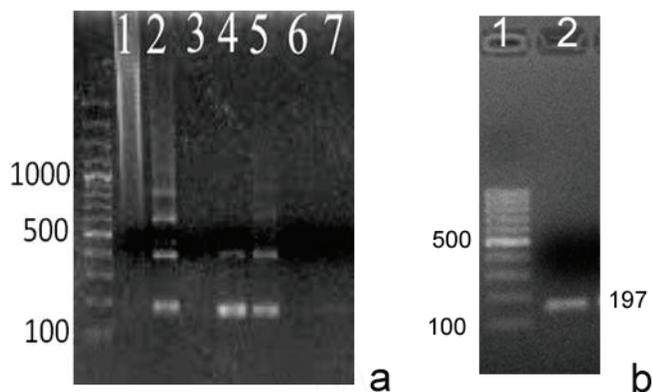


Рис. 1. Результаты ПЦР амплификации с праймерами AfT32: а) с плазмидной ДНК ВАС клонов: 1-10.10.3, 2-10.11.3, 3-5.2.2, б) 4-11.4.2, 5-11.4.7, 6-11.4.8, 7-10.11.4; б) повторная амплификация с ПЦР продуктами, полученными с этими ВАС клонами: 2-197 п.н. фрагмент; маркер размеров 100 бр.

Ранее проведенный нами биоинформатический анализ с помощью программы Tandem Repeats Finder секвенированного ВАС клона 5.10.7 также свидетельствовал о тандемной организации этого повтора в геноме *A. fistulosum* [2]. Такая организация повторов в тандемные ряды характерна для изученных центромерных последовательностей ДНК у эукариот включая человека, дрозофилу, мышь, рис, кукурузу и др. [11, 14]. Тандемная организация повторов была показана также при клонировании и анализе центромерспецифичного повтора сорго [22]. Однако тандемная организация повторов характерна не только для центромеры. Тандемные повторы довольно часто встречаются в геноме растений [21, 32]. Обычно тандемные повторы связаны с такими структурами хромосомы, как теломера, центромера, субтеломера и гетерохроматиновые области [21, 30]. Ранее проведенный нами анализ субтеломерного повтора у *A. fistulosum* показал тандемную организацию «Голова-хвост» сателлитного повтора размером 378 п.н. [6].

ВАС-FISH. Отобранные ВАС клоны, несущие вставку AfT32 тандемного повтора, были помечены Biotin-16-dUTP с помощью Nick-трансляции и использованы в качестве пробы в FISH-эксперименте на митотических метафазных хромосомах *A. fistulosum*. В результате FISH-анализа всех трех клонов выявлены флуоресцентные сигналы в области центромеры на четырех хромосомах (рис. 2а).

Следует отметить, что при *in situ* гибридизации с меченой плазмидной ДНК ВАС клонов по всей длине хромосом наблюдался слабый флуоресцирующий сигнал (рис. 2а), что свидетельствует о наличии в ВАС клонах, кроме прицентромерного повтора, других последовательностей геномной ДНК, которые разбросаны по всему геному. Это ожидаемый результат, так как геномы растений насыщены диспергированными повторами [31] и LTR-ретротранспозонами включая *Ty1/copia* и *Ty3/gypsy* [12, 20, 27, 28]. Поэтому имеется большая вероятность того, что диспергированные по геному повторы попадут в большинство ВАС клонов. Когда в качестве пробы мы использовали ПЦР продукт, полученный с AfT32 праймерами и отобранными ВАС клонами в качестве матричной ДНК, то не наблюдали диспергированных сигналов, а были выявлены локализованные сигналы в области центромеры на четырех хромосомах (рис. 2б).

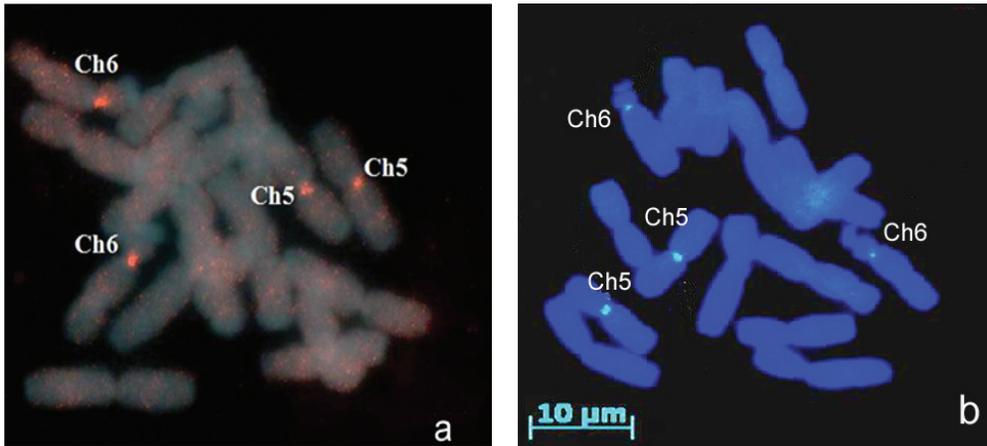


Рис. 2. а) FISH с BAC клоном 10.11.3, несущим вставку прицентромерного тандемного повтора AfIT32, на митотических метафазных хромосомах *A. fistulosum* (красная флуоресценция);
 б) FISH с ПЦР продуктом, полученным с AfIT32 праймерами и BAC клоном 10.11.3 в качестве матричной ДНК (зеленая флуоресценция)

Кариотипирование показало, что сигналы локализованы на двух гомологичных хромосомах 5 (относительная длина – $11,5 \pm 1,5$, центромерный индекс – $47,9 \pm 1,9$) и на двух гомологичных хромосомах 6 (относительная длина – $11,9 \pm 0,3$, центромерный индекс – $18,2 \pm 2,6$). На рисунке 3 представлена идиограмма кариотипа митотических метафазных хромосом *A. fistulosum* с указанным положением гибридизации анализируемых BAC клонов.

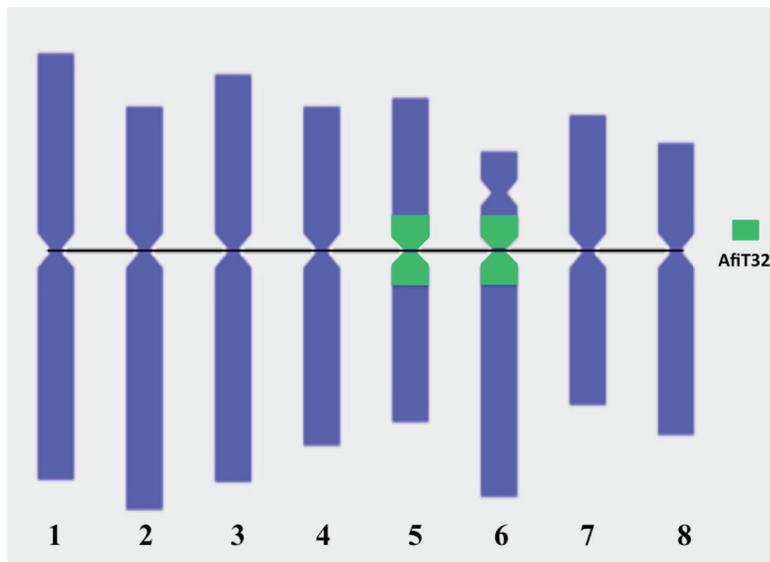


Рис. 3. Идиограмма кариотипа *A. fistulosum* с хромосомной локализацией прицентромерного повтора

Наличие хромосомспецифичных локализованных повторов сообщается в ВАС-FISH-картировании на хромосомах проса [3], сорго [13], люпина [19] и картофеля [33]. Дальнейший анализ и секвенирование ВАС клонов позволят выяснить, какие повторы и другие элементы генома (в том числе гены) расположены рядом с изучаемым прицентромерным повтором, а также то, входит ли AfT32 в состав центромерной области и сколько копий этого повтора в геноме. Эти данные пополняют наши знания о формировании структуры прицентромерной и центромерной области хромосом растений и их эволюции.

Выводы. В результате ПЦР-скрининга ВАС-библиотеки *A. fistulosum* были выявлены три ВАС клона, несущие тандемный повтор AfT32. FISH с этими ВАС клонами показал, что данный повтор локализуется в области центромеры хромосом 5 и 6. *Полученные цитогенетические маркеры могут быть использованы для интегрирования генетических и физических карт A. fistulosum и в селекционных программах для мониторинга интрогрессии генетического материала от донора к реципиенту.*

Благодарим за финансовую поддержку Министерство образования и науки Российской Федерации: аспирантский проект *VN258163, выполняемый Мохаммад Али Шейх Бейг Гохаризи, Иран.*

Библиографический список

1. Киселева А.В., Фесенко И.А., Хрусталева Л.И. Создание геномной ВАС библиотеки *Allium fistulosum* L. для получения цитогенетических маркеров // Известия ТСХА. 2012. № 6. С. 3-39.
2. Киселёва А.В. Создание геномной ВАС библиотеки *Allium fistulosum* L. и ее использование в молекулярно-цитогенетических исследованиях: Автореферат диссертации. Москва, 2013. С. 24.
3. Akiyama Y., Conner Y., Goels S. High-Resolution Physical Mapping in *Pennisetum squamulatum* Reveals Extensive Chromosomal Heteromorphism of the Genomic Region Associated with Apomixis // Plant Physiology. 2004. № 134. P. 1733-1741.
4. Currah L., Maude R.B. Laboratory tests for leaf resistance to *Botrytis squamosa* in onions // Ann Appl Biol. 1984. № 105. P. 277-283.
5. De Ponti O.M.B., Inggamer H. Resistance to the onion fly in *Allium cepa* and *Allium fistulosum* / ed. Q.P. van der Meer // Proc 3rd Eucarpia Allium Symp. PUDOC Wageningen, the Netherlands. 1984. P. 21-23.
6. Fesenko I.A., Khrustaleva L.I., Karlov G.I. Organization of the 378 bp satellite repeat in terminal heterochromatin of *Allium fistulosum* // Russian Journal of Genetics. 2002. № 38 (7). P. 745-753.
7. Galvan G.A., Wietsma W.A., Putrasemedja S., Permadi A.H., Kik C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives // Euphytica. 1997. № 95. P. 173-178.
8. Gindullis F.C., Desel I., Galasso T. Schmidt The large-scale organization of the centromeric region in Beta species // Genome Res. 2001. № 11. P. 253-265.
9. Gong Z., Wu Y., Koblyzkova A. et al. Repeat less and Repeat-Based Centromeres in Potato: Implications for Centromere Evolution // The Plant Cell. 2012. V. 24. № 9. P. 3559-3574.
10. Harrison G.E., Heslop-Harrison J.S. Centromeric repetitive DNA sequences in the genus Brassica // Theor. Appl. Genet. 1995. № 90. P. 157-165.
11. Henikoff S. The centromere paradox: stable inheritance with rapidly evolving DNA / S. Henikoff, K. Ahmad, H.S. Malik // Science. 2001. № 293. P. 1098-1102.
12. Hertweck K. Assembly and comparative analysis of transposable elements from low coverage genomic sequence data in *Asparagales* // Genome. 2013. № 56(9). P. 487-494.

13. Islam-Faridi M.N., Childs K., Klein P.E. et al. A molecular cytogenetics map of sorghum chromosome 1: fluorescence in situ hybridization analysis with mapped bacterial artificial chromosomes // *Genetics*. 2002. № 161. P. 345-353.
14. Jiang J., Birchler J.B., Parrott W.A., Dawe R.K. A molecular view of plant centromeres // *Trends Plant Sci*. 2003. № 8. P. 570-575.
15. Kalkman E.R. Analysis of the C-banded karyotype of *Allium cepa* L. Standard system of nomenclature and polymorphism // *Genetica*. 1984. № 65. P. 141-148.
16. Kamm A. Analysis of a repetitive DNA family from *Arabidopsis arenosa* and relationship between *Arabidopsis* species // *Plant Mol. Biol.* 1995. № 27 (5). P. 853-862.
17. Khrustaleva L.I., Kik C. Cytogenetical studies in the bridge cross *Allium cepa* x (*A. fistulosum* x *A. roylei*) // *TheorAppl Genet*. 1998. № 96. P. 8-14.
18. Kirov I., Divashuk. M., Van Laere V., Soloviev A., Khrustaleva I. An easy «Steam-Drop» method for high quality plant chromosome preparation // *Molecular Cytogenetics*. 2014. № 7. P. 21.
19. Książkiewicz M., Katarzyna W., Szczepani A. et al. Comparative genomics of *Lupinus angustifolius* gene-rich regions: BAC library exploration, genetic mapping and cytogenetics // *BMC Genomics*. 2013. № 14.
20. Kumar A., Pearce S.R., McLean K. et al. The Ty1 copiangroup of retrotransposons in plants: genomic organisation, evolution, and use as molecular markers // *Genetica*. 1997. № 6. P. 205-217.
21. Mehrotra S., Goyal V. Repetitive sequences in plant nuclear DNA: types, distribution, evolution and function // *Genomics Proteomics Bioinformatics*. 2014. № 12(4). P. 71-164.
22. Miller J.T., Jacko S.A., Nasuda S. et al. Cloning and characterization of a centromere-specific repetitive DNA from *Sorghum bicolor* // *Theor and Appl Genet*. 1998. № 9. P. 832-839
23. Moullet O., Zhang H.B., Lagudah E.S. Construction and characterization of a large DNA insert library from the D genome of wheat // *Theor. Appl. Genet*. 1999. № 99. P. 305-313.
24. Nagaki K., Cheng Z., Ouang S. et al. Sequencing of a rice centromere uncovers active genes // *Nature genetics*. 2004. № 36(2). P. 138-145.
25. Nagaki K., Yamamoto N., Yamaji Y., Mukai M. Murata Chromosome dynamics visualized with an anti-centromeric histone H3 antibody in *Allium* // *PLoS One*. 2012. № 7(12). P. 513-515.
26. Netzer D., Rabinowitch H.D., Weintal Ch. Greenhouse technique to evaluate pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris* // *Euphytica*. 1985. № 34. P. 385-391.
27. Pearce S.R., Pich U., Harrison G. et al. The Ty1 copiangroup retrotransposons of *Allium cepa* are distributed throughout the chromosomes but are enriched in the terminal heterochromatin // *Chromosome Res*. 1996. № 5. P. 357-364.
28. Pich U., Schubert I. Terminal heterochromatin and alternative telomeric sequences in *Allium cepa* // *Chromosome Res*. 1998. № 4. P. 315.
29. Reeves A. and Tear J. MicroMeasure for Windows. Version 3.3. 2000 Available from <http://www.colostate.edu/Depts/Biology/MicroMeasure>. Cccessed 25. May 2016.
30. Sharma S., Raina S.N. (Organization and evolution of highly repeated satellite DNA sequences in plant chromosomes // *Cytogenetic Genome Res*. 2005. № 109. P. 15-26.
31. Shibata F., Hizume M. The identification and analysis of the sequences that allow the detection of *Allium cepa* chromosomes by GISH in the allodiploid *A. wakegi* // *Chromosoma*. 2002. V. 111. № 3. P. 184-191.
32. Schmidt T., Heslop-Harrison. J.S. Genomes, genes and junk: the large-scale organization of plant chromosomes // *Trends Plant Science*. 1998. № 5. P. 195-199.
33. Song J., Dong F., Jiang J. Construction of a bacterial artificial chromosome (BAC) library for potato molecular cytogenetics research // *Genome*. 2000. № 43(1). P. 199-204.
34. Suzuki G.A., Ura N., Saito G.S., Do B.B., Seo M., Yamamoto Y. BAC FISH analysis in *Allium cepa* // *Genes Genet Syst*. 2001. № 76(4). P. 251-255.
35. Szinay D., Chang S.B., Khrustaleva L. et al. High-resolution chromosome mapping of BACs using multi-colour FISH and pooled-BAC FISH as a backbone for sequencing tomato chromosome 6 // *Plant J*. 2008. № 56. P. 627-637.

36. Tao Q., Zhang H.B. Cloning and stable maintenance of DNA fragments over 300 kb in *Escherichia coli* with conventional plasmid-based vectors // *Nucleic Acids Research*. 1998. № 26(21). P. 4901-4909.
37. Van der Meer Q.P., Bennekom van J.L. Improving the onion crop (*Allium cepa*L.) by transfer of characters from *Allium fistulosum* L. // *Biul Warzywniczy*. 1978. № 22. P. 87-91.
38. Vries J.N. de. Onion chromosome nomenclature and homoeology relationships – workshop report / J.N. de Vries // *Euphytica*. 1990. № 49. P. 1-3.
39. Wang G.L., Holsten T.E., Song W.Y., Wang H.P., Ronald P.C. Construction of a rice bacterial artificial chromosome library and identification of clones linked to the Xa-21 disease resistance locus // *Plant J*. 1995. № 7. P. 525-533.
40. Woo S.S., Jiang J., Gill B.S. et al. Construction and characterization of a bacterial artificial chromosome library of *Sorghum bicolor* // *Nucl. Acids Res*. 1994. № 22. P. 4922-4931.

SEARCHING FOR BAC CLONES CONTAINING PERICENTROMERIC REPEATS OF BUNCHING ONION (*ALLIUM FISTULOSUM* L.) USING PCR AND FISH ANALYSIS

M.A. SHEIKH BEIG GOHARRIZIM, A.V. KISELEVA, L.I. KHRUSTALEVA

Bacterial artificial chromosome (BAC) libraries are being used widely in genome researches and developing of markers for identification of individual chromosomes. A combination of BAC clones that possess insertion of large genomic DNA fragments and fluorescence in situ hybridization (FISH) is a powerful tool for genome studies and physical mapping. In this work a PCR analysis of 1016 BAC clones from the A. fistulosum genomic DNA library with primers designed on AfiT32 tandem repeat has been done. The primers were obtained based on bioinformatics analysis of the completely sequenced one selected BAC clone in our previous research. It was revealed three BAC clones containing the AfiT32 repeat. Fluorescence in situ hybridization (FISH) with the clones showed strong signal in pericentromeric regions of chromosomes 5 and 6 of A. fistulosum. These chromosomal markers may be used for integration of genetic and physical maps of A. fistulosum and in onion breeding programs. Future sequencing and analysis of the BAC clones allow us to shed light on genomic structure of pericentromeric and centromeric regions, to elucidate what other repeats, mobile elements and possibly genes are located in these chromosome regions, to answer the question whether the AfiT32 repeat is a part of functional centromere and to establish copy number of the tandem repeat presenting in genome. The data will add to our knowledge about structure of pericentromeric and centromeric regions and, in general, evolution of plant chromosome.

Key words: *Allium fistulosum*, BAC clones, pericentromeric repeat, FISH.

References

1. Kiseleva A.V., Fesenko I.A., Khrustaleva L.I. Sozdanie genomnoy VAS biblioteki *Allium fistulosum*L. Dlya polucheniya tsitogeneticheskikh markerov // *Izvestiya TSHA*. 2012. № 6. P. 31-39.
2. Kiseleva A.V. Sozdaniye genomnoy VAS biblioteki *Allium fistulosum* L. i ee ispol'zovanie v molekulyarno-tsitogeneticheskikh issledovaniyah: Avtoreferat dissertatsii. Moskva, 2013. P. 24.
3. Akiyama Y., Conner Y., Goel S. High-Resolution Physical Mapping in *Pennisetum squamulatum* Reveals Extensive Chromosomal Heteromorphism of the Genomic Region Associated with Apomixis // *Plant Physiology*. 2004. № 134. P. 1733-1741.
4. Currah L., Maude R.B. Laboratory tests for leaf resistance to *Botrytis squamosa* in onions // *Ann Appl Biol*. 1984. № 105. P. 277-283.

5. De Ponti O.M.B., Inggamer H. Resistance to the onion fly in *Allium cepa* and *Allium fistulosum*/ ed. Q.P. van der Meer // Proc 3rd Eucarpia Allium Symp. PUDOC Wageningen, the Netherlands. 1984. P. 21-23.
6. Fesenko I.A., Khrustaleva L.I., Karlov G.I. Organization of the 378 bp satellite repeat in terminal heterochromatin of *Allium fistulosum* // Russian Journal of Genetics. 2002. № 38 (7). P. 745-753.
7. Galvan G.A., Wietsma W.A., Putrasemedja S., Permadi A.H., Kik C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives // Euphytica. 1997. № 95. P. 173-178.
8. Gindullis F.C., Desel I., Galasso T., Schmidt T. The large-scale organization of the centromeric region in Beta species // Genome Res. 2001. № 11. P. 253-265.
9. Gong Z., Wu Y., Kobylzka A. et al. Repeat less and Repeat-Based Centromeres in Potato: Implications for Centromere Evolution // The Plant Cell. 2012. V. 24. № 9. P. 3559-3574.
10. Harrison G.E., Heslop-Harrison J.S. Centromeric repetitive DNA sequences in the genus Brassica // Theor. Appl. Genet. 1995. № 90. P. 157-165.
11. Henikoff S. The centromere paradox: stable inheritance with rapidly evolving DNA / S. Henikoff, K. Ahmad, H.S. Malik // Science. 2001. № 293. P. 1098-1102.
12. Hertweck K. Assembly and comparative analysis of transposable elements from low coverage genomic sequence data in *Asparagales* // Genome. 2013. № 56(9). P. 487-494.
13. Islam-Faridi M.N., Childs K., Klein P.E. et al. A molecular cytogenetics map of sorghum chromosome 1: fluorescence in situ hybridization analysis with mapped bacterial artificial chromosomes // Genetics. 2002. № 161. P. 345-353.
14. Jiang J., Birchler, J.B., Parrott, W.A., Dawe, R.K. A molecular view of plant centromeres // Trends Plant Sci. 2003. № 8. P. 570-575.
15. Kalkman E.R. Analysis of the C-banded karyotype of *Allium cepa* L. Standard system of nomenclature and polymorphism // Genetica. 1984. № 65. P. 141-148.
16. Kamm A. Analysis of a repetitive DNA family from *Arabidopsis arenosa* and relationship between *Arabidopsis* species // Plant Mol. Biol. 1995. № 27 (5). P. 853-862.
17. Khrustaleva L.I., Kik C. Cytogenetical studies in the bridge cross *Allium cepa* x (*A. fistulosum* x *A. roylei*) // Theor. Appl. Genet. 1998. № 96. P. 8-14.
18. Kirov I., Divashuk, M., Van Laere, V., Soloviev A., Khrustaleva I. An easy «SteamDrop» method for high quality plant chromosome preparation // Molecular Cytogenetics. 2014. № 7. P. 21.
19. Książkiewicz M., Katarzyna W., Szczepani A. et al. Comparative genomics of *Lupinus angustifolius* gene-rich regions: BAC library exploration, genetic mapping and cytogenetics // BMC Genomics. 2013. № 14.
20. Kumar A., Pearce S.R., McLean K. et al. The Ty1 copigroup of retrotransposons in plants: genomic organisation, evolution, and use as molecular markers // Genetica. 1997. № 6. P. 205-217.
21. Mehrotra S., Goyal, V. Repetitive sequences in plant nuclear DNA: types, distribution, evolution and function // Genomics Proteomics Bioinformatics. 2014. № 12(4). P. 164-71.
22. Miller J.T., Jacko S.A., Nasuda S. et al. Cloning and characterization of a centromere-specific repetitive DNA from *Sorghum bicolor* // Theor. Appl. Genet. 1998. № 9. P. 832-839.
23. Moullet O., Zhang H.B., Lagudah E.S. Construction and characterization of a large DNA insert library from the D genome of wheat // Theor. Appl. Genet. 1999. № 99. P. 305-313.
24. Nagaki K., Cheng Z., Ouang S. et al. Sequencing of a rice centromere uncovers active genes // Nature genetics. 2004. № 36(2). P. 138-145.
25. Nagaki K., Yamamoto N., Yamaji Y., Mukai M. Murata Chromosome dynamics visualized with an anti-centromeric histone H3 antibody in allium // PLoS One. 2012. № 7(12). P. 513-515.
26. Netzer D., Rabinowitch H.D., Weintal Ch. Greenhouse technique to evaluate pink root disease caused by *Pyrenochaeta terrestris* // Euphytica. 1985. № 34. P. 385-391.
27. Pearce S.R., Pich U., Harrison G. et al. The Ty1 copigroup retrotransposons of *Allium cepa* are distributed throughout the chromosomes but are enriched in the terminal heterochromatin // Chromosome Res. 1996. № 5. P. 357-364.
28. Pich U., Schubert I. Terminal heterochromatin and alternative telomeric sequences in *Allium cepa* // Chromosome Res. 1998. № 4. P. 315.

29. Reeves A. and Tear, J. MicroMeasure for Windows. Version 3.3. 2000 Available from <http://www.colostate.edu/Depts/Biology/MicroMeasure>. Cccessed 25. May 2016.
30. Sharma S., Raina S.N. (Organization and evolution of highly repeated satellite DNA sequences in plant chromosomes // Cytogenetic Genome Res. 2005. № 109. P. 15-26.
31. Shibata F., Hizume M. The identification and analysis of the sequences that allow the detection of *Allium cepa* chromosomes by GISH in the allodiploid *A. wakegi* // Chromosoma. 2002. V. 111. № 3. P. 184-191.
32. Schmidt T., Heslop-Harrison J.S. Genomes, genes and junk: the large-scale organization of plant chromosomes // Trends Plant Science. 1998. № 5. P. 195-199.
33. Song J., Dong F., Jiang J. Construction of a bacterial artificial chromosome (BAC) library for potato molecular cytogenetics research // Genome. 2000. № 43(1). P. 199-204.
34. Suzuki G.A., Ura N., Saito G.S., Do B.B., Seo M., Yamamoto Y. BAC FISH analysis in *Allium cepa* // Genes Genet Syst. 2001. № 76(4). P. 251-255.
35. Szinay D., Chang S.B., Khrustaleva L. et al. High-resolution chromosome mapping of BACs using multi-colour FISH and pooled-BAC FISH as a backbone for sequencing tomato chromosome 6 // Plant J. 2008. № 56. P. 627-637.
36. Tao Q., Zhang H.B. Cloning and stable maintenance of DNA fragments over 300 kb in *Escherichia coli* with conventional plasmid-based vectors // Nucleic Acids Research. 1998. № 26(21). P. 4901-4909.
37. Van der Meer Q.P., Bennekom van J.L. Improving the onion crop (*Allium cepa* L.) by transfer of characters from *Allium fistulosum* L. // Biul Warzywnicy. 1978. № 22. P. 87-91.
38. Vries J.N. de. Onion chromosome nomenclature and homoeology relationships – workshop report / J. N. de Vries // Euphytica. 1990. № 49. P. 1-3.
39. Wang G.L., Holsten T.E., Song W.Y., Wang H.P., Ronald P.C. Construction of a rice bacterial artificial chromosome library and identification of clones linked to the Xa-21 disease resistance locus // Plant J. 1995. № 7. P. 525-533.
40. Woo S.S., Jiang J., Gill B.S. et al. Construction and characterization of a bacterial artificial chromosome library of *Sorghum bicolor* // Nucl. Acids Res. 1994. № 22. P. 4922-4931.

Хрусталева Людмила Ивановна – д.б.н., главный научный сотрудник Центра молекулярной биотехнологии, проф. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел.: 8 (499) 977-70-01; e-mail: khrustaleva@timacad.ru; ludmila.khrustaleva19@gmail.com

Киселева Анна Витальевна – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ФГБУ ГНИЦ ПМ; тел.: +7 (495) 790-71-72; e-mail: sanyutabe@mail.ru

Мохаммад Али Шейх Бейг Гохарризи – аспирант кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел.: 8 (499) 977-70-01; e-mail: sheikhbeig@gmail.com

Khrustaleva Lyudmila Ivanovna – d.b.s., Chief research scientist of molecular biotechnology center, Professor of the Department of Genetics, Biotechnology, Selection and Seed Growing Russian Timiryazev State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, tel.: 8 (499) 977-70-01; e-mail: khrustaleva@timacad.ru; ludmila.khrustaleva19@gmail.com.

Kiseleva Anna Vitalyevna – k.b.s., Chief research scientist of molecular genetics laboratory FSBI SRDC PM, tel.: +7 (495) 790 71 72; e-mail: sanyutabe@mail.ru.

Sheikh Beig Goharrizim Mokhammad Ali – Ph.D. student of the Department of Genetics, Biotechnology, Selection and Seed Growing Russian Timiryazev State Agrarian University named after K.A. Timiryazev; tel.: 8 (499) 977-70-01; e-mail: sheikhbeig@gmail.com.

УДК 633.313:631.559

**ПРОДУКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ НОВЫХ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ
(*MEDICAGO SATIVA* L.) ПРИ ИНТЕНСИВНОМ СКАШИВАНИИ**

Н.Н. ЛАЗАРЕВ, Д.В. ПЯТИНСКИЙ

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

В исследованиях, выполненных в 2008-2015 гг., установлено, что сорта люцерны изменчивой Вега 87, Находка, Пастбищная 88, Селена в течение 5 лет пользования формировали на дерново-подзолистых почвах устойчивые урожаи – 6,24-9,25 т/га сухой массы. На 6-7-й годы отмечалось сильное изреживание травостоев из-за поражения люцерны болезнями. Оптимальным является пятилетний срок хозяйственного использования таких сортов. Сорта люцерны посевой проявили лучшую устойчивость и на 8-й год жизни обеспечивали урожайность от 6,49 до 7,68 т/га сухого вещества. Среди сортов люцерны изменчивой, а также люцерны посевой не выявлено существенных различий по урожайности.

Создание бинарных бобовых травостоев с участием новых сортов люцерны изменчивой и лядвенца рогатого сорта Солнышко с целью продления их продуктивного долголетия показало, что при четырехлетнем использовании бинарные травосмеси из лядвенца и люцерны сортов Агния и Пастбищная превосходили по урожайности одновидовые посевы люцерны соответственно на 7% и на 27%. Однако доля лядвенца рогатого в составе травостоев была невысокой: в одновидовом посеве – 42,7-65,1%, в составе травосмесей – 8,3-17,4%, причем с годами она снижалась.

Травосмеси люцерны с клевером луговым имели преимущество по продуктивности только в 1-2-й годы жизни. На 4-й год урожайность люцерно-клеверных травосмесей оказалась на 0,83-2,71 т/га меньше, чем урожайность одновидовых посевов люцерны и люцерно-лядвенцевых травостоев, поскольку доля клевера в ботаническом составе агрофитоценозов сократилась до 10,8-12,7%.

Люцерна и её смеси с лядвенцем рогатым и клевером луговым накапливали в надземной массе на 2 и 3-й годы жизни 55,7-119,6 кг/га биологического азота. За первые два года жизни в корневой массе этих травостоев аккумулировалось от 64,8 до 88,2 кг/га азота.

Ключевые слова: сорта люцерны, клевер луговой, лядвенец рогатый, урожайность, ботанический состав, качество корма.

В условиях потепления и увеличения засушливости климата актуальной задачей является продвижение в северные регионы страны люцерны, которая превосходит многие травы по засухоустойчивости [3, 4, 9]. По мнению некоторых исследователей, при повышении концентрации углекислого газа в атмосфере будет возрастать как урожайность люцерны, так и её устойчивость к засухе [16].

Люцерна характеризуется также высокой морозостойкостью и урожайностью, однако не переносит кислых и переувлажненных почв [5, 12]. В Российской Федерации в основном выращивается люцерна изменчивая (*Medicago varia* Martyn) – гибрид люцерны посевной (*Medicago sativa* L.) и люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.). Новые сорта люцерны изменчивой сенокосно-пастбищного типа способны давать устойчивые урожаи в условиях Нечерноземья на небогатых дерново-подзолистых почвах [13]. В южных регионах страны больше возделывают люцерну посевную, имеющую более глубокую корневую систему, что повышает её устойчивость к засухе по сравнению с люцерной изменчивой, у которой корневая система разветвленная, располагающаяся в верхних горизонтах почвы.

ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса рекомендует люцерну изменчивую в условиях Нечерноземья выращивать в травосмесях со злаками, которые более устойчивы к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям зоны. При этом считается, что срок хозяйственного использования таких травостоев ограничен 4-5 годами [13]. Другие исследования показывают, что продуктивное долголетие люцерны может достигать 13 лет и более [8, 10].

На дерново-подзолистых почвах более устойчивым видом, чем люцерна, является лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.). Преимуществом лядвенца рогатого как компонента травосмесей является способность давать урожай на небогатых почвах, длительность сохранения в травостое (6-8 лет), значительная зимостойкость и засухоустойчивость [6, 7, 11, 17], устойчивость к болезням и вредителям [1].

На пастбищах лядвенец охотно поедается крупным рогатым скотом до цветения, не вызывая тимпаний. Это является несомненным превосходством лядвенца перед другими бобовыми травами [2].

В нашей стране широкого распространения в травосеянии лядвенец рогатый пока не имеет. Главными причинами такой ситуации является отсутствие научно обоснованных агротехнических рекомендаций его выращивания как на кормовые цели, так и на семена, а также дефицит посевного материала в хозяйствах страны [11]. При изучении лядвенца в странах Северной Европы выявлено, что он уступал по урожайности другим бобовым травам, поэтому больших перспектив на широкое использование в кормопроизводстве лядвенец не имеет [18].

В наших исследованиях была поставлена задача оценить новые сорта люцерны в одновидовых посевах и травосмесях с лядвенцем рогатым по продуктивности, долголетию и качеству получаемого зеленого корма.

Методика исследования. Исследования проведены в 2008-2015 гг. на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

В опыте 1, заложенном в 2008 г., в течение 8 лет изучали урожайность и устойчивость различных сортов люцерны в одновидовых посевах. Перед посевом были внесены минеральные удобрения в дозе $N_{25}P_{100}K_{143}$. Объектом исследований являлись 4 сорта люцерны изменчивой российской селекции (Вега 87, Находка, Пастбищная 88, Селена) и 4 сорта люцерны посевной голландской селекции (Алексис, Альфа, Дерби, Кадрина).

В опыте 2 изучали урожайность различных сортов люцерны изменчивой в одновидовых посевах и травосмесях с клевером луговым сорта Фалёнский 86 и лядвенцем рогатым сорта Солнышко. Опыт включал в себя следующие варианты: 1. Тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) + костреч безостый (*Bromopsis inermis*

(Leyss.) Holub.) – контроль. 2. Люцерна изменчивая Пастбищная 88. 3. Люцерна изменчивая Агния. 4. Люцерна изменчивая Таисия. 5. Клевер луговой. 6. Лядвенец рогатый. 7. Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой. 8. Люцерна изменчивая сорта Агния + клевер луговой. 9. Люцерна изменчивая сорта Таисия + клевер луговой. 10. Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + лядвенец рогатый. 11. Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый. 12. Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый.

До закладки опытов 1 и 2 на участках выращивали соответственно козлятник восточный и злаково-бобовые травосмеси. Старые травостои были уничтожены раундапом в дозе 10 кг/га препарата. Обработка почвы включала в себя вспашку на 20-22 см и фрезерование в два следа на глубину 10-12 см. Беспокровные посевы трав в опыте 1 проведены 3 июля 2008 г., в опыте 2-20 июня 2012 г. Норма высева люцерны в одновидовых посевах составила 22, в травосмесях – 12 кг/га, клевера лугового – соответственно 18 и 10, лядвенца рогатого – 12 и 6 кг/га всхожих семян. Злаковая травосмесь состояла из 16 кг/га кострца безостого и 6 кг/га тимофеевки луговой.

Почва в опытах дерново-подзолистая среднесуглинистая. При закладке травостоев обеспеченность почвы подвижным фосфором в опытах 1 и 2 составляла соответственно 250 и 140 мг/кг, обменным калием – 104 и 85 мг/кг, pH_{KCl} – 5,8 и 5,6. Площадь опытных делянок – 15 м², повторность опытов – четырехкратная.

В первый год жизни травы скашивали один раз за сезон, а в последующие годы – три раза в фазу бутонизации – начала цветения люцерны. Удобрения в годы использования травостоев не применяли.

Результаты и их обсуждение

Продуктивное долголетие люцерны изменчивой и люцерны посевной в одновидовых посевах

Урожайность трав зависит от густоты травостоев и мощности растений. В первый год пользования достаточной для получения хороших урожаев является густота 100 более растений на 1 м². В условиях опыта в 1-й год пользования более густые травостои формировали сорта люцерны посевной – 140-200 растений на 1 м², а густота люцерны изменчивой не превышала 138 растений (табл. 1). На 2-й год также преимущество сохранили зарубежные сорта, но значительно (до 92 растений на 1 м²) изредилась люцерна сорта Алексис, которая в 1-й год формировала наиболее густые травостои.

На 6-й год жизни более густые травостои имели сорта люцерны посевной – от 56 до 52 растения на 1 м², густота люцерны изменчивой изменялась от 40 растений (Вега 87) до 56 (Селена). На 7-8-й годы жизни произошло сильное изреживание люцерны изменчивой. Так, у сортов Пастбищная 88 и Селена в конце вегетационного периода 2015 г. густота уменьшилась соответственно до 18 и 17 растений на 1 м².

У люцерны посевной также отмечалось выпадение растений, но значительно в меньшей степени – с 56-62 до 44-49 шт/м².

Исследования, проведенные в США, показали, что урожайность люцерны начинает снижаться при густоте менее 32-54 растения на 1 м², а нормальной плотностью травостоев для получения хороших урожаев является 600 побегов на 1 м² [15, 19].

Динамика густоты травостоев люцерны по годам, шт. растений на 1 м²

Сорт	Годы жизни			
	1-й	3-й	6-й	8-й
1. Вега 87	132	100	40	19
2. Находка	138	75	50	21
3. Пастбищная 88	124	72	52	18
4. Селена	134	88	56	17
5. Алексис	200	87	56	44
6. Альфа	186	132	58	49
7. Дерби	174	127	59	48
8. Кадрина	148	116	62	48
НСР ₀₅	11	8	5	5

Анализ урожайности различных сортов люцерны показал, что при беспокровном посеве уже в первый год жизни люцерны сформировала один укос, урожайность которого составляла от 1,77 (сорт Пастбищная) до 2,23 т/га сухой массы (сорт Альфа) (табл. 2). Максимальная урожайность (8,04-10,04 т/га сухой массы) получена на второй год жизни. В последующие 4 года урожайность изменялась от 5,93 т/га (сорт Вега) до 9,69 (сорт Кадрина).

С 2014 г. в изреженные травостои люцерны изменчивой в значительном количестве стали внедряться дикорастущие травы: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.). В 2015 г. в травостое люцерны сорта Селена доля дикорастущих трав в первом укосе составила 50,2%, причем на одуванчик лекарственный приходилось 26,4%. В ботаническом составе травостоев различных сортов люцерны содержание люцерны составляло от 77,6% (сорт Дерби) до 85,6% (сорт Кадрина). В соответствии с существенными различиями в густоте растений между сортами люцерны посевной и люцерны изменчивой различалась и урожайность. В 2014-2015 гг. сорта люцерны изменчивой уступали по урожайности люцерне посевной в 1,7 раза.

Таким образом, продуктивное долголетие люцерны изменчивой составило 6 лет включая первый год жизни. Сорта люцерны посевной на 7-8-й годы жизни давали достаточно устойчивые урожаи: от 6,04 (сорт Алексис) до 7,68 т/га сухого вещества (сорт Кадрина). Более сильное изреживание люцерны изменчивой было обусловлено меньшей устойчивостью её сортов к болезням (различные виды увядания).

В среднем за весь восьмилетний период эксплуатации травостоев как сорта люцерны изменчивой, так и сорта люцерны посевной в пределах своих видов существенно не различались по урожайности. В среднем же урожайность сортов

люцерны посевной оказалась на 12,6% выше. Максимальной она была у сорта Кадрина (7,04 т/га), минимальной (5,94 т/га) – у сорта Пастбищная 88.

Таблица 2

Урожайность различных сортов люцерны в 2008-2015 гг., т/га сухой массы

Сорт люцерны	Годы								В среднем
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Вега 87	1,94	8,53	7,33	7,76	8,49	6,71	3,44	4,00	6,02
2. Находка	2,19	8,54	7,23	6,88	9,09	6,40	4,61	4,83	6,22
3. Пастбищная 88	1,77	8,04	6,80	7,74	9,20	6,24	3,61	4,10	5,94
4. Селена	1,83	8,55	7,51	8,43	9,25	6,62	3,47	3,65	6,16
5. Алексис	1,85	10,04	6,65	7,48	9,02	5,93	6,04	6,77	6,72
6. Альфа	2,23	9,40	7,10	7,62	8,93	6,15	6,68	6,49	6,82
7. Дерби	1,98	8,85	8,08	7,50	9,23	6,04	6,22	6,72	6,83
8. Кадрина	2,19	8,56	7,37	7,67	9,69	6,56	6,62	7,68	7,04
НСР ₀₅	0,32	F факт. < F 05	F факт. < F 05	0,49	F факт. < F 05	F факт. < F 05	0,52	0,48	0,45

Урожайность и ботанический состав одновидовых посевов люцерны изменчивой и её травосмесей с клевером луговым и лядвенцем рогатым

В опыте 2 в первый год жизни травостоев отмечалось сильное засорение вновь формирующихся травостоев разнотравьем. Особенно это отразилось на варианте с лядвенцем рогатым, где содержание разнотравья составило 43,7%. Одновидовые посевы люцерны изменчивой Агния и Таисия имели большую долю бобового компонента по сравнению с люцерной Пастбищная 88. В первый год жизни из сорных трав, внедрившихся в травостой, преобладали однолетние виды, которые не оказывали сильного угнетающего влияния на сеяные травы, так как после скашивания они не отрастали.

Во второй год жизни трав от первого укоса к третьему отмечалось сокращение доли разнотравья и увеличение содержание в ботаническом составе травостоев бобовых компонентов. В среднем за три укоса доля люцерны в одновидовых посевах люцерны и клевера лугового составила соответственно 72,8-84,6 и 83,6% (табл. 3). В клеверо-люцерновых травосмесях доминировал клевер луговой (66,2-79,5%), а в люцерно-лядвенцевых – люцерна изменчивая (66,1-68,7%).

Таблица 3

Ботанический состав травостоев во 2-й год жизни, % (в среднем за 3 укоса)

№ п/п	Вариант	Люцерна изменчивая	Клевер луговой	Лядвенец рогатый	Злаки	Разнотравье
1	Кострец безостый + тимофеевка луговая	15,7	5,0	-	56,0	23,3
2	Люцерна изменчивая Пастбищная 88	72,8	4,5	0,2	4,0	18,5
3	Люцерна изменчивая Агния	83,1	0,3	-	3,8	12,8
4	Люцерна изменчивая Таисия	84,6	0,1	0,1	9,5	5,7
5	Клевер луговой	3,7	83,6	-	2,5	10,2
6	Лядвенец рогатый	9,9	0,7	65,1	2,4	21,9
7	Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой	18,8	66,2	-	4,3	10,7
8	Люцерна изменчивая Агния + клевер луговой	8,7	79,5	-	2,9	8,9
9	Люцерна изменчивая Таисия + клевер луговой	14,6	72,4	0,2	3,8	9,0
10	Люцерна изменчивая П. 88 + лядвенец рогатый	67,0	1,5	13,6	4,7	13,2
11	Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый	68,7	1,5	16,2	2,1	11,5
12	Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый	66,1	1,8	15,8	3,1	13,2

В 2014 г. содержание разнотравья увеличилось и составило от 11,2% (люцерна изменчивая Пастбищная 88 + лядвенец рогатый Солнышко) до 27,6% (лядвенец рогатый Солнышко) (табл. 4). Содержание клевера лугового в травосмесях снизилось по сравнению с 2013 г. на 24,6% и в чистом посеве – на 9,7%. Массовая доля люцерны в травосмесях с клевером луговым по сравнению с 2013 г. увеличилась на 19,2%. В люцерно-лядвенцевых травосмесях доминирующее положение сохранила люцерна изменчивая (61,7-71%), а содержание лядвенца рогатого в ботаническом составе травостоев составляло 14,8-17,4%.

Таблица 4

Ботанический состав травостоев 3-й год жизни, % (в среднем за 3 укоса)

№ п/п	Вариант	Люцерна изменчивая	Клевер луговой	Лядвенец рогатый	Злаки	Разнотравье
1	Кострец безостый + тимофеевка луговая	2,9	-	-	72,8	24,3
2	Люцерна изменчивая Пастбищная 88	74,5	-	-	2,6	22,9
3	Люцерна изменчивая Агния	74,2	1,3	0,4	2,2	21,9
4	Люцерна изменчивая Таисия	67	8,5	-	1,3	23,2
5	Клевер луговой	3,6	73,9	-	4,8	17,7
6	Лядвенец рогатый	10,9	0,8	55,7	5	27,6
7	Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой	31,6	53,8	-	1,8	12,8
8	Люцерна изменчивая Агния + клевер луговой	34	42,3	-	4,4	19,3
9	Люцерна изменчивая Таисия + клевер луговой	34,1	48,1	-	2,4	15,4
10	Люцерна изменчивая П 88 + лядвенец рогатый	71	1,6	14,9	1,4	11,1
11	Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый	65,3	2,9	17,4	1,6	12,8
12	Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый	61,7	0,7	14,8	1,5	21,3

На 4-й год жизни клевер луговой практически выпал из состава агрофитоценозов. В одновидовом посеве его доля составляла 15,1%, а в составе травосмесей с люцерной изменчивой не превышала 10,8-12,7% (табл. 5). В травосмесях люцерны с лядвенцем участие люцерны изменчивой возросло до 76-79,7%, а содержание лядвенца уменьшилось до 8,3-10,6%. Лядвенец опережал люцерну по прохождению фаз вегетации, но он значительно (на 14-21 см) уступал ей по высоте, что оказало решающее влияние на конкурентные взаимоотношения между этими видами в агрофитоценозах. Несмотря на то, что участие лядвенца рогатого в сложении травостоев было невысоким, он ограничивал внедрение в сорного разнотравья в состав агрофитоценозов. Содержание растений из группы разнотравья в люцерно-лядвенцевых травосмесях было наименьшим – 6,3-7,9%.

Во все годы исследований наиболее засоренной была злаковая травосмесь из костреца безостого и тимофеевки луговой: от 23,3 (2013 г.) до 35,4% (2015 г.). Без внесения азотных удобрений злаковые травы слабо кустятся и снижают свою конкурентную способность, поэтому в условиях дефицита минерального азота наиболее целесообразным является выращивание злаков в смесях с бобовыми компонентами.

Таблица 5

Ботанический состав травостоев на 4-й год жизни, % (в среднем за 3 укоса)

№	Вариант	Люцерна изменчивая	Клевер луговой	Лядвенец рогатый	Злаки	Разнотравье
1	Кострец безостый + тимофеевка луговая	1,4	0,2	-	63	35,4
2	Люцерна изменчивая Пастбищная 88	73,2	-	0,1	4,9	21,8
3	Люцерна изменчивая Агния	76,1	-	-	4,7	19,2
4	Люцерна изменчивая Таисия	72,8	-	-	12,2	15
5	Клевер луговой	8,8	15,1	-	47,2	28,9
6	Лядвенец рогатый	7,1	2,3	42,7	21,9	26
7	Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой	66,4	11,2	-	5,2	17,2
8	Люцерна изменчивая Агния + клевер луговой	68,8	10,8	-	4,8	15,6
9	Люцерна изменчивая Таисия + клевер луговой	67,2	12,7	-	4,7	15,4
10	Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + лядвенец рогатый	78,1	0,8	8,7	5,1	7,3
11	Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый	76	0,7	10,6	4,8	7,9
12	Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый	79,7	1,5	8,3	4,2	6,3

Различные сорта люцерны изменчивой, выращиваемые как в одновидовых посевах, так и в травосмесях, не различались по конкурентной способности.

Урожайность люцерны изменчивой в травосмесях с клевером луговым и лядвенцем рогатым

В 2012 г., в 1-й год жизни, за один укос наибольший сбор сухого вещества обеспечили чистый посев клевера лугового (2,87 т/га) и бинарные травосмеси из разных сортов люцерны изменчивой и клевера лугового (от 2,82 до 3,48 т/га).

Лядвенец рогатый Солнышко в чистом посеве оказался наименее урожайным – 1,75 т/га (табл. 6).

В 2013 г. при хорошей влагообеспеченности преимущество по урожайности имел одновидовой посев клевера лугового (7,72 т/га) и его травосмеси с люцерной сорта Таисия (7,62 т/га). Среди одновидовых посевов люцерны наибольшую урожайность имел также сорт Таисия – 6,79 т/га. Урожайность люцерно-лядвенцевых травосмесей варьировала от 6,58 до 6,89 т/га, и они между собой значительно не различались по продуктивности.

Таблица 6

Урожайность бобовых трав, т/га сухого вещества

№	Вариант	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	В среднем за 4 года
1	Кострец безостый и тимофеевка луговая	2,7	4,6	2,61	2,6	3,13
2	Люцерна изменчивая Пастбищная 88	2,19	6,02	3,61	5,01	4,21
3	Люцерна изменчивая Агния	2,74	6,27	3,78	6,09	4,72
4	Люцерна изменчивая Таисия	2,08	6,79	4,62	6,54	5,01
5	Клевер луговой	2,87	7,72	2,02	3,29	3,98
6	Лядвенец рогатый	1,75	5,6	3,45	4	3,7
7	Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой	3,48	6,36	2,98	4,04	4,22
8	Люцерна изменчивая Агния + клевер луговой	3,3	7,29	3,48	3,83	4,48
9	Люцерна изменчивая Таисия + клевер луговой	2,82	7,62	3,46	4,18	4,52
10	Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + лядвенец рогатый	2,97	6,58	5,62	6,31	5,37
11	Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый	2,34	6,89	4,91	6	5,04
12	Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый	2,22	6,72	5,51	5,44	4,97
НСР ₀₅		0,15	0,29	0,18	0,31	0,11

В 2014 г. засушливые погодные условия вегетационного периода оказали сильное влияние на урожайность трав. При дефиците влаги преимущество по продуктивности имели травосмеси: люцерна Пастбищная 88 + лядвенец рогатый (5,62 т/га) и люцерна Таисия + лядвенец рогатый (5,51 т/га). Травосмеси: люцерна Агния + клевер луговой и люцерна Таисия + клевер луговой – существенно

не различались по урожайности, обеспечив при трёхкратном использовании получение соответственно 3,48 и 3,46 т/га сухого вещества.

В 2015 г. (4-й год жизни), при более благоприятных условиях увлажнения, чем в предыдущем году, урожайность одновидовых посевов люцерны и люцерно-лядвенцевых травостоев возросла до 5,01-6,54 т/га. Наибольшую продуктивность имела люцерна изменчивая сорта Таисия (6,54 т/га) и травосмесь лядвенца рогатого с люцерной Пастбищная 88 (6,31 т/га). Все люцерно-клеверные травосмеси уступали по урожайности одновидовым посевам люцерны. Сбор сухой массы этих травосмесей не превышал 4,18 т/га, а наименьший урожай давала злаковая травосмесь (2,6 т/га) и одновидовой посев клевера лугового (3,29 т/га). Урожайность низкорослого лядвенца рогатого была на 25,2-63,5% ниже одновидовых посевов люцерны изменчивой.

Все бобовые травы и травосмеси, кроме одновидового посева люцерны Пастбищная 88, обеспечивали получение около 50% годового урожая в первом укосе. Во втором и третьем укосах отмечалось значительное поражение люцерны различными видами увядания (бактериозное, вертициллезное), что сопровождалось существенным снижением урожая.

В среднем за 4 года наибольший урожай обеспечила травосмесь из люцерны изменчивой сорта Пастбищная 88 и лядвенца рогатого Солнышко – 5,37 т/га. Урожайность других двух травосмесей с лядвенцем рогатым была на 0,33-0,4 т/га меньше. Существенно не отличались от них по продуктивности одновидовые посева люцерны сортов Агния и Таисия, которые дали соответственно по 4,72 и 5,01 т/га сухого вещества. Злаковая травосмесь из костреца безостого и тимopheевки луговой имела наименьшую урожайность – 3,13 т/га, что в 1,7 раза меньше травосмеси из лядвенца рогатого и люцерны Пастбищная 88. Одновидовой посев лядвенца рогатого уступал по урожайности (3,7 т/га) всем другим бобовым травам и их травосмесям.

Использование лядвенца рогатого в травосмесях с различными сортами люцерны позволило сформировать устойчивые агрофитоценозы. При четырехлетнем использовании бинарные травосмеси из люцерны Агния и лядвенца и люцерны Пастбищная 88 и лядвенца были более урожайными соответственно на 7% и на 27%, чем одновидовые посева люцерны.

Клеверо-люцерновые травосмеси превосходили по продуктивности одновидовые посева люцерны только в 1-2-й годы жизни, а на 3-4-й годы из-за выпадения клевера лугового они существенно уступали всем другим травостоям с участием люцерны.

Химический состав многолетних бобовых трав

Многолетние бобовые травы при трехукосном использовании давали корма, богатые сырым протеином. В среднем за 2 года содержание этого важного компонента корма изменялось от 16,87% (лядвенец рогатый) до 21,9% (люцерна Пастбищная 88). Бобовые травы и их травосмеси превосходили по содержанию сырого протеина злаковую травосмесь в 1,4-1,8 раза. Содержанию сырой клетчатки было невысоким и варьировало от 20,89 до 24,94% (табл. 7). Все одновидовые посева бобовых трав и их травосмеси можно использовать в качестве зеленой подкормки и заготавливать из них высококачественные искусственно высушенные корма. По концентрации сырого жира одновидовые посева люцерны уступали клеверу луговому и лядвенцу рогатому: соответственно 2,81-2,92; 4,36 и 3,9%.

Без внесения фосфорных удобрений получаемые корма имели невысокое содержание фосфора: от 0,19 до 0,25%. Кальция в бобовых травах было больше

на 33,7-64%, чем в злаковой травосмеси, при этом все получаемые зеленые корма удовлетворяли потребности дойных коров в этом важном компоненте корма.

Таблица 6

**Химический состав многолетних трав, % от сухой массы
(в среднем за 2013-2014 гг.)**

Вариант	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Фосфор	Кальций
Кострец безостый + тимopheевка луговая	11,85	24,08	3,87	0,25	0,89
Люцерна изменчивая Пастбищная 88	21,90	24,94	2,92	0,22	1,33
Люцерна изменчивая Агния	19,78	24,54	2,82	0,19	1,46
Люцерна изменчивая Таисия	17,38	24,96	2,81	0,20	1,37
Клевер луговой	17,61	22,83	4,36	0,21	1,36
Лядвенец рогатый	16,87	22,32	3,90	0,23	1,19
Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой	17,92	21,38	3,48	0,23	1,33
Люцерна изменчивая Агния + клевер луговой	18,96	20,89	3,70	0,20	1,45
Люцерна изменчивая Таисия + клевер луговой	19,12	21,20	3,46	0,25	1,38
Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + лядвенец рогатый	19,42	24,60	3,32	0,22	1,27
Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый	19,76	24,72	3,39	0,20	1,36
Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый	17,71	23,84	3,5	0,24	1,42

В целом зеленая масса бобовых трав характеризовалась высокой питательностью: от 9,5 до 10,2 МДж обменной энергии в 1 кг сухого вещества.

Накопление корневой массы и биологическая фиксация азота в надземной и подземной массе травостоев

Многолетние бобовые травы за счет ризобиального симбиоза способны накапливать большое количество биологического азота как в надземной, так и корневой массе. В 1-й и 2-й годы жизни одновидовые посевы люцерны изменчивой уступали клеверу луговому и его травосмесям по накоплению бобоворизобиального азота в урожае. В 2013 г. одновидовой посев клевера лугового аккумулировал 135,8 кг/га азота, а бинарные травосмеси люцерны и клевера

лугового – 107,7-119,6 кг/га, что обусловлено преобладанием в составе травосмесей клевера лугового (66,2-79,5%). Смеси люцерны и лядвенца рогатого в 2013 г. также превосходили по накоплению биологического азота (76-111,6 кг/га) чистые посе­вы люцерны изменчивой (табл. 7).

Таблица 7

Биологическая азотфиксация и накопление азота в корневой массе многолетними травостоями (кг/га)

Варианты	Биологическая азотфиксация в надземной массе			Накопление азота в подземной массе в слое почвы 0-20 см
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.
Кострец безостый + тимофеевка луговая	0	0	0	41,8
Люцерна изменчивая Пастбищная 88	23,9	86,4	77,9	65,6
Люцерна изменчивая Агния	28,9	99,1	77,2	69,6
Люцерна изменчивая Таисия	10,9	72,1	98,5	71,3
Клевер луговой	48,1	135,8	7,6	64,8
Лядвенец рогатый	8,3	40,3	57,8	67,3
Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + клевер луговой	41,7	107,7	55,7	88,2
Люцерна изменчивая Агния + клевер луговой	31,6	110,3	67,9	85
Люцерна изменчивая Таисия + клевер луговой	44,6	119,6	68,9	77,5
Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + лядвенец рогатый	45,3	89,6	147,2	74,6
Люцерна изменчивая Агния + лядвенец рогатый	23,9	111,6	118,5	80,8
Люцерна изменчивая Таисия + лядвенец рогатый	24,8	76,0	127,5	85,5
НСР ₀₅	6,7	4,7	7,8	8,0

На 3-й год жизни в надземной массе клевера лугового и его травосмесей с люцерной содержание биологического азота снизилось до 55,7-68,9 кг/га, а посе­вы люцерны изменчивой и лядвенца рогатого усваивали наибольшее количество биологического азота: 118,5-147,2 кг/га.

Бинарные травосмеси из люцерны изменчивой и клевера лугового существенно не различались по массе подземных органов, накапливая в пахотном слое почвы 4,12-4,5 т/га сухого вещества корней. Наибольшую массу корней формировала травосмесь люцерны Таисия с лядвенцем рогатым – 4,97 т/га сухого вещества.

Подземная масса лядвенца рогатого и клевера лугового была значительно меньше: соответственно 3,98 и 3,64 т/га сухого вещества.

При оценке одновидовых посевов и травосмесей в качестве предшественников для различных сельскохозяйственных растений преимущество имели бинарные травостои люцерны с клевером луговым и лядвенцем рогатым, в корневой массе которых в слое почвы 0-20 см накапливалось 74,8-88,2 кг/га азота, достаточное для формирования высоких урожаев однолетних культур. Чистые посевы бобовых уступали по этому показателю травосмесям, а в корнях злаковой травосмеси содержалось в 1,8-2,1 раза меньше азота, чем в подземной массе смешанных посевов бобовых трав.

Выводы

1. Сорты люцерны изменчивой Вега 87, Находка, Пастбищная 88, Селена формировали устойчивые урожаи: 6,24-9,25 т/га сухой массы в течение 5 лет пользования. На 7-й год отмечалось сильное поражение люцерны болезнями и уменьшение густоты растений до 17-32 шт/м².

2. За восьмилетний период эксплуатации сорта люцерны посевной проявили большую устойчивость к болезням, лучше сохранились в травостоях (44-49 растений на 1 м²) и превосходили по урожайности люцерну изменчивую на 12,6%. Между сортами люцерны изменчивой, а также люцерны посевной не выявлено существенных различий по урожайности.

3. При четырехлетнем использовании бинарные травосмеси из люцерны Агния и лядвенца и люцерны Пастбищная 88 и лядвенца были более урожайными, чем одновидовые посевы люцерны, соответственно на 7% и на 27%.

4. Люцерно-клеверные травосмеси превосходили по продуктивности одновидовые посевы люцерны только в 1-2-й годы жизни, а на 3-4-й годы из-за изреживания клевера лугового они существенно уступали всем другим травостоям с участием люцерны.

5. При трехкусном режиме скашивания одновидовые посевы бобовых трав и их травосмеси обеспечивали получение кормов, богатых сырым протеином (16,87-21,9%) и кальцием (1,19-1,45%), и с невысоким содержанием сырой клетчатки – от 20,89 до 24,94%.

6. Люцерна и её бинарные смеси с клевером луговым и лядвенцем рогатым фиксировали в надземной массе на 2-й и 3-й годы жизни соответственно 72,1-119,6 и 55,7-98,5 кг/га биологического азота. В корневой массе за первые два года жизни эти травостои накапливали от 64,8 до 88,2 кг/га азота.

Библиографический список

1. Абдураева Я.М., Рагимов К.Н., Покровская Е.В. Азотофиксирующая способность многолетних бобовых трав в условиях Новгородской области // Плодородие. 2008. № 1. С. 27-28.
2. Артемов И.В., Первушин В.М., Гульшина И.И. Особенности возделывания кормовых культур в Липецкой области // Кормопроизводство. 1999. № 11. С. 16-23.
3. Благовещенский Г.В., Штырхунов В.Д., Конанчук В.В. Энерго-протеиновый потенциал трав и фуражных культур // Кормопроизводство. 2016. № 2. С. 21-23.
4. Голобородько С.П., Лазарев Н.Н. Люцерна. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2009. 425 с.
5. Гончаров П.Л., Лубенец П.А. Биологические аспекты возделывания люцерны // Новосибирск: Наука (Сиб. отд-ние), 1985. 253 с.

6. *Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Дегтярёв В.П.* Роль многолетних агроценозов в сохранении плодородия почв // Кормопроизводство. 2009. № 10. С. 31-32.
7. *Кишикаткина А.Н., Еськин В.Н.* Опыт интродукции новых кормовых растений в лесостепи. Среднего Поволжья // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2007. С. 60-62.
8. *Лазарев Н.Н., Авдеев С.М., Демина Л.Ю., Яцкова В.Г.* Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и урожайности бобовых и бобово-злаковых травостоев при их долголетнем использовании // Известия ТСХА. 2011. Вып. 1. С. 11-15.
9. *Лазарев Н.Н., Белов Е.А.* Ускоренное создание травостоев люцерны изменчивой и козлятника восточного // Кормопроизводство. 2011. № 5. С. 10-12.
10. *Лазарев Н.Н., Исаков А.Н., Стародубцева А.М.* Луговые травы в Нечерноземье: урожайность, долголетие, питательность. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. 218 с.
11. *Образцов В.Н., Щедрина Д.И.* Лядвенец рогатый в чернозёмной лесостепи. Воронеж, 2012. 233 с.
12. *Харьков Г.Д.* Люцерна. М.: Агропромиздат, 1989. 61 с.
13. *Шамсутдинов З.Ш., Писковацкий Ю.М., Новоселов М.Ю., Тюрин Ю.С. и др.* Результаты и приоритеты в селекции кормовых растений // Кормопроизводство: проблемы и пути решения: Сб. науч. тр. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. С. 241-257.
14. *Bullard M.J., Crawford T.J.* Productivity of *Lotus corniculatus* L. (bird's-foot trefoil) in the UK when grown under low-input conditions as spaced plants, monoculture swards or mixed swards // Grass and Forage Science. 1995. V 50. Is. 4. P. 439-446.
15. *Canevari W.M.* Overseeding and companion cropping in alfalfa. University of California. Division of Agriculture, 2000. 31 p.
16. *Luis De I., Irigoyen J.J., Sanchez-Diaz M.* Elevated CO² enhances plant growth in droughted N₂-fixing alfalfa without improving water stress // Physiologia Plantarum. 1999. Vol. 107. P. 84-89.
17. *Ramírez-Restrepo C.A., Kemp P.D., Barry T.N., López-Villalobos N.* Production of *Lotus corniculatus* L. under grazing in a dryland farming environment // New Zealand Journal of Agricultural Research. 2006. Vol. 49. P. 89-100.
18. *Topp C.F.E., Doyle C.J.* Modelling the comparative productivity and profitability of grass and legume systems of silage production in northern Europe // Grass and Forage Science. 2004. Vol. 59. Is. 3. P. 274-292.
19. *Volenc J.J., Cherney J.H., Johnson K.D.* Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population // Crop Sci. 1987. Vol. 27. P. 321-326.

PRODUCTIVE LONGEVITY OF NEW ALFALFA VARIETIES (*MEDICAGO SATIVA* L.) UNDER INTENSIVE CUTTING

N.N. LAZAREV, D.V. PYATINSKIY

Russian Timiryazev State Agrarian University

The studies carried out in 2008-2015 revealed that such Medicago varia varieties as Vega 87, Nakhodka, Pastbishhnaya 88, Selena, grown on sod-podzolic soils for 5 years of use, had been forming stable yields of dry matter – 6,24-9,25 t/ha. On the 6-7th year a strong thinning of Medicago varia grass stands was recorded because of suffering from diseases affection. A five-year period

of economic use for such varieties was proved to found to be optimal. *Medicago sativa* varieties showed better stability and on the 8th year of life provided yield from 6,49 to 7,68 t/ha of dry matter. The significant difference in yields among the varieties of *Medicago varia* and *Medicago sativa* was not revealed.

In order to increase longer productivity, binary legume swards were created including new varieties of *Medicago varia* and bird's-foot trefoil. The experiment showed that the four-year use of binary mixtures consisting of bird's-foot trefoil and alfalfa varieties Agnes and Pastbishhnaya 88 resulted in exceeded yields compared to the ones of single-species alfalfa stands by 7% and 27% respectively. However, the proportion of a bird's-foot trefoil in the composition of herbage was small – in single-species seeding it reached 42,7-65,1% and in mixtures – 8,3-17,4%, moreover, it reduced over the years.

The mixtures of alfalfa and red clover had the advantage in terms of productivity only for the first two years of use. On the 4th year the yield of alfalfa and clover mixtures was by 0,83-2,71 t/ha less than that of single-species swards of alfalfa and alfalfa with bird's-foot trefoil mixtures, because the proportion of clover in the botanical composition of agrophytocenosis declined to 10,8-12,7%.

Alfalfa and its mixtures with a bird's-foot trefoil and red clover accumulated 55,7-119,6 kg/ha of biological nitrogen in the aboveground biomass on the 2nd and the 3^d years of life. For the first two years of life from 64,8 to 88,2 kg/ha of nitrogen was accumulated by the root mass of such herbage.

Key words: alfalfa varieties, red clover, bird's-foot trefoil, yield, botanical composition, forage quality.

References

1. *Abdrushaeva Ja.M., Ragimov K.N., Pokrovskaja E.V.* Azotifiksirujushhaja sposobnost' mnogoletnih bobovyh trav v uslovijah Novgorodskoj oblasti [Nitrogen-fixing ability of perennial legumes under the conditions of the Novgorod region]. *Plodorodie. Soil Fertility.* 2008. No. 1. Pp. 27-28.
2. *Artemov I.V., Pervushin V.M., Gul'shina I.I.* Osobennosti vozdeyvanija kormovyh kul'tur v Lipeckoj oblasti [Features of cultivation of fodder crops in the Lipetsk region]. *Kormoproizvodstvo. Fodder Production.* 1999. No. 11. Pp. 16-23.
3. *Blagoveshhenskij G.V., Shtyrhunov V.D., Konanchuk V.V.* Jenergo-proteinovyj potencial trav i furazhnyh kul'tur [Energy-protein potential of grasses and forage crops]. *Kormoproizvodstvo. Fodder Production.* 2016. No. 2. Pp. 21-23.
4. *Goloborod'ko S.P., Lazarev N.N.* Ljucerna [Alfalfa]. Moscow. Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University. 2009. 425 p.
5. *Goncharov P.L., Lubenec P.A.* Biologicheskie aspekty vozdeyvanija ljucerny [Biological aspects of alfalfa cultivation]. Novosibirsk. Nauka Publ. 1985. 253 p.
6. *Kapsamun A.D., Pavljuchik E.H., Degtjarjov V.P.* Rol' mnogoletnih agrocenozov v sohranении plodorodija pochv [The role of long-term agro-ecosystems in maintaining soil fertility]. *Kormoproizvodstvo. Fodder Production.* 2009. No. 10. Pp. 31-32.
7. *Kshnikatkina A.N., Es'kin V.N.* Opyt introdukcii novyh kormovyh rastenij v lesostepi Srednego Povolzh'ja [The experience of the introduction of new fodder crops in the forest-steppe zone of Middle Volga region]. *Vestnik Saratovskogo GAU im. N.I. Vavilova. Journal of Saratov State Vavilov Agrarian University.* 2007. Pp. 60-62.
8. *Lazarev N.N., Avdeev S.M., Demina L.Ju., Jackova V.G.* Izmenenie agrohimicheskikh svojstv dernovo-podzolistoj pochvy i urozhajnosti bobovyh i bobovo-zlakovyh travostoev pri ih dolgoletnem ispol'zovanii [Changing of agrochemical properties of sod-podzolic soil and productivity of legumes and legume-grass swards during their long-term use]. *Izvestiya of TSKhA. Journal of Timiryazev Agricultural Academy.* 2011. No. 1. Pp. 11-15.
9. *Lazarev N.N., Belov E.A.* Uskorennoe sozdanie travostoev ljucerny izmenchivoj i kozljatnika vostochnogo [Accelerated creation of *Medicago varia* Mart. and *Galega orientalis* herbage]. *Kormoproizvodstvo. Fodder Production.* 2011. No 5. Pp. 10-12.

10. Lazarev N.N., Isakov A.N., Starodubceva A.M. Lgovye travy v Nechernozem'e: urozha-jnost', dolgoletie, pitatel'nost'. [Meadow grasses in the Non-Chernozem zone: productivity, longevity, nutrition]. Moscow. Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University. 2015. 218 p.
11. Obratcov V.N., Shhedrina D.I. Ljadvenec rogatyj v chernozjomnoj lesostepi. [Lotus corniculatus L. in the black-earth steppe]. Voronezh. 2012. 233 p.
12. Har'kov G.D. Ljucerna [Alfalfa]. Moscow. Agropromizdat pPubl. 1989. 61 p.
13. Shamsutdinov Z. Sh., Piskovackij Ju.M., Novoselov M. Ju., Tjurin Ju.S. i dr. Rezul'taty i priority v selekcii kormovyh rastenij [Results and priorities in selection of fodder crops]. Kormoproizvodstvo: problemy i puti reshenija: Sb. nauch. tr. [Fodder Production: Problems and Solutions: Coll. of scientific works]. Moscow. FGNU «Rosinformagroteh». 2007. Pp. 241-257.
14. Bullard M.J., Crawford T.J. Productivity of Lotus corniculatus L. (bird's-foot trefoil) in the UK when grown under low-input conditions as spaced plants, monoculture swards or mixed swards. *Grass and Forage Science*. 1995. Vol. 50. No. 4. Pp. 439-446.
15. Canevari W.M. Overseeding and companion cropping in alfalfa. University of California. Division of Agriculture. 2000. 31 p.
16. Luis De I., Irigoyen J.J., Sanchez-Diaz M. Elevated CO₂ enhances plant growth in droughted N₂-fixing alfalfa without improving water stress. *Physiologia Plantarum*. 1999. Vol. 107. Pp. 84-89.
17. Ramirez-Restrepo C.A., Kemp P.D., Barry T.N., López-Villalobos N. Production of *Lotus corniculatus* L. under grazing in a dryland farming environment. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2006. Vol. 49. Pp. 89-100.
18. Topp C.F.E., Doyle C.J. Modelling the comparative productivity and profitability of grass and legume systems of silage production in northern Europe. *Grass and Forage Science*. 2004. Vol. 59. No. 3. Pp. 274-292.
19. Volenec J.J., Cherney J.H., Johnson K.D. Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop Sci*. 1987. Vol. Pp. 321-326.

Лазарев Николай Николаевич – д.с.-х.н., заведующий кафедрой растениеводства и луговых экосистем РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-10-05; e-mail: lazarevnick2012@gmail.com).

Пятинский Дмитрий Васильевич – асп. кафедры растениеводства и луговых экосистем РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-47-80.

Lazarev Nikolai Nikolaevich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Production and Grassland Ecosystems, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-10-05; e-mail: lazarevnick2012@gmail.com).

Pyatinskiy Dmitriy Vasil'evich – PhD-student of the Department of Crop Production and Grassland Ecosystems, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-47-80).

УДК 632.654:634.75:632.938.1

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ (ВОСПРИИМЧИВОСТЬ) К ПАУТИННОМУ КЛЕЩУ

С.Я. ПОПОВ, Е.К. ПОНОМАРЕНКО

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Представлен методологический подход, основанный на прогностической оценке сортов земляники садовой в отношении их основных биологических показателей, а также показателя размножения паутинного клеща *Tetranychus atlanticus*, ответственных за проявление устойчивости (восприимчивости) к фитофагу. В качестве тестируемых сортов земляники использовали сорта Торпеда, Троицкая, Царица, Швед и Эльсанта. Их устойчивость (восприимчивость) в течение 2-х последующих лет оценивали по количественным биологическим показателям, связанным с листовым аппаратом (количество весенних и летних листьев в расчете на растение, площадь листьев, показатель удельной поверхностной плотности листьев (УППЛ), а также по плодовитости фитофага за 6 сут. в оптимальных лабораторных условиях. За относительно устойчивые приняты сорта, обладавшие большим количеством и большей площадью листьев, большей удельной поверхностной плотностью листьев, и те, на которых проявилась меньшая плодовитость паутинного клеща. Выявлено, что коэффициент корреляции между показателями «Количество весенних листьев» и «Сырая биомасса листьев» достаточно высок ($r = 0,865$), также высок он между показателями «Количество весенних листьев» и «Площадь листьев» ($r = 0,838$). Между показателями «Количество весенних листьев» и «УППЛ» выявлена отрицательная значимая корреляция ($r = -0,730$), то же выявлено между показателями «Сырая биомасса листьев» и «УППЛ» ($r = -0,854$). За методическую основу прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу избрали принципы оптимизации и оптимального управления, когда биологические показатели исследуемых сортов земляники рассматривались в контексте установления возможных границ изменения переменных и получения экстремальных значений признаков. В пределах тестируемого показателя вычислены отклонения от среднего значения по каждому сорту. За итоговый показатель проекционной оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу, основываясь на принципах оптимального управления, взяли сумму отклонений, по которым осуществлено ранжирование сортов земляники. При условии равного воздействия каждого выделенного показателя сорта в отношении паутинного клеща наиболее устойчивым (толерантным) признан сорт Торпеда, обладающий относительно большой площадью листьев, выраженной УППЛ и низким значением плодовитости паутинного клеща на нём (отличается от средних значений по сумме показателей в лучшую сторону на +20,4%). Наименее устойчивым признан сорт Швед (отличается, соответственно, в худшую сторону на -14,5%). В будущем при проведении подобного рода исследований целесообразно выявлять удельную значимость каждого выделенного показателя устойчивости сорта к фитофагу.

Ключевые слова: паутинные клещи, *Tetranychus*, сорта земляники, устойчивость (восприимчивость) сортов, прогностическая оценка.

Использование устойчивых сортов или гибридов культурных растений к фитофагам – важный прием ограничения их вредоносности. Этот подход позволяет переходить от стандартных пестицидных технологий защиты к экологизированным системам и в идеале получать продукцию, свободную от пестицидных остатков. Наиболее важными хозяйственно-ценными признаками новых сортов и гибридов являются иммуногенетические свойства растений. Выявлено, что разнообразные ростовые, органообразовательные, морфо-анатомические и физиолого-биохимические свойства растений выполняют барьерные функции, ограничивающие использование фитофагами растений как источника питания и среды обитания. По мнению специалистов в области устойчивости культурных растений к фитофагам, формирование устойчивых генотипов чаще всего связано с проявлениями морфологического, органогенетического, физиологического, атрептического, оксидативного и ингибиторного иммунологического барьеров [1-3].

Устойчивые (толерантные) сорта и гибриды можно сконструировать практически ко всем фитофагам, в том числе и к массовым видам паутинных клещей рода *Tetranychus*, несмотря на то, что, например, обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch имеет более 3930 видов растений-хозяев // ([www.http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf](http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf).) [26].

Атлантический паутинный клещ (*Tetranychus atlanticus* McGregor, 1941) (sensu Mitrofanov et al., 1987), морфологически весьма близкий к обыкновенному паутинному клещу, является доминирующим видом среди паутинных клещей, поражающих землянику садовую и многие другие травянистые растения на большом протяжении России [10]. Этот фитофаг на плантациях земляники в среднем 1 раз в 4-5 лет имеет в Московском регионе вспышку массового размножения, во время которой происходят сильные поражения растений [11]. Вместе с тем отмечено, что избирательность кормовых растений у каждого из массовых видов паутинных клещей рода *Tetranychus* неодинакова, и степень повреждения листьев отличается даже у сортов и гибридов. Пример дифференциации 49 гибридов и сортов огурца на несколько групп по устойчивости (восприимчивости) к *T. atlanticus*, где выделены 2 весьма устойчивых гибрида, подтверждает это [13]. То же относится и к сортам земляники садовой [18, 19, 20, 23].

В работе представлен методологический подход, основанный на прогностической оценке сортов земляники садовой в отношении их основных биофизиологических показателей, а также показателей размножения паутинного клеща. Мы предполагали, что при фиксированной плотности популяции паутинного клеща сорта земляники с более обильным и стойким листовым аппаратом (количество листьев и площадь листьев, удельная поверхностная плотность листьев) являются более толерантными к фитофагу. Через плодовитость паутинного клеща можно также судить об антибиотическом воздействии сорта на фитофага. Кроме того, сорта земляники с высокой вегетационной способностью размножения, измеряемой количеством усов на растении и розеток на усе и, следовательно, формирующие выраженное проективное покрытие, могут также быть отнесены к потенциально толерантным. В данной работе мы оценили основные показатели, проранжированные относительно друг друга. При осуществлении прогностической оценки можно также учитывать и другие дополнительные показатели, значимые для паутинного клеща, а именно: природу химических веществ, ответственных за репродуктивные свойства и выживаемость паутинного клеща, длительность развития постэмбриональных особей, уровень содержания в листьях веществ

(например, фарнезола), влияющих на жизненные процессы этого фитофага, строение мезофилла листа и др. [16, 17, 21, 22, 25].

Материал и методы исследования. В качестве тестируемого растительного материала использовали 5 сортов земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch.: Торпеда, Троицкая, Царица, Швед и Эльсанта. Из названных сортов сорт Швед является белоплодным, остальные – красноплодные. В основе предварительного выбора сортов из красноплодной группы земляники использован принцип контрастности морфометрических параметров. Оценивали их биологические показатели, связанные с проявлением устойчивости (толерантности) к фитофагам: количество листьев в расчете на 1 растение по категориям листьев, площадь листьев (см²), удельная поверхностная плотность листьев (мг/см²), количество усов на 1 растении, количество розеток на 1 усе. Растения посадки осени 2013 г. выращивали в природных условиях на экспериментальном участке лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва), наблюдения проводили в 2014 и 2015 гг. Отметим, что количество весенних листьев и площадь листьев земляники коррелировали в пределах сорта ($r = 0,838$), однако корреляционная связь между количеством весенних листьев и количеством усов (на конец вегетационного сезона) оказалась менее выраженной ($r = 0,611$). Тем не менее это свидетельствует, что сорта земляники с мощным габитусом отличаются как большим количеством листьев, так и их большей площадью.

Атлантический паутинный клещ (*Tetranychus atlanticus*), нередко сводимый зарубежными авторами к синониму туркестанского паутинного клеща (*Tetranychus turkestanii* Ug. et Nik., 1938), на самом деле достаточно отличается от последнего размерами генитального аппарата [6, 9, 12].

Лабораторная маточная колония *T. atlanticus*, поддерживаемая на кафедре защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, первоначально была основана в 1998 г. из особей, отобранных с растений земляники ЗАО «Совхоз имени Ленина» Ленинского района Московской области.

Для поддержания маточной колонии *T. atlanticus* использовали листовые пластинки растений кустовой фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), которые выращивали в оптимальных условиях в пластиковых контейнерах объемом 3 л с однотипной плодородной почвой, без внесения удобрений. В опыте на плодовитость половозрелых одновозрастных молодых самок *T. atlanticus* содержали на дисках-высечках фасоли, плавающих в бюксах с водой. Соответственно их располагали в камере термостата с заданными режимами: температуры – 25 °С, относительной влажности воздуха – 70-80%, фотопериодом (L: D) – 16:8 ч. Те же условия были предоставлены половозрелым самкам *T. atlanticus* при оценке их плодовитости на сортах земляники.

Площадь листовой пластинки земляники оценивали по методике *Николенко и Котова* [7] с использованием формулы:

$$S = (ab) \times 1,4,$$

где a и b – длина и ширина листовой пластинки, 1,4 – коэффициент пересчета для сортов земляники.

Важным показателем ассимиляционного аппарата растений является удельная поверхностная плотность листа (УППЛ), которая выражается как сухая масса единицы площади листа. УППЛ свидетельствует о мезоструктурной организации листа, содержании ассимилятов и анатомо-морфологических различиях [14, 15].

Для определения УППЛс помощью листового шлямбура диаметром 1,5 см брали высечки из центральной части листа между жилками. Высечки делали из 25 листьев каждого сорта в 8-кратной повторности и высушивали их до постоянной массы при температуре 100 °С [5]. Также были учтены показатели количества листьев на 1 растении, количества усов на 1 растении и количества розеток на 1 усе в природе на экспериментальном участке (количество повторностей каждого сорта – 25).

Среднесуточную плодовитость *T. atlanticus*, а также сумму яиц, отложенных за определенные промежутки времени, измеряли, культивируя одновозрастных половозрелых самок на листьях тестируемых сортов и фасоли (эталон) в термостате с постоянной температурой 25 °С, относительной влажностью 65-80%, фотопериодом (L: D) 16:8 ч, при этом количество отложенных яиц за первые сутки не учитывалось. Число повторностей (самок) – 12.

За методическую основу прогностической *оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу брали принципы оптимизации и оптимального управления, когда наиболее надёжным способом нахождения наилучшего варианта является сравнительная оценка всех возможных вариантов (альтернатив) и когда осуществляется выбор наилучшего (оптимального) варианта из множества возможных* [8]. При этом биологические показатели исследуемых сортов земляники рассматривались в контексте установления возможных границ изменения переменных и получения экстремальных значений признаков [4].

Полученные данные обрабатывали статистически в рамках однофакторного дисперсионного анализа по критерию Тьюки с использованием программного обеспечения Statistica 5,5, корреляционный анализ осуществляли по программе Microsoft Excel 2007.

Результаты исследования. Биологические показатели 5 сортов земляники, выращиваемых на экспериментальном вегетационном участке, оценивали в 2014-2015 гг. в 25-кратной повторности (повторность – 1 растение) на сортовых делянках, включавших в себя 70 растений; анализируемые растения отбирали рендомизированно. Подсчитывали количество весенних и сменивших их в июле-августе летних листьев, площадь этих листьев, а также показатель УППЛ. Основное внимание уделяли весенним листьям, поскольку именно они ответственны за формирование урожая плодов. Произведены учеты: в 2014 г. весенних листьев – 16-22 июня, летних – 11-17 августа; в 2015 г. – 15-21 июня и 10-16 августа соответственно. Основной сбор плодов осуществлялся в первой половине июля.

Как следует из таблицы 1, в первый год пользования земляники наибольшее количество листьев в расчете на 1 растение оказалось: весенних – у сортов Троицкая, Эльсанта и Торпеда, летних – у сортов Эльсанта и Троицкая; во 2-й год пользования весенних – у сортов Царица, Троицкая и Эльсанта, летних – у сортов Эльсанта, Царица, Торпеда и Троицкая. Наименьшее количество весенних и летних листьев в исследуемые годы было зафиксировано у сорта белоплодной земляники Швед.

Наибольшая площадь листовой пластинки как весенних, так и летних листьев 1-го и 2-го годов пользования зарегистрирована у сорта Эльсанта, наименьшая – у сорта Швед (табл. 1). По количеству усов в расчете на 1 растение и по количеству розеток в расчете на 1 ус в 1-й и 2-й годы пользования существенной разницы по сортам, за исключением варианта Швед в 1-й год пользования, не наблюдалось.

Таблица 1

**Биологические показатели 5 сортов земляники первого года пользования.
Сортовой участок лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
г. Москва (в среднем на 25 растений)**

Сорт	Количество листьев с развернувшейся пластинкой на 1 растении		Средняя площадь развернувшейся листовой пластинки, см ²		Количество усов на 1 растении в конце сезона	Количество розеток на 1 усе в конце сезона
	весенние листья	летние листья	весенние листья	летние листья		
1-й год пользования						
Торпеда	8,7±0,7 ab*	23,3±0,6 a	74,9±3,1 a	85,1±0,5 a	6,1±0,4 a	2,0±0,2 a
Троицкая	9,8±0,8 b	25,1±0,6 b	83,7±1,5 b	90,4±0,8 b	6,5±0,3 a	2,5 ±0,4 a
Царица	7,8±0,7 a	21,4±1,0 c	94,4±1,5 c	98,2±0,7 c	6,2±0,3 a	2,5±0,2 a
Швед	7,5±0,5 a	18,8±0,8 d	52,8±2,1 d	64,2±1,0 d	5,0±0,2 b	1,8±0,2 a
Эльсанта	9,0±0,7 ab	25,7±0,8 b	109,6±1,2 e	112,4±0,7 e	5,9±0,3 a	2,4±0,2 a
2-й год пользования						
Торпеда	25,6±0,9 a	27,6±0,5 a	110,6±0,7 a	110,2±0,4 a	10,4±0,4 a	2,9±0,2 a
Троицкая	27,2±0,7 b	27,4±0,5 a	109,8±0,8 a	110,1±0,4 a	10,2±0,4 a	2,8 ±0,2 a
Царица	27,4±0,8 b	27,7±0,7 a	110,1±0,7 a	110,2±0,5 a	10,3±0,4 a	2,8±0,1 a
Швед	23,9±0,7 c	24,0±0,5 b	82,5±0,4 b	83,1±0,3 b	9,8±0,4 a	2,5±0,2 a
Эльсанта	26,4±0,8 ab	27,8±0,4 a	113,6±0,5 c	114,6±0,6 c	10,6±0,4 a	2,9±0,2 a

*Здесь и далее в таблицах $\bar{x} \pm SE$.

Таблица 2

**Структурно-функциональные элементы фотосинтетического аппарата
весенних листьев 5 сортов земляники (высечки культуры тканей площадью 1,8 см²)**

Сорт	№	Сырая биомасса листьев, г	Сухая биомасса листьев, г	Сырая биомасса высечек, г	Сухая биомасса высечек, г	УППЛ, г/см ²
Торпеда	25	85,4±0,1 a*	28,3±0,1 a	0,8±0,004 a	0,26625±0,00324 a	13,7±0,1 a
Троицкая	25	91,3±0,2 b	26,8±0,1 b	0,7±0,008 b	0,26375±0,00324 a	11,4±0,2 b
Царица	25	97,8±0,3 c	30,4±0,3 c	0,8±0,007 a	0,27625±0,00324 b	12,2±0,1 c
Швед	25	77,9±0,2 d	23,1±0,2 d	0,8±0,003 a	0,24875±0,00227 c	13,9±0,2 a
Эльсанта	25	98,9±0,1 e	26,7±0,1 b	0,8±0,004 a	0,24±0,00267 d	10,7±0,1 d

* $\bar{x} \pm SE$.

Данные таблицы 2 показывают, что наибольшая сырая биомасса листьев зарегистрирована у сорта Эльсанта (98,9 г), наименьшая – у сорта Швед (77,9 г). При этом отметим, что между всеми сортами выявлена существенная разница ($P < 0,05$). Наибольшей биомассой сухих листьев обладал сорт Царица (30,4 г), наименьшей – сорт Швед (23,1 г); между остальными сортами существенные различия также имеются. Сырая биомасса высечек (диаметр – 1,5 см) для большей части сортов оказалась одинаковой (0,8 г), кроме сорта Троицкая (0,7 г), у которого она существенно отличалась от других анализируемых. Наиболее высокая сухая биомасса высечек (диаметр – 1,5 см) оказалась у сорта Царица (0,28 г), наименьшая – у сорта Эльсанта (0,23 г). Между сортами Торпеда и Троицкая не зарегистрированы существенные различия ($P > 0,05$), тогда как между остальными сортами они имелись ($P < 0,05$). Показатель УППЛ варьировал от 10,7 до 13,9 г/см². Наиболее плотные по массе весенние листья свойственны сортам Швед (13,9 г/см²) и Торпеда (13,7 г/см²), наименее плотные – сорту Эльсанта (10,7 г/см²). По этому показателю между сортами земляники имелись существенные различия ($P < 0,05$).

Коэффициент корреляции между параметрами «Количество весенних листьев» и «Сырая биомасса листьев» так же, как и в сравнении параметров «Количество весенних листьев» и «Площадь листьев», оказался высоким – 0,865. Между параметрами «Количество весенних листьев» и «УППЛ» выявлена отрицательная значимая корреляция ($r = -0,730$), которая свидетельствует о том, что если сорт отличается малым количеством листьев, то эти листья более плотные, и наоборот. Корреляционное сравнение параметров «Сырая биомасса листьев» и «УППЛ» подтверждает выявленную закономерность ($r = -0,854$).

Для проведения анализа сортов земляники на устойчивость (восприимчивость) к *T. atlanticus* использовали также биологический параметр «Плодовитость фитофага». Помнению акарологов Янги Вренсч [24], изменения в числе произведенного потомства в наибольшей степени зависят от изменения в плодовитости, нежели чем от длительности развития особей преимагинальных стадий.

Данные по оценке сортов земляники на восприимчивость или устойчивость к *T. atlanticus* по среднесуточной и суммарной (за 3 и 6 сут.) плодовитости самок представлены в таблице 3.

Как уже отмечалось, плодовитость фитофага на сортах земляники оценивали, начиная со 2-го дня откладки яиц. Оказалось, что в пределах параметра «Ежесуточная плодовитость» за 3 и 6 сут. коэффициент корреляции (r) оказался равным 0,931, а в пределах параметра «Сумма яиц» за 3 и 6 сут. – 0,99. Из приведенных данных следует, что можно использовать оба выделенных параметра, однако более целесообразным для оценки плодовитости *T. atlanticus* на сортах земляники является параметр «Сумма яиц» за 6 сут. Именно показатель суммы яиц за определенный промежуток времени вместо среднесуточной плодовитости использовал в своих исследованиях по сортовой устойчивости огурца к обыкновенному паутинному клещу известный методолог Де Понти [21].

Результаты наблюдений показали, что суммарная плодовитость *T. atlanticus* за 6 сут. откладки яиц заметно дифференцировалась по сортам. В частности, наибольшая суммарная плодовитость наблюдалась на сорте Троицкая (40,2 яйца), наименьшая – на сортах Эльсанта (32,2 яйца), Торпеда (33,0 яйца) и Швед (34,2 яйца). Однако по этому показателю имеются существенные различия только между сортами Эльсанта и Швед ($P < 0,05$).

Таблица 3

Среднесуточная и суммарная плодовитость *T. Atlanticus* на 5 сортах земляники за периоды откладки яиц (температура = $25 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность $65 \pm 3\%$, фотопериод 16:8 ч)

Сорт	Число самок, №	Среднесуточная плодовитость за период откладки яиц, шт.		Сумма отложенных яиц за период, шт.	
		3 сут.	6 сут.	3 сут.	6 сут.
Фасоль (эталон)	12	$5,6 \pm 0,2$ ab*	$7,4 \pm 0,3$ b	$18,1 \pm 0,5$ a	$44,5 \pm 0,5$ a
Торпеда	12	$5,5 \pm 0,3$ ab	$6,1 \pm 0,4$ a	$16,0 \pm 0,7$ b	$33,0 \pm 1,0$ bc
Троицкая	12	$7,3 \pm 0,5$ c	$7,5 \pm 0,5$ b	$18,1 \pm 0,9$ a	$40,2 \pm 2,2$ e
Царица	12	$5,6 \pm 0,2$ ab	$6,8 \pm 0,3$ ab	$17,0 \pm 0,5$ ab	$37,1 \pm 0,4$ d
Швед	12	$5,8 \pm 0,1$ bc	$6,1 \pm 0,3$ a	$17,0 \pm 0,8$ ab	$34,2 \pm 0,5$ c
Эльсанта	12	$4,7 \pm 0,2$ a	$5,7 \pm 0,3$ a	$15,75 \pm 0,5$ b	$32,2 \pm 0,5$ b

* $\bar{x} \pm SE$.

Коэффициент корреляции (r) между параметрами «Площадь листьев» и «Сумма яиц» за 6 сут. оказался равным 0,105, что свидетельствует об отсутствии корреляционной связи между указанными показателями. То же самое касается показателей «УППЛ» и «Сумма яиц» за 6 сут. ($r = -0,25$).

Как уже отмечалось, методической основой прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу служили принципы оптимизации и оптимального управления, когда суть подхода состоит в нахождении и анализе экстремальных значений признаков [4, 8]. В нашей работе этот подход получил оригинальное выражение. В частности, чтобы оценить действие тех или иных факторов (показателей) на устойчивость (восприимчивость) сортов к паутинному клещу, мы произвели ранжирование этих факторов относительно друг друга. Для этого подсчитали средние значения фактора (показателя) и его отклонения по сортам. За положительные качества показателей, ответственных за устойчивость сортов к паутинному клещу, принимали большее количество листьев, большую площадь листовой пластинки, большие значения УППЛ сорта, меньшую плодовитость паутинного клеща. В анализ включали показатели весенних листьев, ответственные, как уже отмечалось, за продуктивность культуры.

За итоговый показатель прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу, основываясь на принципах оптимального управления, взяли сумму отклонений, по которым осуществлено ранжирование сортов земляники. Результаты подсчетов приведены в таблице 4.

Ранжирование исследуемых биологических показателей сортов земляники и паутинного клеща с целью оценки устойчивости сортов к паутинному клещу

Показатель	Сорт	Среднее значение показателя	Отклонения от среднего значения, %
Количество листьев, шт.	Торпеда	26,1	-1,9
	Троицкая		+4,2
	Царица		+5,0
	Швед		-8,4
	Эльсанта		+1,1
Площадь листьев, см ²	Торпеда	105,3	+5,0
	Троицкая		+4,2
	Царица		+4,5
	Швед		-21,6
	Эльсанта		+7,9
УППЛ, г/см ²	Торпеда	12,4	+10,7
	Троицкая		-7,9
	Царица		-1,4
	Швед		+12,3
	Эльсанта		-13,6
Сумма плодовитости паутинного клеща за 6 сут., яиц	Торпеда	35,3	-6,6
	Троицкая		+ 3,7
	Царица		+4,9
	Швед		-3,1
	Эльсанта		-8,9
Сумма показателей	Торпеда		+20,4
	Троицкая		-3,2
	Царица		+3,2
	Швед		-14,5
	Эльсанта		+4,3

При условии равного воздействия каждого выделенного биологического показателя сорта в отношении паутинного клеща наиболее устойчивым (толерантным) признан сорт Торпеда, обладающий относительно большой площадью листьев, высокой УППЛ и низким

значением плодовитости паутинного клеща на нём (отличается от средних значений по сумме показателей в лучшую сторону на +20,4%). Наименее устойчивым признан сорт Швед (отличается, соответственно, в «худшую» сторону на -14,5%). Остальные сорта занимали близкие относительно друг друга позиции.

Поскольку оказалось весьма проблематичным оценить удельную значимость каждого выделенного признака, то в будущем в рамках подобных исследований целесообразно уделить дальнейшее внимание этой проблеме.

Заключение. В работе представлен методологический подход, основанный на прогностической оценке сортов земляники садовой в отношении их основных биологических показателей, а также показателя размножения паутинного клеща, ответственных за проявление устойчивости к фитофагу. Предполагалось, что при фиксированной плотности популяции паутинного клеща сорта земляники с более обильными по количеству листьев и по площади листьев, с большей удельной поверхностной плотностью листьев являются более толерантными к вредителю. Сорта, на которых проявилась меньшая плодовитость паутинного клеща, можно оценивать как частично антибиотические.

За методическую основу прогностической оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу избрали принципы оптимизации и оптимального управления.

В пределах тестируемого биологического показателя вычислены отклонения от среднего значения по каждому сорту. За итоговый показатель проекционной оценки сортов земляники на относительную устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу взята сумма отклонений, по которым проведено ранжирование сортов земляники. При условии равного воздействия каждого выделенного показателя сорта в отношении паутинного клеща наиболее устойчивым (толерантным) признан сорт Торпеда, обладающий относительной наибольшей площадью листьев, выраженной УППЛ, и низким значением плодовитости паутинного клеща на нём (отличается от средних значений по сумме показателей в лучшую сторону на +20,4%). Наименее устойчивым признан сорт Швед, который отличается, соответственно, в худшую сторону на -14,5%. В будущем при проведении подобного рода исследований целесообразно выявлять удельную значимость каждого выделенного показателя устойчивости сорта к фитофагу. Потенциально и показатели, связанные с высокой вегетационной способностью размножения, измеряемой количеством усов на растении и розеток на усе, и, следовательно, формирующие густое проективное покрытие, могут также быть отнесены к элементам толерантности.

При осуществлении прогностической оценки устойчивости сортов к фитофагу целесообразно учитывать и другие дополнительные показатели, в том числе биохимические, значимые для паутинного клеща. Естественно, что при идентификации гена (генов) устойчивости и они должны быть вовлечены в подобную оценку.

Библиографический список

1. Вилкова Н.А. Иммуитет растений к вредным организмам и его биоценоотическое значение в стабилизации агроэкосистем и повышении устойчивости растениеводства // Вестник защиты растений. 2000. № 2. С. 3-15.
2. Вилкова Н.А., Нефедова Л.И. Структурно-функциональная организация иммуногенетической системы мятликовых и ее влияние на взаимосвязи с вредными организмами в агроэкосистемах // Вестник защиты растений. 2015. № 2. С. 13-20.

3. Вилкова Н.А., Фасулати С.Р. Изменчивость и адаптивная микроэволюция насекомых-фитофагов в агробиоценозах в связи с иммуногенетическими свойствами кормовых растений // Труды русского энтомологического общества. 2001. Т. 72. С. 107-128.
4. Волк Б.Г. Оптимальное управление // Большая Российская энциклопедия. М.: Научное изд-во Большая Российская энциклопедия, 2014. Т. 24. С. 276-277.
5. Миракилов Х.М., Гиясидинов Б.Б., Абдуллаев Х.А., Каримов Х.Х., Солиева Б.А., Эргашева Э.А., Каспарова И.С. Удельная поверхностная плотность листа стародавних и современных сортов тонковолокнистого хлопчатника // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2013. Вып. № 3. Т. 56. С. 250-255.
6. Митрофанов В.И., Стрункова З.И., Лившиц И.З. Определитель тетраниховых клещей фауны СССР и сопредельных стран. Душанбе: Дониш, 1987. 224 с.
7. Николенко В.В., Котов С.Ф. Метод определения площади листовой поверхности декоративных сортов земляники // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2010. Вып. 2. С. 99-105.
8. Оптимизация // Большая Российская энциклопедия. М.: Научное изд-во Большая Российская энциклопедия, 2014. Т. 24. С. 278.
9. Попов С.Я. Растительоядные клещи в защищенном грунте // Защита растений. 1988. № 1. С. 46-48.
10. Попов С.Я. К идентификации местообитаний паутиных клещей (Acariformes, Tetranychidae) по биологическим показателям // Зоологический журнал. 1994. Т. 73. Вып. 7-8. С. 31-41.
11. Попов С.Я. Экологические основы ограничения численности и вредности основных вредителей плодоносящей земляники: малинно-земляничного долгоносика и паутиных клещей: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: Изд-во МСХА, 1997. 36 с.
12. Попов С.Я. Таксономический статус ряда видов паутиных клещей рода *Tetranychus* (Acari, Tetranychidae) и репродуктивные барьеры при скрещивании морфологически близких и отдаленных видов // Экологические аспекты ограничения вредности популяций насекомых и клещей: Сб. статей. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. С. 224-259.
13. Попов С.Я., Слотин В.В., Борисов А.В., Кондряков А.В. Оценка устойчивости сортов и гибридов огурца к атлантическому паутиному клещу // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2009. Вып. 3. С. 110-122.
14. Русакова Е.Л. Оценка физиологического состояния травянистых растений, произрастающих в зоне влияния прудов-накопителей АО «Каустик» // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2005. № 4. С. 73-78.
15. Федоряко Н.И. Морфобиологические особенности и математическая интерпретация параметров листьев сортов земляники в условиях ЦЧР: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2004. 22 с.
16. Шапиро И.Д. Иммуниетет полевых культур к насекомым и клещам. Л.: Зоологический институт, 1985. 321 с.
17. Gunsor F.A., Hutchins R.F.N. Absence of farnesol in strawberry and hop foliage // J. Chem. Ecol. 1982. V. 8. № 4. P. 785-796.
18. Monteiro L.B., Kuhn T., Mogor A.F., Silva E.D.B. Biology of the two-spotted spider mite on strawberry plants // Neotropical Entomology. 2014. V. 43. № 2. P. 183-188.
19. Nyoike T.W., Liburd O.E. Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in North-Central Florida // Journal of Economic Entomology. 2013. V. 106. № 4. P. 1757-1766.
20. Oatman E.R., McMurtry J.A. Biological control of the two-spotted spider mite on strawberry in southern California // Journal of economic entomology. 1966. V. 59. № 2. P. 433-439.
21. Ponti O.M.B., de. Search for sources of resistance // Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch // Euphytica. 1978. V. 27. P. 167-176.
22. Renquist A.R., Breen P.J., Martin L.W. Stomatal behavior and leaf water status of strawberry in different growth environments // Scientia Horticulturae. 1982. V. 18. P. 101-110.

23. Tehri K., Gulati R., Geroh M. Host plant responses, biotic stress and management strategies for the control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) // Agricultural Reviews. 2014. V. 35. № 4. P. 250-260.
24. Young S.S.Y., Wrensch D.L. Relative influence of fitness components on total fitness of the two-spotted spider mite in different environments // Environ. Entomol., 1981. V. 10. P. 1-5.
25. Zhang Y., Wang G., Dong J., Zhong C., Chang L., Wang L. Comparison of aroma compounds of 3 newly-released strawberry cultivars and their parents // XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Berries: From Genomics to Sustainable Production, Quality and Health. 2012. P. 73-78.
26. Электронный ресурс Internet: [www.http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlantspdf](http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlantspdf).

PROGNOSTIC ESTIMATION OF STRAWBERRY VARIETIES FOR RESISTANCE (SUSCEPTIBILITY) TO STRAWBERRY SPIDER MITE

S.YA. POPOV, E.K. PONOMARENKO

Russian Timiryazev State Agrarian University

A methodological approach, based on the projection evaluation of strawberry varieties was presented in accordance to their basic biological traits, as well as to the reproduction index of strawberry spider mite, Tetranychus atlanticus, that can demonstrate resistance (susceptibility) to phytophagan. The study included 5 varieties of strawberries: Torpeda, Troitskaya, Tsaritsa, Swede and Elsanta. Quantitative biological responses associated with leaves (number of spring and summer leaves per plant, leaf surface area, specific leaf area) were calculated to characterize their resistance (susceptibility) during 2 following years, as well as phytophagan fecundity for 6 days under optimal laboratory conditions. Relative resistant (tolerance) varieties were accepted those which had larger number of leaves, larger leaf surface area, larger specific leaf area, and where less fecundity of a strawberry spider mite was realized. It was found that correlation coefficient (r) between traits «Number of spring leaves per plant» and «Fresh leaf biomass» was 0.865, between traits «Number of spring leaves per plant» and «Leaf surface area» – 0.838. Negative correlation coefficient was found between traits «Number of spring leaves per plant» and «Specific leaf area» ($r = -0.730$); it showed that if the variety had a small number of leaves, than leaves had larger specific leaf area, and vice versa. Comparison between traits «Fresh leaf biomass» and «Specific leaf area», where correlation coefficient (r) was -0.854 , confirmed the correlation pattern. As metrological base of prognostic estimation of strawberry varieties for resistance (susceptibility) to strawberry spider mite were taken principles of optimization and optimal management, when the biological indexes were presented to establish of possible ranges of variables resistance and to get extreme trait values. Deviations from average value for each variety were calculated within tested index. Basing on principles of optimal management, the sum of deviations from the mean values was taken to calculate total index of the prognostic estimation of strawberry varieties on resistance (susceptibility) to strawberry spider mite was taken. The varieties of strawberry were ranged in accordance to the sum of deviations. Assuming equal exposure to each variety according to strawberry spider mite it was found that the most resistant (tolerance) variety was Torpeda, that had larger leaf surface area, obvious specific leaf area, and low fecundity of strawberry spider mite on the leaf (the total difference from mean value was $+20.4\%$). The least resistant (tolerance) variety was

Swede (the total difference from mean value was -14.5%). It would be advisable to find specific importance of each tested trait responsible for resistant to phytophagen under conducting the same investigation in future.

Key words: spider mites, *Tetranychus*, strawberry varieties, resistance (susceptibility) of varieties, prognostic estimation.

References

1. *Vilkova N.A.* Immunitet rasteniy k vrednym organizmam i ego biotsenoticheskoe znachenie v stabilizatsii agroekosistem i povyshenii ustoychivosti rastenievodstva // Vestnik zashchity rasteniy. 2000. № 2. P. 3-15.
2. *Vilkova N.A., Nefedova L.I.* Strukturno-funktsional'naya organizatsiya immunogeneticheskoy sistemy myatlikovyh i ee vliyanie na vzaimosvyazi s vrednymi organizmami v agroekosistemah // Vestnik zashchity rasteniy. 2015. № 2. P. 13-20.
3. *Vilkova N.A., Fasulati S.R.* Izmenchivost i adaptivnaya mikroevolyutsiya nasekomyh-fitofagov v agrobiotsenozah v svyazi s immunogeneticheskimi svoystvami kormovyh rasteniy // Trudy russkogo entomologicheskogo obshchestva. 2001. T. 72. P. 107-128.
4. *Volik B.G.* Optimal'noe upravlenie// Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya. M.: Nauchnoe izd-vo Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya, 2014. T. 24. P. 276-277.
5. *Mirakilov Kh.M., Giyasidinov B.B., Abdulaeva Kh.A., Kharimov Kh. Kh., Solieva B.A., Ergasheva E.A., Kasparova I.S.* Udelnaya poverhnostnaya plotnost lista starodavnih i sovremennyh sortov tonkovoloknistogo khlopchatnika // Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. 2013. № 3. T. 56. P. 250-255.
6. *Mitrofanov V.I., Strunkova Z.I., Livshits I.Z.* Opredelitel tetranikhovyh kleshchey fauny SSSR i sopredel'nyh stran. Dushanbe: Donish. 1987. 224 p.
7. *Nikolenko V.V., Kotov S.F.* Metod opredeleniya ploshchadi listovoy poverhnosti dekorativnyh sortov zemlyaniki// Ekosistemy, ih optimizatsiya i ohrana. 2010. Vyp. 2. P. 99-105.
8. Optimizatsiya // Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya. M.: Nauchnoe izd-vo Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya, 204. T. 24. P. 278.
9. *Popov S.Ya.* Rastitel'noyadnie kleshchi v zashchishchennom grunte// Zashchita rasteniy. 1988. № 1. P. 46-48.
10. *Popov S.Ya.* K identifikatsii mestoobitaniy pautinnyh kleshchey (Acariformes, Tetranychidae) po biologicheskim pokazatelyam// Zoologicheskii zhurnal. 1994. T. 73. Yyp. 7-8. P. 31-41.
11. *Popov S.Ya.* Ekologicheskije osnovy ogranicheniya chislennosti osnovnyh vrediteley ploidonosyashchey zemlyaniki: malinno-zemlyanichnaya diagnostika i pautinnyh kleshchey: Avtoref. diss. ...dokt.biolog.nauk. M.: Izd-vo MSHA, 997. 36 p.
12. *Popov S.Ya.* Taksonomicheskij status ryada vidov pautinnyh kleshchey roda *Tetranychus* (Acari, Tetranychidae) i reproduktivnye bar'ery pri skreshchivanii morfologicheskij blizkih i ot-dalennyh vidov // Popov S.Ya. Ekologicheskije aspekty ogranicheniya vredonostnosti populyatsiy nasekomyh i kleshchey: sb.statey. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2013. P. 224-259.
13. *Popov S.Ya., Slotin V.V., Borisov A.V., Kondryakov A.V.* Otsenka ustoychivosti sortov i gibridov ogurtsa k atlanticheskomu pautinnomu kleshchyu // Izvestiya Timiryazevskoy Selskohozyaistvennoy akademii. 2009. Vyp. 3. P. 110-122.
14. *Rusakova E.L.* Otsenka fiziologicheskogo sostoyaniya travyanistyh rasteniy, proizrastayushchih v zone vliyaniya prudov-nakopiteley AO «Kaustik» // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2005. № 4. P. 73-78.
15. *Fedoryako N.I.* Morfobiologicheskije osobennosti i matematicheskaya interpretatsiya parametrov listyev sortov zemlyaniki v usloviyah TSCHR: avtoref.dis.na soiskanie uch.step.kand.s. – h.nauk: spets.06.01.05. «Selektsiya i semenovodstvo»/ N.I. Fedoryako. Mitchurinsk. 2004. 22 p.
16. *Shapiro I.D.* Immunitet polevyh kul'tur k nasekomym i kleshcham. L.: Zoologicheskii institute, 1985. 321 p.

17. *Gunsor F.A., Hutchins R.F.N.* Absence of farnesol in strawberry and hop foliage // J. Chem. Ecol. 1982. V. 8. № 4. P. 785-796.
18. *Monteiro L.B., Kuhn T., Mogor A.F., Silva E.D.B.* Biology of the two-spotted spider mite on strawberry plants // Neotropical Entomology. 2014. V. 43. № 2. P. 183-188.
19. *Nyoike T.W., Liburd O.E.* Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in North–Central Florida // Journal of Economic Entomology. 2013. V. 106. № 4. P. 1757-1766.
20. *Oatman E.R., McMurtry J.A.* Biological control of the two-spotted spider mite on strawberry in southern California // Journal of economic entomology. 1966. V. 59. № 2. P. 433-439.
21. *Ponti O.M.B., de.* Search for sources of resistance // Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch // Euphytica. 1978. V. 27. P. 167-176.
22. *Renquist A.R., Breen P.J., Martin L.W.* Stomatal behavior and leaf water status of strawberry in different growth environments // Scientia Horticulturae. 1982. V. 18. P. 101-110.
23. *Tehri K., Gulati R., Geroh M.* Host plant responses, biotic stress and management strategies for the control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) // Agricultural Reviews. 2014. V. 35. № 4. P. 250-260.
24. *Young S.S.Y., Wrensch D.L.* Relative influence of fitness components on total fitness of the two-spotted spider mite in different environments // Environ. Entomol., 1981. V. 10. P. 1-5.
25. *Zhang Y., Wang G., Dong J., Zhong C., Chang L., Wang L.* Comparison of aroma compounds of 3 newly-released strawberry cultivars and their parents // XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Berries: From Genomics to Sustainable Production, Quality and Health. 2012. P. 73-78.
26. Resource in the Internet: [www.http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf](http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/docs/HostPlants.pdf).

Попов Сергей Яковлевич – д.б.н., проф., зав. кафедрой защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: sergei_ya_popov@mail.ru

Пономаренко Екатерина Константиновна – аспирант кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: ekaterinannov200@gmail.com.

Popov Sergei Yakovlevich – Head of the Department of Plant Protection, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: sergei_ya_popov@mail.ru).

Ponomarenko Ekaterina Konstantinovna – post graduate student of the Department of Plant Protection, Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (916) 474-97-26; e-mail: ekaterinannov200@gmail.com.

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ И КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ РИЗОБАКТЕРИИ *KLEBSIELLA PLANTICOLA* НА РАЗВИТИЕ ФИТОПАТОГЕНА *ALTERNARIA ALTERNATA* НА КАРТОФЕЛЕ

Е.С. ПРИХОДЬКО¹, О.В. СЕЛИЦКАЯ¹, А.Н. СМИРНОВ^{1,2}

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

²Отдел интенсивного земледелия Владимирского НИИ сельского хозяйства

В 2012 и 2013 гг. на полевой станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева изучали развитие альтернариоза на фоне применения фунгицидов Максим и Танос а также культуральной жидкости ризобактерии *Klebsiella planticola* (Bagley et al., 1982). За последние годы пресс альтернариоза на посадки картофеля возрос. Наблюдался значительное развитие альтернариоза при довольно низких показателях образования конидий патогена. Получили доказательства, что развитие альтернариоза – весьма существенный фактор, определяющий низкую урожайность картофеля в условиях Московского региона. Он представляет собой значительный фитосанитарный риск для различных хозяйств, производящих картофель, прежде всего – в данных условиях. Исследуемые фунгициды Максим, Танос и их комбинации оказались неспособными снизить развитие альтернариоза. На этом фоне установили низкое фунгицидное действие при применении культуральной жидкости ризобактерии *K. planticola* для защиты картофеля против альтернариоза, хотя зачастую оно превышало эффективность фунгицидов, и хозяйственная эффективность достигала 9,5% при прибавке урожая 2,2 т/га.

Ключевые слова: альтернариоз, картофель, *Alternaria alternata*, *Klebsiella planticola*, фунгициды.

Картофель является одной из основных культур, возделываемых как в производственных условиях, так и в ЛПХ [3, 15]. Поэтому сейчас, при объявлении рядом стран санкций против России, специалисты по защите растений, как никогда раньше, заинтересованы в том, чтобы сохранить культуру, используя передовые отечественные разработки.

Производство картофеля в Московской области имеет определенные перспективы развития, диктуемые современными факторами социального и экологического характера [3, 21]. В 2010-е гг. оно сталкивается с достаточно суровыми вызовами и проблемами, с которыми необходимо считаться. Во-первых, в рамках экологизации возделывания картофеля необходимо максимально использовать в схемах защиты экологически безопасные средства [21]. Во-вторых, необходимо проверять эффективность схем защиты, учитывая текущие климатические тренды [19]. В последние годы отчетливо проявилась тенденция потепления климата, особенно после засушливых и контрастных вегетационных периодов 2007, 2010 и 2011 гг. На этом фоне по сравнению с предшествующими периодами на картофель возрос пресс альтернариоза, возбудители которого *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. и *A. solani* Sorauer в данных условиях получают преимущества и спо-

собны оказывать крайне негативное воздействие на развитие и урожаи картофеля [1, 5, 8, 9, 10, 13, 20].

Учитывая, что картофель часто выращивают в секторе ЛПХ, для его защиты от фитопатогенов используют экологически безопасные биологические средства, в том числе и на основе бактерий [1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13]. Нередко в них имеются биологически активные вещества, влияющие не только на урожайность картофеля, но и непосредственно или опосредованно на его иммунитет, что позволяет, благодаря повышению устойчивости растения к патогенам, уменьшить количество обработок фунгицидами [21]. В списке таких средств защиты картофеля ассоциативная азотфиксирующая ризобактерия *Klebsiella planticola* (Bagley et al., 1982) занимает сильные позиции [7, 19] и может рассматриваться как своего рода модельный объект. Она способна обогащать азотом площадь питания на ранних этапах развития растения, что способствует увеличению его урожайности.

Исследования, организованные на кафедре растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в конце 1990-2000-х гг., показали, что применение культуральной жидкости *K. planticola* (биопрепарат Биоплан) при совместном применении других биопрепаратов и микроудобрений на картофеле увеличивало высоту и число стеблей, площадь листовой поверхности и урожайность примерно на 10-25% [2, 16, 17]. При использовании таких агроприемов, как тяжелая фракция семенных клубней, полученных благодаря предпосевной сортировке клубней с использованием раствора мочевины [15, 17], эффект был еще более значительным и достигал около 40%. В целом при использовании культуральной жидкости *K. planticola* прибавка урожая картофеля может составлять 1-5 т/га.

Защитные свойства *K. planticola* в полной мере не изучены, что особенно касается патогенов, опасных в настоящее время. Есть свидетельства того, что использование культуральной жидкости данной бактерии повышает устойчивость картофеля к ризоктониозу, а это важно в системе семеноводства [2, 15, 17]. Опираясь на последние опыты, можно утверждать, что баковая смесь и биопрепарат на основе *K. planticola* в одних случаях подавляли развитие патогенов, а в других – способствовали увеличению их численности [12]. Аналогичные эффекты наблюдали для средств экологизированной защиты растений [1]. Это зависело от года с благоприятными климатическими условиями для патогена.

Таким образом, относительно картофеля необходима следующая работа после 2010 г. Нужно оценить фитосанитарный риск использования рекомендуемых средств защиты от альтернариоза, преимущественно химических фунгицидов для защиты растений и урожая картофеля от альтернариоза. Также в связи с существующими трендами в защите растений следует уточнить непосредственную роль модельного биопрепарата на основе культуральной жидкости *K. planticola* при подавлении альтернариоза и увеличении урожая картофеля.

Цели нашего исследования – в современных условиях уточнить специфику развития *A. alternata* (Fr.) Keissl. и роль этого патогена на картофеле, а также влияние культуральной жидкости ризобактерии *K. planticola* на развитие *A. alternata* и урожайность картофеля.

Материал и методы исследования. Лабораторные исследования по изучению влияния ризобактерий *K. planticola* на развитие *A. alternata*, проводили в лаборатории кафедры защиты растений (сектор фитопатологии) и на кафедре микробиологии и иммунологии.

Полевые опыты проводили в 2012 г. на территории полевой станции, в 2013 г. – на территории лаборатории защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для посадки в опытах использовали семенные клубни картофеля сорта Невский, предоставленные агрономами полевой станции. Средняя масса клубней составляла 40-45 г. Почва представляет собой дерново-подзолистый суглинок. Для уточнения эффекта культуральной жидкости *K. planticola* удобрения в почву специально по ходу опыта не вносили. В экспериментах использовали известные рекомендуемые против альтернариоза фунгициды Максим и Танос.

В 2012 г. в гребни сажали клубни первой репродукции. Общая площадь посадок картофеля составила 15 га, площадь опытного участка – 154,0 м². Схема посадки клубней – 70 × 20 см. Повторность 4-кратная, в повторности 20 растений. Расположение делянок рендомизированное.

1. Контроль (клубни и растения без обработки).

2. Обработка клубней (0,4 л/т) и растений (0,3 л/га) в фазу смыкания рядков фунгицидом контактного действия (протравителем) Максим (Флудиоксонил, КС, 0,4 л/т). Обработку протравителем вегетирующих растений проводили специально для уточнения развития *A. alternata* на картофеле, а именно для уточнения того, способен ли данный патоген к первичному активному заселению тканей картофеля. Данный вариант выбрали в качестве эталона, потому что защитный эффект действия данных препаратов известен, в то время как подобрать аналогичные биологические средства защиты картофеля от болезней не представляется возможным.

3. Обработка клубней и растений культуральной жидкостью ризобактериями *K. planticola* (5 л/га; суточная культура бактерий (1 часть культуры на 100 частей воды) на среде К₂, норма расхода – 50 мл, суспензии (титр 10⁷ КОЕ/мл) [7] в фазу смыкания рядков. Бактерию *K. planticola* культивировали в жидкой питательной среде К₂ в течение суток при 28°C. Для обработки использовали суспензию клеток с культуральной жидкостью, которую перед применением разбавляли водопроводной водой в соотношении 1:100. Количество клеток бактерий в исходной суточной культуре составляло 10⁹ КОЕ/мл. Обработку проводили в вечернее время, с 18:00 по 20:00, для уменьшения воздействия на ассоциативные бактерии прямой солнечной радиации.

В 2013 г. сажали клубни первой репродукции. Общая площадь посадок картофеля составила 0,4 га, площадь опытного участка – 84 м². Схема посадки клубней – 120 × 20 см. Повторность 4-кратная, в повторности 10 растений. Расположение делянок рендомизированное.

1. Контроль (клубни и растения без обработки).

2. Обработка клубней фунгицидом-протравителем Максим (0,4 л/т) и растений в фазы смыкания рядков и бутонизации препаратом контактно-системного действия Танос (Фамоксадон, Цимоксанил, ВДГ, 0,6 кг/га). Аналогично в 2012 г. – данный вариант выбрали в качестве эталона.

3. Обработка культуральной жидкостью ризобактерий *K. planticola* (5 л/га) в фазы смыкания рядков и бутонизации. Подготовку и внесение суспензии бактерий проводили, как и в 2012 г.

4. Обработка клубней фунгицидом Максим (0,4 л/т) и растений баковой смесью Танос (0,3 л/га) с культуральной жидкостью ризобактерий *K. planticola* (2,5 л/га) в фазы смыкания рядков и бутонизации.

Определение показателей развития возбудителя альтернариоза в полевых условиях. Для выявления влияния баковой смеси, фунгицидов Максим и Танос, а также *K. Planticola*, на развитие и рост гриба (спороношение) *A. alternata* в 2013 г. определяли распространение и развитие (индекс развития) альтернариоза в полевых условиях. Дополнительно провели лабораторные опыты, заложив листья с поражённых растений во влажные камеры для определения общего количества конидий [13]. Полученные данные были использованы для определения индекса образования конидий ИК и индекса агрессивности ИА.

Учёт распространения и индекс развития альтернариоза рассчитывали по формулам:

$$P = n \times 100/N;$$

$$IP = \sum (a_i; v_i) \times 100/5N \text{ соответственно [18],}$$

где – число больных растений; $\sum(a_i; v_i)$ – сумма произведений числа больных растений (a_i) на соответствующий им балл поражения (v_i); наименьший балл 0 (отсутствие поражения); 1-0,1-10% растения поражено, 2-11-30% поражено, 3-31-60% поражено, 4-61-89% поражено, 5 (наибольший) – 90-100% растения поражено), N – общее число больных и здоровых растений.

Индекс образования конидий ИК [13] рассчитывали по формуле:

$$ИК = 0,05 \cdot ОРК + 0,1 \cdot РК + 0,5 \cdot УК + 0,75 \cdot ЧК + ОЧК,$$

где ОРК – процент встречаемости образцов с очень редкими конидиями (<5 конидии/поле зрения); РК – процент встречаемости образцов с очень редкими конидиями (5,1-15 конидий/поле зрения); УК – процент образцов с умеренной частотой конидий (15,1-20 конидий/поле зрения); ЧК – процент встречаемости образцов с частыми конидиями (20,1-25 конидий/поле зрения); ОЧК – процент встречаемости образцов с очень частыми конидиями (более 25 конидий/поле зрения). Поле зрения составляло 1 мм². ИК определяли по данным, соответствующим 7-суточной инкубации образцов во влажных камерах. Затем, после подсчета данных индексов, определяли индекс агрессивности ИА [11] популяции *A. alternata* по формуле ИА = P·IP·ИК/10000.

ИК и ИА ранжировали согласно данным таблицы 1 [13].

Таблица 1

Ранги полевых популяций *A. alternata* по образованию конидий и агрессивности [13]

Значение индексов ИК и ИА	Ранг популяций <i>A. alternata</i> по показателю	
	Индекс образования конидий (ИК)	Индекс агрессивности (ИА)
0-20,0	Н1 (почти не спорулирует)	М1 (неагрессивный)
20,1-40,0	Н2 (слабая споруляция)	М2 (малоагрессивный)
40,1-60,0	Б1 (умеренная споруляция)	А1 (умеренноагрессивный)
60,1-80,0	Б2 (сильная споруляция)	А2 (агрессивный)
80,1-100	Б3 (очень сильная споруляция)	А3 (очень агрессивный)

Биологическую эффективность (БЭ) определяли по формуле:

$$БЭ = ((К-В)/К) \cdot 100,$$

где К и В – развитие болезни (по показателям ИР и ИА) в контроле и варианте соответственно [18].

Для определения продуктивности проводили уборку учетных площадей вручную под лопату. Хозяйственную эффективность (ХЭ) определяли по формуле:

$$ХЭ = ((УВ-УК)/УК) \cdot 100,$$

где УК и УВ – урожайность картофеля, т/га, в контроле и варианте соответственно [18].

Статистический анализ полученных данных проводили в программе STRAZ и программе EXCEL.

Полученные данные показали, что в 2012 г. обработка клубней и вегетативной массы растений ризобактериями *K. planticola* оказывала, как следует из таблицы 2, некоторое ингибирующее влияние на развитие *A.alternata* (с незначительной примесью *A. solani*) на растениях картофеля. В варианте с обработкой *K. planticola* распространенность была ниже, чем в контроле без обработки, и составила 76,4%, что почти на 14,3% ниже, чем в контроле, и сопоставимо с фунгицидными действиями химического протравителя Максим.

Таблица 2

Влияние фунгицида Максим и бактерии *K. Planticola* на развитие *A. alternata* и урожайность картофеля (2012 г.)

Вариант обработки	Р (распространённость)	ИР (индекс развития)	ИК (индекс образования конидий)	Ранг ИК	ИА(индекс агрессивности)	Ранг ИА	Продуктивность	
							кг/куст	кг/м ²
Контроль	90,7	29,3	0	Н1	0	М1	0,65	3,3
Максим	71,1	18,4	11,3	Н1	0,6	М1	0,64	3,2
<i>Klebsiella planticola</i>	76,4	23,3	0	Н1	0	М1	0,64	3,2
НСР ₀₅	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт		Fф<Fт		Fф<Fт	Fф<Fт

При обработке культуральной жидкостью бактерий *K. planticola* распространенность и развитие *A.alternata* уменьшались по сравнению с контрольными значениями, но незначительно.

Образование конидий было незначительным, что можно объяснить погодными условиями 2012 г., контрастирующими после засушливых вегетационных периодов 2010 и 2011 гг. [1, 11]. Интересно, что образование конидий несколько увеличилось после обработки протравителем. Из-за низкой споруляции агрессивность патогена была во всех вариантах также низкой.

При определении продуктивности установили, что во всех вариантах преобладали клубни товарных фракций, в основном – семенных (от 4,5 до 5 см в диаметре, от 30 до 80 г по сырой массе), значительно реже крупных (более 6 см в диаметре

и 80 г по сырой массе). Вклад нетоварных (менее 5 см и 30 г по сырой массе) клубней в урожайность был незначительным и не превышал более 5%, т.е. был на уровне статистической погрешности. Продуктивность картофеля была низкой и составляла около 0,65 кг/куст во всех вариантах.

Продуктивность обработанного препаратами картофеля была незначительно ниже по сравнению с вариантом без обработки (контроль). Возможно, это связано с довольно высоким инфекционным фоном (табл. 2).

В 2013 г. для оценки эффективности действия используемых препаратов против заболевания в период бутонизации и перед уборкой были проведены также учеты распространения и развития *A. Alternata* при параллельном определении индексов образования конидий и агрессивности полевых популяций патогена.

В период бутонизации, несмотря на обработку клубней и 2-кратное опрыскивание растений препаратами, процент пораженных кустов картофеля во всех вариантах опыта был высоким и составил 70-85% (табл. 3). Практически ни фунгициды, ни препарат на основе ризобактерии *K. planticola*, ни их баковая смесь не оказали существенного влияния на развитие и распространение альтернариоза (табл. 3) (ИР = 24-29). Отмеченные различия в условиях полевого опыта являются недостоверными. Однако по мере внесения ризобактерий наблюдали некоторое увеличение конидий возбудителя альтернариоза. Это может быть следствием некоторого подавления иммунитета картофеля ризобактериями или стимулирующего действия ростовых веществ, образуемых ризобактериями *K. planticola*.

Агрессивность полевых популяций патогена была низкой во всех вариантах. Как и в предшествующем году, это можно объяснять погодными условиями. Однако следует отметить, что во всех вариантах с обработкой индекс агрессивности был ниже в контроле, чем во всех вариантах с обработками, особенно с *K. planticola*. Определенно к фазе бутонизации ризобактерии (и в меньшей степени – фунгициды) оказывали на иммунитет растений некоторый депрессивный эффект.

Таблица 3

Влияние обработки клубней и растений на распространение и развитие *A. alternata* в период бутонизации (2013 г.)

Вариант		Р (распространенность)	ИР (индекс развития)	ИК (индекс образования конидий)	Ранг ИК	ИА (индекс агрессивности)	Ранг ИА
Обработка							
клубней	растений						
без обработки	без обработки	79,0	27,0	5,0	Н1	1,1	М1
Максим	Танос	85,0	29,0	5,0	Н1	1,3	М1
<i>Klebsiella planticola</i>	<i>Klebsiella planticola</i>	70,0	26,0	16,7	Н1	3,9	М1
Максим	Танос + <i>Klebsiella planticola</i>	83,0	24,0	8,8	Н1	2,1	М1
НСР ₀₅		Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт		Fф<Fт	

Последующий учет распространения и развития альтернариоза, проведенный перед уборкой картофеля, выявил незначительное преимущество использования культуральной жидкости в сравнении с фунгицидом Танос и его смесью с культуральной жидкостью, содержащей ризобактерии *K. planticola* (табл. 4).

Таблица 4

Влияние обработки клубней и растений на распространение и развитие *A. alternata* перед уборкой (2013 г.)

Вариант		Р (распространенность)	ИР (индекс развития)	ИК (индекс образования конидий)	Ранг ИК	ИА (индекс агрессивности)	Ранг ИА	Продуктивность	
Обработка								кг/куст	кг/м ²
клубней	растений								
без обработки	без обработки	94,0	42,0	3,8	Н1	1,7	М1	0,60	3,0
Максим	Танос	90,0	43,0	5,0	Н1	1,9	М1	0,58	2,9
<i>Klebsiella planticola</i>	<i>Klebsiella planticola</i>	70,0	29,0	2,5	Н1	0,6	М1	0,66	3,3
Максим	Танос + <i>Klebsiella planticola</i>	85,0	29,0	2,5	Н1	0,7	М1	0,58	2,9
НСР ₀₅		19,2	Fф<Fт	Fф<Fт		Fф<Fт		Fф<Fт	Fф<Fт

Это нашло отражение в индексах образования конидий (ИК) и агрессивности (ИА). Так, ИА был в 3 раза ниже при применении ризобактерий *K. planticola*, чем в контроле и при обработке растений фунгицидом. Практически такой же результат получен при использовании баковой смеси, содержащей половинные нормы расхода Таноса и жидкости, содержащей ризобактерии *K. planticola*. Заметно, что в этом варианте определяющее влияние на показатели оказала именно культуральная жидкость.

В 2013 г. распределение фракций урожая картофеля в целом соответствовало данным 2012 г. В 2013 г. обработка клубней перед посадкой, а потом вегетирующих растений, как следует из дисперсионного анализа, не повлияла на количество урожая (табл. 4). Продуктивность картофеля была низкой и находилась в пределах 0,58-0,66 кг/куст, но по всем показателям развития возбудителя альтернариоза наблюдалась тенденция улучшения фитосанитарного состояния опытного участка.

Обсуждение результатов. В 2012 и 2013 гг. развитие альтернариоза было довольно значительным. Болезнью поражалось большинство растений картофеля, индекс развития (по сути уровень некротизации тканей) достигал 43%. Однако интенсивность образования конидий и проявление агрессивности полевых популяций

A. alternata были низкими, что определялось погодными условиями данных вегетационных сезонов.

Обращают на себя внимание два следующих факта.

Во-первых, развитие альтернариоза было весьма значительным, что вело к разрушению фотосинтетической поверхности листьев картофеля.

Во-вторых, после обработки фунгицидом Максим картофеля на его тканях наблюдали довольно значительное первичное образование мицелия и конидий *A. alternata*. При этом продуктивность картофеля достигала лишь до 0,58-0,66 кг/куст. Если принять нижний предел диапазона нормы посадки за 38000-50000 клубней на 1 га [21], то получится, что для данной продуктивности в условиях производства картофеля урожайность составит около 22-25 т/га. Это довольно низкий уровень продуктивности и урожайности, который нередко получают как в ЛПХ, так и в некоторых хозяйствах Московского региона. При этом потенциально есть возможность получать урожаи 40 т/га и выше [3, 15, 21]. Анализ этих фактов дает основания полагать, что на картофеле в Московском регионе между фоновым развитием *A. alternata* и низкой продуктивностью и урожайностью существует причинно-следственная взаимосвязь. Другими словами, альтернариоз в комплексе с некоторыми другими болезнями [20], проявляющимися в филлоплане, – это один из основных факторов, определяющих нередкие случаи низкой урожайности картофеля в Московской области. Важно, что эта проблема может проявляться и на фоне применения агротехники высокого уровня, а также многих современных фунгицидов, рекомендуемых против альтернариоза.

На высоком инфекционном фоне альтернариоза (хотя и при низких интенсивности образования конидий и агрессивности возбудителя) проводили сравнительную проверку эффективности (биологической и хозяйственной) некоторых рекомендуемых фунгицидов и культуральной жидкости *K. planticola*. Оказалось, что применение типовых рекомендованных против альтернариоза фунгицидов не дало эффект или он был недостаточным. Биологическая эффективность или отсутствовала до провоцирования развития возбудителя, или достигала только 37%, что недостаточно. Какой-либо хозяйственной эффективности достигнуть вообще не удалось, по мере применения рекомендуемых фунгицидов урожайность по сравнению с контролем падала. Возможно, другие препараты на фоне оптимизации агротехники окажут лучший эффект. Однако полученные данные свидетельствуют об очень значительном фитосанитарном риске этого заболевания, трудностях использования многих рекомендуемых химических средств защиты и о том, что с данной ситуацией может столкнуться хозяйство любого уровня (табл. 5).

Применение культуральной жидкости *K. planticola* продемонстрировало некоторую биологическую эффективность, достигающую 20,5...31%. На агрессивность возбудителя культуральная жидкость влияла в конечном счете по-разному: от значительного провоцирования до подавления к концу вегетации на 65%.

Эти эффекты привели к некоторой реализации хозяйственной эффективности только в 2013 г. до 9,5%, средняя прибавка составила 0,06 кг/куст. При аналогичных подсчетах, как показано выше, получаем, что это соответствует прибавке урожайности 2,3 т/га. Однако, во-первых, это соотносится с нижним пределом диапазона прибавок урожая после применения культуральной жидкости *K. planticola* (см. выше). Во-вторых, для реальной ситуации в Московском регионе, сло-

жившейся после 2010 г. и связанной со значительным и возросшим прессом альтернариоза, этот результат определенно можно трактовать как положительный на данном этапе испытаний.

Таблица 5

Определение биологической и хозяйственной эффективности фунгицидов и культуральной жидкости *K. planticola* против альтернариоза в 2012 и 2013 гг.

Год	Вариант	Биологическая эффективность на основе		Хозяйственная эффективность, %	Прибавка продуктивности, кг/куст
		индекс развития (ИР), %	индекс агрессивности (ИА), %		
2012	Максим	37,2	не определена	-2,0	-0,01
2012	<i>Klebsiella planticola</i>	20,5	не определена	-2,0	-0,01
2013	Максим/Танос (бутонизация)	-7,4	-18,2	-3,6	-0,02
2013	Максим/Танос (перед уборкой)	-2,4	-11,8		
2013	<i>Klebsiella planticola</i> (бутонизация)	3,7	-254,5	9,5	0,06
2013	<i>Klebsiella planticola</i> (перед уборкой)	31,0	64,7		
2013	Максим/Танос + <i>Klebsiella planticola</i> (бутонизация)	11,1	-90,9	-2,7	-0,01
2013	Максим/Танос + <i>Klebsiella planticola</i> (перед уборкой)	31,0	58,8		

Примечание. Абсолютные значения показателей развития альтернариоза и продуктивности картофеля в контрольных, эталонных и опытных вариантах даны в таблицах 2, 4.

Наряду с разнонаправленными эффектами добиться хотя бы небольшой прибавки урожая удалось только в одном году из двух. Возможно, это связано с тем, что ризобактерия не всегда могла по разным причинам инкорпорироваться в эдафоценоз и эффективно проводить азотфиксацию. Также это может быть связано с тем, что не удавалось в достаточной степени защитить картофель от альтернариоза. В предшествующих исследованиях, которые проводили не позднее 2011 г. [1, 4, 5, 6, 13], комбинируя фунгициды и регуляторы роста и сдерживая развитие альтернариоза, смогли добиться прибавки урожая от 3 до 12 т/га, что определенно более рентабельно. В данном исследовании такого эффекта добиться не удалось.

Полученные нами результаты подтверждают основные заключения, предшествующие нашему исследованию и сделанные на кафедре растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, о необходимости комплексного применения биопрепаратов [14]. Для последующего повышения эффективности применения ризобактерий против болезней картофеля, избегания депрессивных эффектов на растения и увеличения урожайности в современных агроклиматических и фитосанитарных условиях целесообразно использовать ризобактерии в смесях с другими эффективными иммунизаторами и регуляторами роста.

Заключение

На основании двухлетних данных (2012-2013 гг.) по исследуемым делянкам картофеля в Московском регионе выявлены следующие факты и закономерности.

1. Развитие альтернариоза – весьма существенный фактор, определяющий низкие урожайности картофеля.

2. Фунгициды Максим и Танос продемонстрировали низкую эффективность подавления альтернариоза при протравливании посадочных клубней, а также в фазы смыкания рядков и бутонизации.

3. Зарегистрировано низкое фунгицидное действие культуральной жидкости ризобактерии *K. planticola* для защиты картофеля против альтернариоза при применении без каких-либо добавок, а также при совместном применении с фунгицидами. Но нередко эффективность применения культуральной жидкости *K. planticola* превышала эффективность применения фунгицидов, что позволяет рассматривать данную ризобактерию как эффективный компонент в будущих схемах защиты картофеля от болезней.

Библиографический список

1. Антоненко В.В., Смирнов А.Н. Влияние регуляторов роста (Новосил, Лариксин, Терпенол) на бесполое спороношение *Phytophthora infestans* // Микология и фитопатология. 2011. Т. 45. Вып. 6. С. 84-91.

2. Басов А.А., Постников А.Н. Повышение эффективности технологии возделывания картофеля // Агротехнический вестник. 2009. № 2. С. 39-40.

3. Васько В.Т., Оболоник Н.В. Технология возделывания картофеля в Нечерноземной зоне России. СПб., 2004. 218 с.

4. Деревягина М.А., Данин А.В., Васильева С.В., Гаитова Н.В., Седова В.И., Анисимов Б.В. Оптимизация схем защиты картофеля от болезней // В сб. «Картофелеводство России: актуальные проблемы науки и практики»: Материалы Международного конгресса «Картофель Россия 2007». М.: ФГНУ Росинформагротех, 2007. С. 30-40.

5. Дорожкина Л.А., Пенкин Р.В., Смирнов А.Н. Силиплант против альтернариоза картофеля // Гавриш. 2012. № 3. С. 18-21.

6. Дорожкина Л.А., Пузырьков П.Е., Байрамбеков Ш.Б., Дубровин Н.К., Зейрук В.Н., Сальников Н.А. Применяйте регуляторы роста и силиплант // Картофель и овощи. 2011. № 4. С. 14-23.

7. Емцев В.Т., Селицкая О.В., Петров-Спиридонов А.А. Ассоциативный симбиоз и его роль в продуктивности сельскохозяйственных растений // Тимирязев и биологическая наука: Сб. науч. тр. (к 150-летию со дня рождения К.А. Тимирязева). М., 1994. С. 106-119.

8. Золфагари А., Антоненко В.В., Зайцев Д.В., Игнатенкова А.А., Мамонов А.Г., Пенкин Р.В., Поштаренко А.Ю., Смирнов А.Н. Фитофтороз и альтернариоз картофеля и томата при аномальных погодных условиях в Московской области // Защита и карантин растений. 2011. № 12. С. 40-42.

9. Козловский Б.Е., Филиппов А.В. Альтерналиоз на картофеле становится более вредоносным // Защита и карантин растений. 2007. № 5. С. 12-13.
10. Колесар В.А. Особенности развития патогенных микромицетов листьев картофеля и влияние на них иммунизаторов растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2008. 24 с.
11. Кузнецова М.А. Обоснование применения некоторых биологически активных препаратов и средств защиты картофеля от фитофтороза: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Малые Вяземы, 2000. 24 с.
12. Можарова И.П. Влияние регуляторов роста на продуктивность картофеля и устойчивость к болезням: Автореф. дис. ... канд. с. – х. наук. М., 2007. 24 с.
13. Пенкин Р.В. Использование элементов прогноза, Силипланта и Циркона для снижения фунгицидной нагрузки при защите картофеля от альтернариоза: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 24 с.
14. Постников А.Н., Морозов Д., Шитикова А. Микробиологические препараты – дополнение к удобрениям // Картофель и овощи. 2002. № 3. С. 28.
15. Постников А.Н., Постников Д.А. Картофель. М., 2006. 160 с.
16. Постников А.Н., Шитикова А.В. Урожайность и качество картофеля при применении биопрепаратов // Плодородие. 2006. № 4. С. 25.
17. Постников А.Н., Шитикова А.В. Влияние биологически активных веществ и предварительной сортировки на урожайные свойства клубней картофеля // Известия ТСХА. 2007. № 2. С. 35.
18. Практикум по сельскохозяйственной фитопатологии / Под ред. К.В. Попковой. М.: «Колос», 1976. 336 с.
19. Селицкая О.В., Самохин Л.В., Блинков Е.А. Применение «ассоциативных» бактериальных удобрений в сельскохозяйственной практике в связи с меняющимися погодно-климатическими условиями // Доклады ТСХА: Сборник статей. 2011. Вып. 283. Ч. 1. С. 411-413.
20. Смирнов А.Н., Бибик Т.С., Приходько Е.С., Белошапкина О.О., Кузнецов С.А. Листостебельный комплекс фитопатогенных и сопутствующих грибов на картофеле в различных регионах России // Известия ТСХА. 2015. Вып. 3. С. 36-45.
21. Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д., Захаренко А., Иванюк В., Каленская С., Кюрцингер Б., Кюрцингер В., Постников А., Шкаликов, В., Шуман П., Щербаков В., Ястер К., Элмер Ф. Картофель. Торжок: ООО Вариант, 2004. 464 с.

INFLUENCE OF FUNGICIDES AND CULTURE LIQUID
OF RHIZOBACTERIUM KLEBSIELLA PLANTICOLA
ON THE DEVELOPMENT OF PHYTOPATHOGENE ALTERNARIA
ALTERNATA ON POTATOES

E.S. PRIKHODKO¹, O.V. SELITSKAYA¹, A.N. SMIRNOV^{1,2}

¹ Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy;
²Department of intensive cropping, Vladimir Agricultural Institute

In 2012 and 2013 the early blight of potato (agents Alternaria alternata (Fr.) Keissl. and A. solani Sorauer) was investigated with application of fungicides Maxim and Tanos, as well as culture liquid of rhizobacterium Klebsiella planticola Bagley et al. 1982 at the field station of Russian Agrarian University. Essential development of early blight was observed during last

years. At our investigations, the development of early blight was also serious, though conidial formation of pathogen was rather low. Early blight development was proved to be essential factor associated with low potato harvest under the conditions of the Moscow Region. It represents an essential phytosanitary risk for different farms which produce potato under the conditions of the Moscow Region. At this severity of early blight, fungicides Maxim and Tanos and their combinations were not able to decrease early blight development. Fungicide activity of culture liquid of *K. planticola* was also low, though sometimes it was higher than the activity of fungicides themselves. Harvest increase reached 9.5% and 2.2 ton per hectare due to *K. planticola* application.

Key words: potato early blight, *Alternaria alternata*, *Klebsiella planticola*, Maxim, Tanos.

References

1. Antonenko V.V., Smirnov A.N. Vliyanie regulyatorov rosta (Novosil, Lariskin, Terpenol) na bespoloe sponoshenie *Phytophthora infestans* // Mikologia i fitopatologia. 2011. T. 45. Vyp. 6. P. 84-91.
2. Basov A.A., Postnikov A.N. Povyshenie effektivnosti tehnologii vozdeleyvaniya kartofelya // Agrohimicheskii vestnik. 2009. № 2. P. 39-40.
3. Vas'ko V.T., Obolonik N.V. Tehnologiya vozdeleyvaniya kartofelya v Nechernozemnoy zone Rossii. Spb. 2004. 208 p.
4. Derevyagina M.A., Danin A.V., Vasilyeva S.V., Gaitova N.V., Sedova V.I., Anisimov B.V. Optimizatsiya shem zashchity kartofelya ot bolezney/ V sbornike «Kartofelevodstvo Rossii: ktualnye problem nauki i praktiki». Materialy mezhdunarodnogo kongressa «Kartofel Rossiya 2007». M. FGNU Rosinformagroteh, 2007. P. 30-40.
5. Drozhkina L.A., Penkin P.V., Smirnov A.N. Siliplant protiv alternarioza kartofelya // Gavrish. 2012. № 3. P. 18-21.
6. Drozhkina L.A., Puzyrkov P.E., Bairambekov Sh.B., Dubrovin N.K., Zeiruk V.N., Salnikov N.A. Primenyaite regulyatoriy rosta i siliplant // Kartofel i ovoshchi. 2011. 34. P. 14-23.
7. Emtsev V.T., Selitskaya O.V., Petrov-Spiridonov A.A. Assotsiativny simbioz i ego rol v produktivnosti selskohozyaystvennykh rasteniy/ Timiryazev i biologicheskaya nauka: sb.nauch.trud (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya K.A. Timiryazeva). M., 1994. P. 106-119.
8. Zolfagary A., Antonenko V.V., Zaitsev D.V., Ignatenkova A.A., Mamonov A.G., Penkin R.V., Poshtarenko A.Yu., Smirnov A.N. Fitofloroz i alternarioz kartofelya i tomaty pri anomalnykh pogodnykh usloviyakh v Moskovskoy oblasti// Zashchita i karantin rasteniy. 2011. № 12. P. 40-42.
9. Kozlovskiy B.E., Fillipov A.V. Alternarioz na kartofle stanovitsya bolee vredonosnym // Zashchita i karantin rasteniy. 2007. № 5. P. 12-13.
10. Kolesar V.A. Osobennosti razvitiya patogennykh mikromitsetov listyev kartofelya i vliyanie na nih immunizatorov rasteniy: Avtoref. dis. ...kand. biolog. nauk. Samara, 2008. 24 p.
11. Kuznetsova M.A. Obosnovanie primeneniya nekotorykh biologicheskii aktivnykh preparatov i sredstv zashchity kartofelya ot fitofloroza: Avtoref. dis. ...kand. biolog. nauk. M.: Malye Vyazemy, 2000. 24 p.
12. Mozharova I.P. Vliyanie regulyatorov rosta na produktivnost kartofelya i ustoichivost k boleznyam: Avtoref. dis. ...kand. biolog. nauk. M., 2007. 24 p.
13. Penkin R.V. Ispolzovanie elementov prognoza, Siliplanta i Tsyrkona dlya snizheniya fungitsydnoy nagruzki pri zashchite kartofelya ot alternarioza // Avtoreferat dis. ...kand. biolog. nauk. M.: RGAU-MSHA, 2012. 24 p.
14. Postnikov A.N., Morozov D., Shitikova A. Mikrobiologicheskii preparaty – dopolnenie k udobreniyam // Kartofel i ovoshchi. 2002. № 3. P. 28
15. Postnikov A.N., Postnikov D.A. Kartofel. M., 2006. 160 p.
16. Postnikov A.N., Shitikova A.V. Urozhainost i kachestvo kartofelya pri primenenii biopreparatov // Plodorodie. 2006. № 4. P. 25.
17. Postnikov A.N., Shitikova A.V. Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv i predvaritel'noy ortirovki na urozhainoye svoystva klubney kartofelya // Izvestia TSHA. 2007. № 2. P. 35.

18. Praktikum po selskohozaistvennoy fitopatologii / Pod red. K.V. Popkovoy. M.: «Kolos», 1976. 336 p.

19. *Setitskaya O.V., Samohin L.V., Blinkov E.A.* Primenenie «Assotsiativnyh» bakterialnyh udobreniy v selskohozaistvennoy praktike v svyazi s menyaushchimisya pogodno-klimaticheskimi usloviyami // Doklady TSHA: Sbornik statey. 2011. Vyp. 283. C. 1. P. 411-413.

20. *Smirnov A.N., Bibik T.S., Prihodko E.S., Beloshapkina O.O., Kuznetsov S.A.* Listos-tebelniy kompleks fitopatogennyh i sopushtvuushchih gribov na kartofele v razlichnyh regionah Rossii // Izvestiya TSHA. 2015. Vyp. 3. P. 36-45.

21. *Shpaar D., Bykin A., Dreger D., Zakharenko A., Ivanyuk V., Kalenskaya S., Kurtsinger B., Kurtsinger V., Postnikov A., Shkalikov V., Shuman P., Shcherbakov V., Yaster K., Elmer F.* Kartofel. – Torgok: OOO Variant. 2004. 464 p.

Приходько Екатерина Степановна – аспирант кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (917) 548-15-04; e-mail: eprihodko@timacad.ru.

Селицкая Ольга Валентиновна – к.б.н., доцент, заведующая кафедрой микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-09-66; e-mail: selitskayaolga@gmail.com.

Смирнов Алексей Николаевич – д.б.н., профессор кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-03-78; e-mail: smirnov@timacad.ru.

Prihodko Ekatherina S. – Ph. D. student of the department of microbiology and immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550; tel.: +7 (917)548-15-04; e-mail: eprihodko@timacad.ru.

Selitskaya Olga V. – Ph.D., Senior Lecturer, head of the department of microbiology and immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550; tel.: (499)976-09-66; e-mail: selitskayaolga@gmail.com.

Smirnov Alexei N. – Doctor of biological sciences, professor of the department of plant protection, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after Timiryazev, Timiryazevskaya street, 49, Moscow, 127550; tel.: (499) 976-03-78; e-mail: smirnov@timacad.ru; Researcher of the department of intensive agriculture, Vladimir Research Institute of Agriculture, 601261, Central street, 3, settlement New, Suzdal District, Vladimir Region.

УДК 591.69-811.2-542

ПАРАЗИТО-ХОЗЯИННЫЕ ОТНОШЕНИЯ ИКСОДОВОГО КЛЕЩА
(*IXODES RICINUS* L.) И ТЕРСКОЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA BOEMICA* S.)
В СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ

А.А. КИДОВ, Е.Г. КОВРИНА, А.Л. ТИМОШИНА, К.А. МАТУШКИНА

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

В статье приводятся результаты изучения паразито-хозяйинных отношений иксодового клеща *Ixodes ricinus* и терской ящерицы, или ящерицы Бёме, *Lacerta boemica*. Исследования проводили в третьей декаде апреля – первой декаде мая 2014 г. на территории Алагирского и Кировского административных районов Республики Северная Осетия – Алания. Всего было обследовано 72 ящерицы, в том числе 29 самок, 29 самцов и 13 неполовозрелых особей. Почти половина взрослых ящериц была поражена клещами, причем самцы – в большей степени, чем самки (58,6% против 44,8%). Молодь терской ящерицы подвергалась эктопаразитарному прессу в значительно меньшей степени (7,7%). Все питающиеся на ящерицах клещи находились на стадии нимфы. Клещ демонстрировал агрегированное распределение в популяции хозяина: 44,7% ящериц служили прокормителями для 100% найденных клещей. Размеры ящериц обуславливают количество размещенных на них паразитов. По количеству клещей на теле хозяина взрослые животные почти в 2 раза превосходили молодых. Для прикрепления клещи выбирали участки у основания передних и задних конечностей, на шее, в ушных отверстиях, в меньшей степени – по бокам туловища и в ротовой полости.

Ключевые слова: терская ящерица, ящерица Бёме, *Lacerta boemica*, собачий клещ, *Ixodes ricinus*, паразито-хозяйинные отношения, Северный Кавказ, Северная Осетия.

Вопреки тому, что ящерица Бёме, *Lacerta boemica* Suchow, 1929, была описана как самостоятельный вид [13], она на протяжении длительного времени рассматривалась на правах подвида в рамках широкоареального полиморфного таксона – прыткой ящерицы, *L. agilis* Linnaeus, 1958 [1-2, 4]. Несмотря на то, что в пользу видовой самостоятельности *L. boemica* приводились весомые аргументы и ранее [6], результаты специальных молекулярно-генетических исследований позволили вернуть статус вида ящерице Бёме только сейчас [19].

Таким образом, для фауны России ревалидизирован еще один эндемичный, или субэндемичный (вполне вероятно, что *L. boemica* будет найдена на сопредельных территориях Грузии и Азербайджана), вид ящериц семейства Lacertidae Fitzinger, 1826.

Нередко для видов и подвигов, названных в честь видных деятелей науки, закрепляются и вторые названия, уточняющие характер географического распространения этих таксонов или указывающие на их типовую территорию. Наиболее хресто-

матийные примеры для герпетофауны Кавказского экорегиона – тритон Ланца, или кавказский тритон, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff, 1914); жаба Эйхвальда, или талышская жаба, *Bufo eichwaldi* Litvinchuk, Rosanov, Borkin et Skorinov, 2008; ящерица Дериюгина, или артвинская ящерица, *Darevskia derjugini* (Nikolsky, 1898); полоз Шмидта, или краснобрюхий полоз, *Dolichophis schmidtii* (Nikolsky, 1909); гадюка Казнакова, или кавказская гадюка, *Pelias kaznakovi* (Nikolsky, 1909), и др. [1-2, 4, 12, 17, 24].

В качестве второго зоонима для ящерицы Бёме длительное время применялось название «дагестанская прыткая ящерица» [4, 6, 14], что, очевидно, некорректно: описан этот таксон из окрестностей города Владикавказ (Республика Северная Осетия – Алания) [13], а на территории Дагестана располагается лишь восточная периферия распространения *L. boemica* [22]. По современному представлению [6, 22], ареал вида лежит преимущественно в бассейне реки Терек и ограничен с запада его притоками в центральной Кабардино-Балкарии, а на востоке – побережьем Каспийского моря. В этой связи, по нашему мнению, вторым названием для этого вида целесообразно использовать зооним «терская ящерица».

Ящерица Бёме – один из наименее исследованных представителей отечественной герпетофауны, так как данные по ее экологии, за редкими исключениями [9, 15, 23, 25], длительное время обобщались с прыткой ящерицей [1-2, 4-5, 14]. Также совершенно неизученным остается паразитарный пресс в популяциях *L. boemica*.

На кафедре зоологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева проводятся многолетние полевые и лабораторные исследования экологии терской ящерицы [9, 15].

В статье мы представили первые результаты изучения взаимоотношений этого вида с одним из наиболее распространенных и многочисленных иксодид Палеарктики – европейским лесным, или собачьим клещом, *Ixodes ricinus* Linnaeus, 1758. Последний имеет ключевое значение в поддержании природных очагов трансмиссивных заболеваний человека и домашних животных, в том числе – вирусного клещевого энцефалита, боррелиоза, лихорадки Западного Нила, бабезиоза крупного рогатого скота, риккетсиозов [3, 10]. Доказано, что в Северной Евразии многие лацертидные ящерицы являются резервуарными хозяевами возбудителей этих заболеваний [11, 21] и служат важными прокормителями иксодид [7-8, 16, 18, 20] (рис. 1), что подчеркивает несомненную значимость подобного рода исследовательских работ.

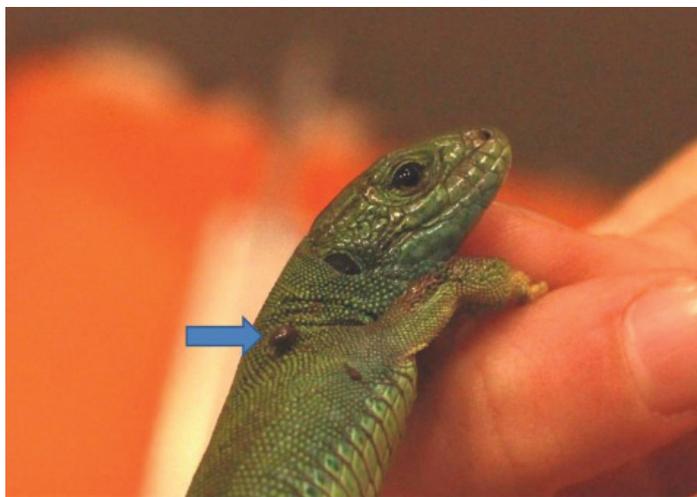


Рис. 1. Нимфа клеща *Ixodes ricinus*, питающаяся на терской ящерице, *Lacerta boemica*

Материал и методы исследования. Исследования проводили в III декаде апреля – I декаде мая 2014 г. на территории Республики Северная Осетия – Алания (рис. 2).

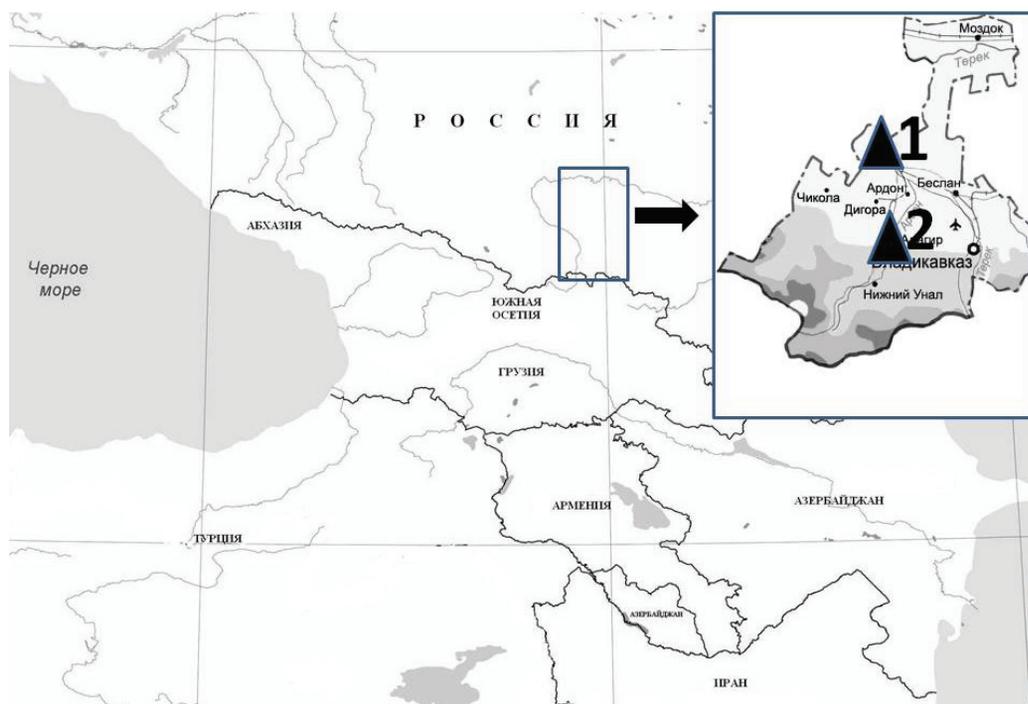


Рис. 2. Район сбора материала:
1 – станция Змейская (43°19'N, 44°11'E, 320 м), Кировский район, РСО–Алания;
2 – село Црау (43°03'N, 44°09'E, 560 м), Алагирский район, РСО – Алания

Ящериц отлавливали на утренних маршрутах. Всего было обследовано 72 особи: 29 самок, 29 самцов и 13 неполовозрелых особей из окрестностей станции Змейская (Кировский район) и 1 самец из окрестностей села Црау (Алагирский район). Отловленных ящериц прижизненно измеряли и взвешивали по стандартным методикам [4], производили сбор и фиксацию клещей. Всех изученных животных выпускали в местах поимки.

При обработке материала ящериц делили на 3 половозрастные группы: взрослые самки, взрослые самцы и неполовозрелые особи. Размерно-весовая характеристика ящериц из окрестностей станции Змейская представлена в таблице 1. Самец терской ящерицы из села Црау имел длину тела 97,7 мм, а массу – 28,5 г.

Для каждой половозрастной группы и вида в целом рассчитывали индексы встречаемости (ИВ, %) и обилия (ИО, экз.) паразита, выявляли локализацию клещей на теле хозяина [3].

Статистическую обработку материала производили с помощью пакета программ *Statistica 8,0*. При оценке достоверности различий показателей использовали U-критерий Манна-Уитни ($U_{мп}$).

Таблица 1

Размерно-весовые показатели исследованных терских ящериц

Половозрастная группа	n	Показатель					
		длина тела, мм			масса, г		
		M±m	σ	min–max	M±m	σ	min–max
Взрослые самцы	29	83,7±1,84	9,72	67,1-97,7	16,1±1,14	6,02	7,1-28,5
Взрослые самки	29	77,6±1,29	6,84	65,0-90,4	11,5±0,66	3,50	6,1-20,2
Молодь	13	46,3±1,23	4,26	40,0-52,7	2,48±0,18	0,64	1,8-3,4

Результаты и их обсуждение. В обследованной выборке ящерицы Бёме нами был отмечен лишь один вид иксодид – *I. ricinus*. Все собранные клещи принадлежали преимагинальной стадии развития (нимфы).

На единственном пойманном в селе Црау самце *L. boemica* паразитировали 4 клеща, которые прикреплялись в области пояса передних конечностей (3 экз.) и в ушном отверстии (1 экз.).

Все приведенные ниже данные относятся к популяции терской ящерицы из станции Змейская. Клещи в этом локалитете были отмечены у менее половины особей в выборке *L. boemica*, что свидетельствует об агрегированном распределении *I. ricinus* в популяции хозяина: 43,7% ящериц служили прокормителями 100% найденных особей паразита.

При анализе показателей встречаемости (ИВ) становится очевидным, что для прикрепления клещей к телу хозяина основными лимитирующими факторами являются размер и особенности наземной активности последнего. Более крупные размеры взрослых особей предоставляли клещам больше возможностей для прикрепления: самки и самцы превосходили молодых животных по индексу встречаемости паразита в 5,8 и 7,6 раз соответственно (табл. 2). В то же время самцы терской ящерицы, пораженные клещами, по длине тела превосходили самцов, на которых клещей не отмечалось ($U_{эмп} = 61$, $p \leq 0,05$).

Таблица 2

Показатели поражения клещом в изученной популяции

Половозрастная группа хозяина	Показатель	
	ИВ, %	ИО, экз.
Взрослые самки	44,8	1,24
Взрослые самцы	58,6	1,31
Молодь	7,7	0,23
В целом для выборки	43,7	1,08

Доля пораженных клещами взрослых самцов превосходила долю самок (58,6% против 44,8%), что, вероятно, обусловлено относительно более длительным пребыванием на поверхности первых из-за необходимости охраны индивидуальных участков и активного поиска готовых к спариванию самок в период проведения исследований (конец апреля – начало мая).

Показатель обилия паразита (ИО), т.е. количество клещей на одной особи хозяина, в изученной выборке демонстрировал схожую тенденцию (табл. 3). Между взрослыми животными разных полов значимых различий не было выявлено, в то время как на неполовозрелых особях паразитировало достоверно меньше клещей по сравнению как с самками ($U_{эмп} = 120,5$, $p \leq 0,05$), так и самцами ($U_{эмп} = 97,5$, $p \leq 0,01$).

Таблица 3

Обилие клеща на исследованных ящерицах

Половозрастная группа хозяина	Обилие клеща, экз.			
	M	m	σ	min–max
Взрослые самцы	1,31	0,299	1,583	0-6
Взрослые самки	1,24	0,356	1,883	0-7
Молодь	0,23	0,240	0,832	0-3
В целом для выборки	1,08	0,197	1,645	0-7

Большинство обнаруженных клещей (40,2%) локализовалось в области пояса передних конечностей (табл. 4). Меньшее количество паразитов прикреплялось в области шеи и в ушных отверстиях (25,7% и 21,2% соответственно). Также нами отмечены единичные случаи паразитирования собачьего клеща по бокам туловища хозяина, в области пояса задних конечностей и на внутренней поверхности нижней челюсти.

Таблица 4

Локализация клещей на теле ящериц

Половозрастная группа хозяина	Локализация паразита, %					
	шея	ушные отверстия	пояс передних конечностей	пояс задних конечностей	латеральная часть туловища	ротовая полость
Взрослые самцы	17,5	40	40,0	0	0	2,5
Взрослые самки	26,3	23,7	47,4	0	2,6	0
Молодь	33,3	0	33,3	33,3	0	0
В целом для выборки	25,7	21,2	40,2	11,1	0,9	0,8

Заключение

Таким образом, паразито-хозяйинные отношения *I. ricinus* и терской ящерицы в предгорьях Северной Осетии, по результатам наших исследований, демонстрируют сходство с таковыми для других лацертидных ящериц лесного пояса Кавказа [7-8, 16]. Так, на *L. boeotica* паразитируют только клещи преимагинальной стадии развития – нимфы. Почти половина взрослых ящериц была поражена клещом этого вида, причем самцы – в большей степени, чем самки: 58,6% против 44,8%. Молодь терской ящерицы подвергалась эктопаразитарному прессу со стороны *I. ricinus* в значительно меньшей степени (7,7%). В целом, как и в популяциях других видов ящериц [7-8, 16], клещ демонстрировал агрегированное распределение: все найденные паразиты размещались лишь на 44,7% ящериц. Размеры ящериц обуславливают количество размещенных на них паразитов: по среднему обилию клеща на теле хозяина взрослые животные почти в 2 раза превосходили неполовозрелых особей. Для прикрепления клещи выбирали участки, наименее доступные для самоочищения хозяином: в области поясов передних и задних конечностей, шеи, в ушных отверстиях, в меньшей степени – по бокам туловища и в ротовой полости.

Авторы признательны проф. С.К. Черчесовой (СОГУ имени К.Л. Хетагурова, Владикавказ) за содействие в организации полевых работ, Г.В. Колонину (МПП, Москва) за помощь в определении сборов клещей, проф. Л.В. Маловичко (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва) за ценные и конструктивные замечания при работе над статьей.

Библиографический список

1. Ананьева Н.Б., Боркин Л.Я., Даревский И.С., Орлов Н.Л. Земноводные и пресмыкающиеся // Энциклопедия природы России. М.: АБФ, 1998. 576 с.
2. Ананьева Н.Б., Орлов Н.Л., Халиков Р.Г., Даревский И.С., Рябов С.А., Барабанов А.В. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус). СПб.: Зоологический институт РАН, 2004. 232 с.
3. Балашов Ю.С. Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. СПб.: Наука, 2009. 357 с.
4. Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.К., Щербак Н.Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 415 с.
5. Даревский И.С., Щербак Н.Н., Петерс Г. Систематика и внутривидовая структура // Прыткая ящерица: Монографическое описание вида. М.: Наука, 1976. С. 53-95.
6. Калябина-Хауф С.А., Ананьева Н.Б. Филогеография и внутривидовая структура широкоареального вида ящериц *Lacerta agilis* L., 1758 (Lacertidae, Sauria, Reptilia) (опыт использования митохондриального гена цитохрома *b*). СПб.: Зоологический институт РАН, 2004. 108 с.
7. Кидов А.А., Тимошина А.Л., Матушкина К.А., Коврина Е.Г. Паразитизм европейского лесного клеща, *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) (Acari, Parasitiformes: Ixodidae) на ящерице Браунера, *Darevskia brauneri* (Mehely, 1909) (Reptilia, Sauria: Lacertidae) // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 4. С. 165-166.
8. Кидов А.А., Коврина Е.Г., Тимошина А.Л., Бакшеева А.А., Матушкина К.А., Аффрин К.А., Блинова С.А. Паразитизм собачьего клеща, *Ixodes ricinus* на синтопических яще-

рицах азалиевых дубрав Северо-Западного Кавказа // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. Т. 4. № 2. С. 44-48.

9. Кидов А.А., Тимошина А.Л., Хайрутдинов И.З., Коврина Е.Г., Матушкина К.А. Возраст, рост и размножение ящерицы Бёме, *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 (Reptilia: Lacertilia: Lacertidae) в предгорьях Северной Осетии // Вестник Бурятского государственного университета. 2014. Т. 4. № 2. С. 49-52.

10. Колонин Г.В. Мировое распространение иксодовых клещей (Род *Ixodes*). М.: Наука, 1981. 114 с.

11. Куранова В.Н., Ярцев В.В., Кононова Ю.В., Протопопова Е.В., Коновалова С.Н., Терновой В.А., Тавкина И.С., Романенко В.Н., Локтев В.Б., Москвитина Н.С. Роль ящериц (Sauria, Lacertidae) в очагах природных инфекций антропогенно трансформированных систем юго-востока Западной Сибири // Вопросы герпетологии: Мат. Четвертого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. СПб.: Русская коллекция, 2011. С. 129-135.

12. Матушкина К.А., Кидов А.А. Репродуктивная биология тальшской жабы (*Bufo eichwaldi*) в Ленкоранской низменности // Современная герпетология. 2013. Т. 13. № 1-2. С. 27-33.

13. Сухов Г.Ф. Опис нового виду ящерицы з околлиць Владикавказу (*Lacerta boemica* sp. nov.) // Труды Фізично-Математичного Відділу. Всеукраїнська академія наук. 1929. Т. XIII. Вип. 1. С. 117-119.

14. Тертышников М.Ф. Пресмыкающиеся Предкавказья (фауна, систематика, экология, значение, охрана, генезис): Дис. ... д-ра биол. наук. Ставрополь, 1992. 383 с.

15. Тимошина А.Л., Кидов А.А., Коврина Е.Г., Матушкина К.А. Репродуктивные показатели двух подвидов прыткой ящерицы, *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758 (Reptilia, Squamata, Sauria: Lacertidae) на Северном Кавказе // Горные экосистемы и их компоненты: Мат. IV Межд. конф. (Сухум, 10-14 сент. 2012 г.). Нальчик: ООО «Полиграфсервис и Т», 2012. С. 121-122.

16. Тимошина А.Л., Матушкина К.А., Кидов А.А., Ковалев А.В., Коврина Е.Г. Настоящие ящерицы (Reptilia: Sauria: Lacertidae) – хозяева европейского лесного клеща, *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) (Acari: Parasitiformes: Ixodidae) на Северо-Западном Кавказе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 6-1. С. 3082-3084.

17. Туниев Б.С., Орлов Н.Л., Ананьева Н.Б., Агасян А.Л. 2009. Змеи Кавказа. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК. 223 с.

18. Bauwens D., Srijbosch H., Stumpel A.H. The lizards *Lacerta agilis* and *L. vivipara* as hosts to larvae and nymphs of the tick *Ixodes ricinus* // Ecography. 1983. V. 6. № 1. P. 32-40.

19. Claudia A., Franke F., Bleidorn C., Bernhard D., Schlegel M. Phylogenetic analysis of the *Lacerta agilis* subspecies complex // Systematics and Biodiversity. 2014. V. 12. № 1. P. 43-54.

20. Kolonin G.V. Reptiles as hosts of ticks // Russian Journal of Herpetology. 2004. V. 11. № 3. P. 177-180.

21. Richter D., Matuschka F.R. Perpetuation of the Lyme disease spirochete *Borrelia lusitanae* by lizards // Appl. Environ. Microbiol. 2006. V. 72. P. 4627-4632.

22. Roitberg E.S., Mazanaeva L.F., Ilyina E.V., Orlova V.F. Die Echsen Dagestans (Nordkaukasus, Russland): Artenliste und aktuelle Verbreitungsdaten (Reptilia: Sauria: Gekkonidae, Agamidae, Anguillidae, Scincidae et Lacertidae) // Faunistische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden. 2000. B. 22. № 8. S. 95-116.

23. Roitberg E.S., Smirina E.M. The relationship between body length and femur bone thickness in *Lacerta agilis boemica* and *L. strigata*. Implications for growth inferences from skeletal data // Russian Journal of Herpetology. 2005. V. 12. P. 298-300.

24. Skorinov D.V., Doronin I.V., Kidov A.A., Tuniyev B.S., Litvinchuk S.N. Distribution and conservation status of the Caucasian newt, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff 1914) // Russian Journal of Herpetology. 2014. V. 21. № 4. P. 251-268.

25. Warnecke R. Auswertung erster Nachzuchtergebnisse von *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 im Vergleich zu anderen Unterarten Zauneidechse // Die Eidechse. 2000. Jg. 11. H. 1. S. 28-38.

PARASITE-HOST RELATIONSHIP
OF A COMMON IXODID TICK (*IXODES RICINUS* LINNAEUS)
AND A TEREK LIZARD (*LACERTA BOEMICA* SUCHOW) IN NORTH OSSETIA

A.A. KIDOV, E.G. KOVRINA, A.L. TIMOSHINA, K.A. MATUSHKINA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The article presents the results of a study of parasite-host relationships of a common ixodid tick (Ixodes ricinus) and a Terek lizard, or Bohme's lizard (Lacerta boemica). The investigations were carried out in the third decade of April – early May 2014 on the territory of the Kirovskiy and Alagirskiy Administrative Districts of the Republic of North Ossetia, Alania. We examined 72 lizards, including 29 adult females, 29 adult males and 13 immature bodies. Nearly half of adult lizards were attacked by ticks, there were more males than females (58.6% vs. 44.8%). Young lizards were under ectoparasitological impact to a much lesser extent (7.7%). All the feeding ticks were nymphs. The ticks showed invasive distribution in the host population: 44.7% of lizards were attacked by 100% of ticks. The size of lizards depended on the number of parasites on them. The number of ticks on adult animals was almost 2 times higher than on the young ones. The ticks attacked the following parts of the host's body: bottom front and back parts of legs, a neck, ear holes, less – both sides of the body and a mouth.

Key words: a Terek lizard, a Bohme's lizard, *Lacerta boemica*, a common tick, *Ixodes ricinus*, parasite-host relationship, the North Caucasus, North Ossetia.

References

1. Ananyeva N.B., Borkin L.Ya., Darevskiy I.S., Orlov N.L. Zemnovodnie i presmykaushchiesya. Entsyclopediya prirody Rossii. M.: ABF, 1998. 576 p.
2. Ananyeva N.B., Orlov N.L., Khalikov R.G., Ryabov S.A., Baranov A.V. Atlas presmykaushchih sya Severnoy Evrazii (taksonomicheskoe raznoobrazie, geograficheskoe rasprostranenie i prirodoohranniy status). Spb.: Zoologicheskiiy institute RAN, 2004. 232 p.
3. Balashov Yu.S. Parazitizm kleshchey i nasekomyh na nazemnyh pozvonochnyh. Spb.: Nauka, 2009. 357 p.
4. Bannikov A.G., Darevskiy I.S., Ishenko V.G., Rustamov A.K., Sherbak N.N. Opredelitel zemnovodnyh i presmykaushchih sya fauny SSSR. M.: Prosveshcheniye, 1977. 415 p.
5. Darevskiy I.S., Shcherbak N.N., Peters G. Sistematika i vnutrividovaya struktura // Prynayaka yashcheritsa. Monograficheskoe opisanie vida. M.: Nauka, 1976. P. 53-95.
6. Kalyabina-Khauf S.A., Ananyeva N.B. Filogeografia i vnutrividovaya struktura shirokoreal'nogo vida yashcherits Lacerta agilis L., 1758 (Lacertidae, Sauria, Reptilia) (opyt ispolzovania mitohondrial'nogo gena tsitohroma b).
7. Kidov A.A., Timoshina A.L., Matushkina K.A., Kovrina E.G. Parazitizm evropeiskogo lesnogo kleshcha, *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) (Acari, Parasitiformes: Ixodidae) na yashcheritse Brauneria, *Darevskia brauneri* (Mehely, 1909) (Reptilia, Sauria: Lacertidae) // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 4. P. 165-166.
8. Kidov A.A., Kovrina E.G., Timoshina A.L., Baksheeva A.A., Matushkina K.A., Afrin K.A., Blinova S.A. Parazitizm sobachyego kleshcha, *Ixodes ricinus* na sintopicheskikh yashcheritsah azaliyevykh dubrav Severo-Zapadnogo Kavkaza // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. T. 4. № 2. P. 44-48.
9. Kidov A.A., Timoshina A.L., Khairutdinov I.Z., Kovrina E.G., Matushkina K.A. Vozrast, rost i razmnozhenie yashcheritsy Beme, *Lacerta agilis boemica* Suchow, 1929 (Reptilia: Lacertilia:

Lacertidae) v predgoryah Severnoy Osetii // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. T. 4. № 2. P. 49-52.

10. Kolonin G.V. Mirovoe rasprostranenie iksodovykh kleshchey (rod Ixodes). M.: Nauka, 1981. 114 p.

11. Kuranova V.N., Yartsev V.V., Kononova Yu.V., Prototopova E.V., Konovalova S.N., Teranova V.A., Tavkina I.S., Romanenko V.N., Lokteev V.B., Moskvitina N.S. Rol' yashcherits (Sauria, Lacertidae) v ochagah prirodnykh infektsiy antropogenno transformirovannykh system yuga-vostoka Zapadnoy Sibiri // Voprosy gerpetologii: Mat.Chetvertogo s'ezda Gerpetologicheskogo obshchestva im. A.M. Nikolskogo. Spb.: Russkaya kollektzia, 2011. P. 129-135.

12. Matushkina K.A., Kidov A.A. Reprodukivnaya biologiya talyshskoy zhaby (*Bufo eichwaldi*) v Lenkoranskoj nizmennosti // Sovremennaya gerpetologiya. 2013. T. 13. № 1-2. P. 27-33.

13. Sukhov G.F. Opis novogo vidu yashcherki z okoliz Vladikavkazu (*Lacerta boemica* sp. nov.) // Trudi Fizichno-Matematichnogo Viddilu. Vseukrainska academia nauk. 1929. T. XIII. Vip.1. P. 117-119.

14. Tertysnikov M.F. Presmykayushchiesya Predkavkazya (fauna, sistematika, ekologiya, znachenie, ohrana, genesis): Diss. Doktora boil.nauk. Stavropol, 1992. 383 p.

15. Timoshina A.L., Kidov A.A., Kovrina E.G., Matushkina K.A. Rproduktivnye pokazateli dvuh podvidov prytkoy yashcheritsy, *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758 (Reptilia, Squamata, Sauria: Lacertidae) na Severnom Kavkaze // Gornye ekosistemy i ih komponenty: Mat. IV Mezhd.Konf. (Sukhum, 10-14 sent. 2012). Nalchik: OOO «Poligrafservis i T», 2012. P. 121-122.

16. Timoshina A.L., Matushkina K.A., Kidov A.A., Kovalev A.V., Kovrina E.G. Nastoyashchie yashcheritsy (Reptilia: Sauria: Lacertidae) – hozyaeva evropeiskogo lesnogo kleshcha, *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) (Acari: Parasitiformes: Ixodidae) na Severo-Zapadnom Kavkaze // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seria estestvennye I tehnicheckie nauki. 2013. T. 18. № 6-1. P. 3082-3084.

17. Tuniev B.S., Orlov N.L., Ananyeva N.B., Agasyan A.L. 2009. Zmei Kavkaza. Spb. – M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 223 p.

18. Bauwens D., Strijbosch H., Stumpel A.H. The lizards *Lacerta agilis* and *L. vivipara* as hosts to larvae and nymphs of the tick *Ixodes ricinus* // Ecography. 1983. V. 6. № 1. P. 32-40.

19. Claudia A., Franke F., Bleidorn C., Bernhard D., Schlegel M. Phylogenetic analysis of the *Lacerta agilis* subspecies complex // Systematics and Biodiversity. 2014. V. 12. № 1. P. 43-54.

20. Kolonin G.V. Reptiles as hosts of ticks // Russian Journal of Herpetology. 2004. V. 11. № 3. P. 177-180.

21. Richter D., Matuschka F.R. Perpetuation of the Lyme disease spirochete *Borrelia lusitanae* by lizards // Appl. Environ. Microbiol. 2006. V. 72. P. 4627-4632.

22. Roitberg E.S., Mazanaeva L.F., Ilyina E.V., Orlova V.F. Die Echsen Dagestans (Nordkaukasus, Russland): Artenliste und aktuelle Verbreitungsdaten (Reptilia: Sauria: Gekkonidae, Agamidae, Anguillidae, Scincidae et Lacertidae) // Faunistische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden. 2000. B. 22. Nr. 8. S. 95-116.

23. Roitberg E.S., Smirina E.M. The relationship between body length and femur bone thickness in *Lacerta agilis boemica* and *L. strigata*. Implications for growth inferences from skeletal data // Russian Journal of Herpetology. 2005. V. 12. P. 298-300.

24. Skorinov D.V., Doronin I.V., Kidov A.A., Tuniyev B.S., Litvinchuk S.N. Distribution and conservation status of the Caucasian newt, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff 1914) // Russian Journal of Herpetology. 2014. V. 21. № 4. P. 251-268.

25. Warnecke R. Auswertung erster Nachzuchtergebnisse von *Lacerta agilis boemica* Su-chow, 1929 im Vergleich zu anderen Unterarten Zauneidechse // Die Eidechse. 2000. Jg. 11. H. 1. S. 28-38.

Кидов Артем Александрович – к.б.н., доц. кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49; тел.: (499) 976-14-58; e-mail: kidov_a@mail.ru.

Коврина Екатерина Геннадьевна – инженер-лаборант кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-14-58; e-mail: kovrina@list.ru.

Тимошина Анна Леонидовна – лаборант кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-14-58; e-mail: timoshina@ro.ru.

Матушкина Ксения Андреевна – зав. Зоологическим музеем имени Н.М. Кулагина кафедры зоологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 976-14-58; e-mail: matushkinaka@gmail.com.

Kidov Artem Aleksandrovich – Candidate of Biological Science, Associate Professor of the Department of Zoology, RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 127591, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: (499) 976-14-58; e-mail: kidov_a@mail.ru.

Kovrina Ekaterina Gennadyevna – Lab Technician of the Department of Zoology, RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 127591, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: (499) 976-14-58; e-mail: kovrina@list.ru.

Timoshina Anna Leonidovna – Laboratory Assistant of the Department of Zoology, RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 127591, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: (499) 976-14-58; e-mail: timoshina@ro.ru.

Matushkina Kseniya Andreyevna – Head of the N.M. Kulagin Zoological Museum, Department of Zoology of RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 127591, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: (499) 976-14-58; e-mail: matushkinaka@gmail.com.

УДК 637.1/3.(045)

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ЛАКТОЗЫ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ПОТОКЕ

С.А. БРЕДИХИН¹, А.С. БРЕДИХИН², В.В. ЧЕРВЕЦОВ³

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;
²ООО «КЛЭКС»; ³ГНУ ВНИМИ

Статья посвящена экспериментальному исследованию закономерностей кристаллизации лактозы молочной сыворотки в потоке. Экспериментально исследованы закономерности изменения температуры массовой кристаллизации лактозы и определено количество лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние. Установлено влияние частоты вращения рабочих органов роторно-пульсационного аппарата непрерывного действия на количество образующихся кристаллов лактозы и их средний размер при кристаллизации лактозы в сгущенной до 60% содержания сухих веществ молочной подсырной сыворотке в трехсекционном скребковом пластинчатом теплообменнике непрерывного действия. Получены экспериментальные данные о влиянии температуры нагревания на средний размер кристаллов лактозы.

Ключевые слова: *молочная сыворотка, кристаллизация лактозы, кристаллы лактозы, теплообменник непрерывного действия, массовая кристаллизация лактозы, лактозное число.*

Кристаллизация лактозы молочной сыворотки – один из основных технологических процессов производства молочного сахара. Увеличение объемов производства молочного сахара и его производных повышает актуальность исследований, направленных на изучение процесса кристаллизации лактозы.

Кристаллизацию лактозы в молочной сыворотке в настоящее время осуществляют в основном в аппаратах периодического действия. Это снижает качество процесса кристаллизации, которое зависит от возможности его автоматизации, управляемости и обеспечения однородной дисперсности кристаллов. Техническая реализация кристаллизации в аппаратах непрерывного действия позволяет добиваться устранения большей части этих недостатков [2, 3, 4].

Поточная кристаллизация лактозы в молочной сыворотке развивается в сложных гидродинамических условиях и широко температурном диапазоне. Реализация кристаллизации лактозы молочной сыворотки в потоке в аппаратах непрерывного действия позволяет сократить энергозатраты, уменьшить производственные площади и металлоемкость используемого оборудования периодического действия, добиться получения однородной дисперсности кристаллов лактозы, размер которых в 3-4 раза меньше, чем при кристаллизации в аппаратах периодического действия [5].

Кристаллизацию лактозы молочной сыворотки исследовали в 3-секционном скребковом пластинчатом теплообменнике непрерывного действия (СПТНП) на основе кинетики температурных изменений сгущенной молочной сыворотки с массовой долей сухих веществ 50-60%. Общий методический подход к выполнению экспериментов состоял в изучении влияния температуры охлаждения на кристаллизацию лактозы сгущенной молочной сыворотки во взаимосвязи с температурой хладоносителя и площадью теплопередачи аппарата; определении температуры массовой кристаллизации лактозы, количества лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние, а также в исследовании влияния частоты вращения рабочих органов роторно-пульсационного аппарата (далее – РПА) на количество образующихся кристаллов лактозы и их средний размер.

РПА представляет собой дисковый обработчик, привод которого имеет частотный преобразователь. Рабочие органы РПА состоят из набора подвижных и неподвижных дисков. Подвижные диски снабжены выступами со специальными проточками, обеспечивающими кавитационный режим течения. Перед дисковым обработчиком в поток сыворотки через струйный смеситель насосом-дозатором впрыскивается взвесь затравки, которая дисковым обработчиком равномерно распределяется по всему объему сыворотки, при этом подвергая ее интенсивному гидродинамическому воздействию.

При выполнении экспериментальных исследований использованы стандартизованные методы ГОСТ 3626-73, ГОСТ 29246-91, ГОСТ 30305.1-95. Линейные размеры кристаллов лактозы, количество кристаллов лактозы в исследуемых образцах сгущенной молочной сыворотки определяли микроскопированием с применением поляризационно-интерференционного микроскопа высокой разрешающей способности BIOLAR с иммерсионным объективом 40 крат и видеоокуляром НВ-35 с разрешением 240x320 совместно с персональным компьютером и программным обеспечением «Микро-Анализ Про». Значения линейных размеров и количества кристаллов сгущенной молочной сыворотки выводились в таблицу Microsoft Excel.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывали методами математической статистики [1, 11, 13, 15]. Доверительная вероятность результатов математической обработки данных физико-химического анализа была не ниже 0,95, а вероятность результатов технологического эксперимента – 0,90. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с применением методов регрессионного анализа с использованием прикладного программного обеспечения Microsoft Excel, «MatCad», «CurveExpert», «MatLab», «Микро-Анализ Про» и др.

Для определения температуры массовой кристаллизации лактозы в сгущенной молочной сыворотке был проведен комплекс исследований по определению доброкачественности молочной сыворотки, массовой доли лактозы в сгущенной молочной сыворотке и лактозного числа.

Массовая кристаллизация лактозы в сгущенной молочной сыворотке представляет собой явление одновременного образования большого числа кристаллов из пересыщенного раствора [6]. Под температурой массовой кристаллизации лактозы в сгущенной молочной сыворотке понимают значение температуры, при которой происходит данное явление.

Определяющим показателем качества лактозосодержащего сырья является содержание лактозы, которое трактуется как доброкачественность (ДБ) или чистота (Ч) и определяется из соотношения

$$\text{ДБ} = (L/C_{\text{св}}) 100, \quad (1)$$

где ДБ – доброкачественность молочной сыворотки, %; L – массовая доля лактозы в сгущенной молочной сыворотке, %; $C_{\text{св}}$ – массовая доля сухих веществ в сгущенной молочной сыворотке, %.

Доброкачественность традиционного лактозосодержащего сырья изменяется от высоких, приходящихся на мелассу рафинированного молочного сахара (85,6%), до низких значений, характерных для соленой сыворотки (44,6%) и образующейся при ее использовании мелассы (50,8%). Все остальные виды сырья имеют доброкачественность на уровне подсырной и казеиновой сыворотки (64,6-78,5%) [10, 12]. Доброкачественность сгущенной молочной сыворотки на основе анализа результатов исследования и рекомендаций [8] составила 70%.

Массовую долю лактозы определяли из формулы (1). По полученному значению массовой доли лактозы в сгущенной молочной сыворотке определяли лактозное число по формуле [14]:

$$L_{\text{ак.ч}} = (L/W)100, \quad (2)$$

где $L_{\text{ак.ч}}$ – лактозное число, %; L – массовая доля лактозы в сгущенной молочной сыворотке, %; W – массовая доля воды в сгущенной молочной сыворотке, %.

По значению лактозного числа и графических зависимостей [9] определяли температуру массовой кристаллизации лактозы в сгущенной молочной сыворотке в исследованных диапазонах массовой доли сухих веществ. Более точно температуру массовой кристаллизации лактозы определяют по критерию метастабильности на основе данных о вязкости продукта и растворимости лактозы в присутствии сахарозы [7]. Зависимость температуры массовой кристаллизации лактозы от массовой доли сухих веществ в сгущенной молочной сыворотке показана на рисунке 1.

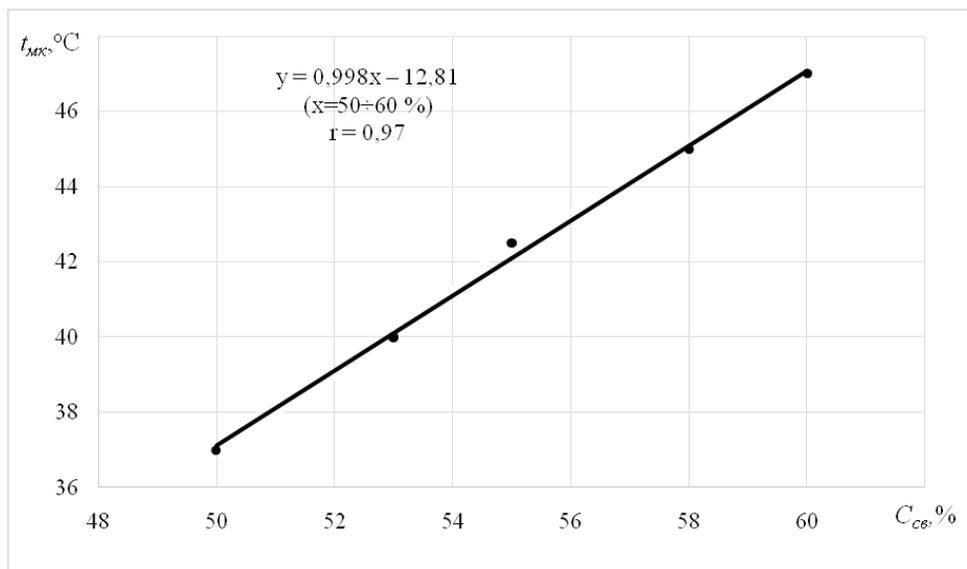


Рис. 1. Зависимость температуры массовой кристаллизации лактозы в молочной сыворотке от массовой доли сухих веществ

Для определения количества лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние, брали пробы из начального и конечного раствора сгущенной молочной сыворотки. Далее по значениям начальной и конечной массовой доли лактозы в сгущенной мо-

лочной сыворотке определяли количество лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние по формуле [14]:

$$L_{кр} = \frac{100 \cdot (L_{нач} - L_{кон})}{100 - L_{кон}}, \quad (3)$$

где $L_{нач}$ – начальная массовая доля лактозы в сгущенной молочной сыворотке, %; $L_{кон}$ – конечная массовая доля лактозы в сгущенной молочной сыворотке, %.

Авторами проведено исследование влияния частоты вращения рабочих органов роторно-пульсационного аппарата (РПА) на количество образующихся кристаллов и их средний размер при кристаллизации лактозы в сгущенной до 60% содержания сухих веществ молочной подсырной сыворотке в трехсекционном СПТНП. Частота вращения рабочих органов РПА в процессе исследований изменялась от $9,6 \text{ с}^{-1}$ до 16 с^{-1} .

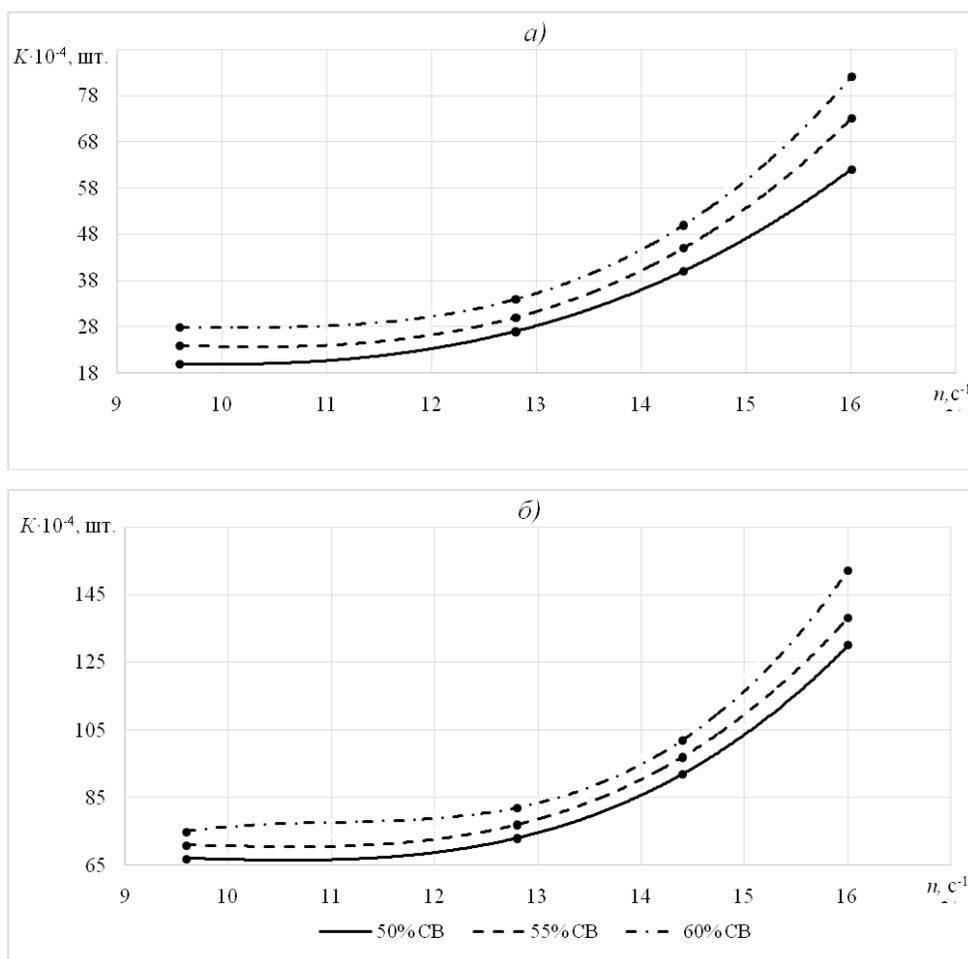


Рис. 2. Зависимость количества кристаллов в сгущенной до 50-60% сухих веществ (СВ) молочной сыворотке от частоты вращения рабочих органов РПА: а) после РПА; б) на выходе из II секции СПТНП

Анализ результатов опытов показывает, что в обоих случаях (рис. 2) при увеличении частоты вращения рабочих органов РПА увеличивается и количество кристаллов. В сгущенной молочной сыворотке, взятой после из пробоотборника, после РПА количество кристаллов в 1,5 раза меньше, чем на выходе из II секции СПТНП. Это обусловлено тем, что во II секции СПТНП сгущенная молочная сыворотка подвергается дальнейшему охлаждению и продолжению кристаллизации.

Исследовано также влияние частоты вращения рабочих органов РПА на средний размер кристаллов. Результаты влияния частоты вращения рабочих органов РПА на средний размер кристаллов (D_{cp}) в сгущенной молочной сыворотке представлены на рисунке 3.

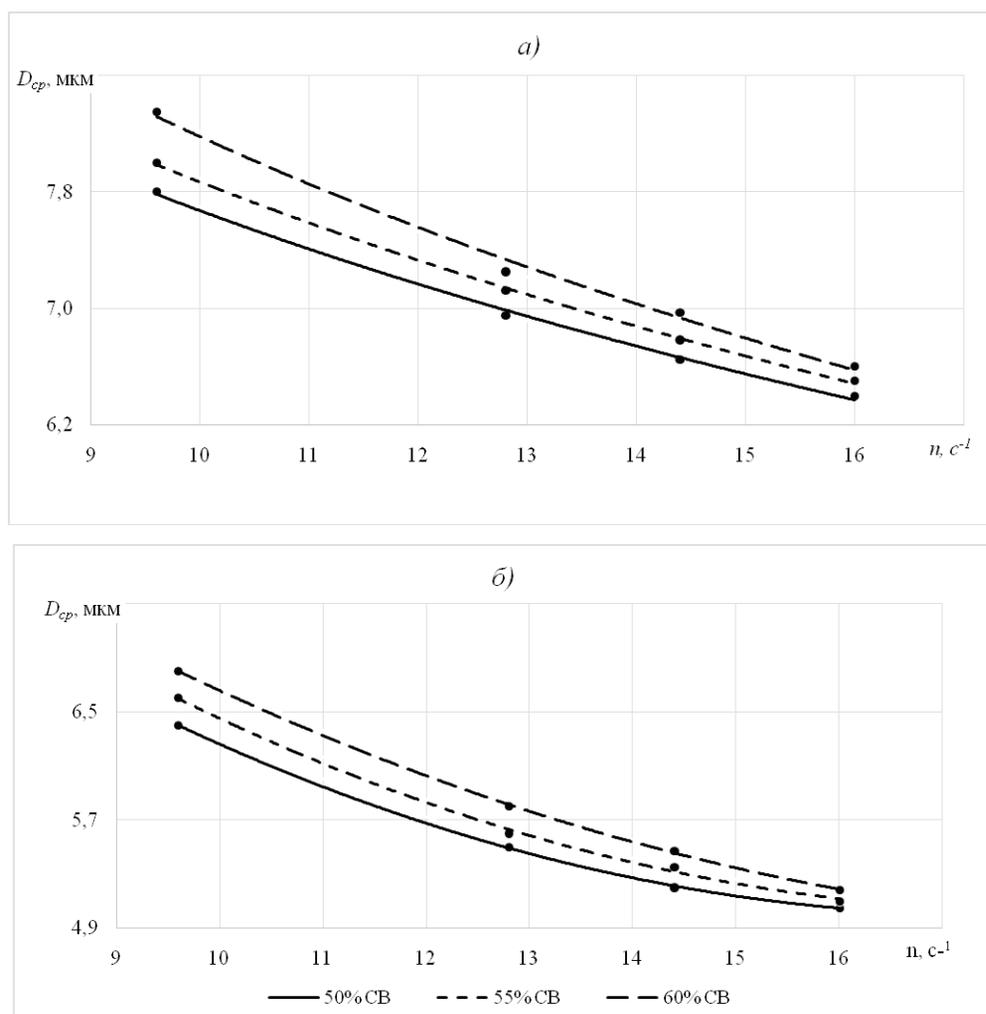


Рис. 3. Зависимость среднего размера кристаллов в сгущенной молочной сыворотке от частоты вращения рабочих органов РПА: а) после РПА; б) на выходе из II секции СПТНП

Анализ опытов показывает, что с увеличением частоты вращения рабочих органов РПА очевидно уменьшение среднего размера кристаллов лактозы при разной массовой доле сухих веществ молочной сыворотки. При прохождении через РПА при частоте вращения от $9,6 \text{ с}^{-1}$ до 16 с^{-1} средний размер кристаллов уменьшается от 8,3 мкм до 6,6 мкм при массовой доле сухих веществ 60%. Дальнейшее уменьшение среднего размера кристаллов во второй секции СПТП происходит за счет быстрого охлаждения сгущенной молочной сыворотки при температуре от 37°C до 12°C . Средний размер кристаллов лактозы за время нахождения во второй секции уменьшается от 6,6 мкм до 5,2 мкм. Температура является одним из важных параметров, влияющих как на образование кристаллов лактозы в сгущенной молочной сыворотке, так и на их растворимость.

Исследовано влияние температуры на количество лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние, и на средний размер кристаллов. Определено, что при увеличении температуры количество лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние, становится значительно меньше. Это обусловлено тем, что при нагревании кристаллы растворяются. Результаты исследований зависимости количества лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние, от температуры с внесением затравки и без нее показали, что разница значений минимальна. Полученные результаты позволяют сделать практический вывод о том, что нет необходимости вносить затравку, и это экономически важно для проведения процесса кристаллизации в промышленных условиях.

Изучение влияния температуры нагревания на средний размер кристаллов показало, что при увеличении температуры нагревания средний размер кристаллов становится значительно меньше. Это можно объяснить тем, что в процессе нагревания кристаллы растворяются и, соответственно, размер кристаллов становится меньше. Показано, что нагрев сыворотки после кристаллизации в ней лактозы (при температуре 12°C) до температуры $35\text{--}38^\circ\text{C}$ приводит к уменьшению размеров кристаллов в среднем с 6,6 мкм до 5,2 мкм. Это позволяет сделать вывод о том, что перед сушкой сыворотку можно предварительно подогреть до $40\text{--}45^\circ\text{C}$ без существенного влияния температуры нагрева на средний размер кристаллов лактозы.

Таким образом, проведено экспериментальное исследование закономерностей кристаллизации лактозы молочной сыворотки в потоке. Определено изменение температуры массовой кристаллизации лактозы и количество лактозы, перешедшей в кристаллическое состояние. Установлено влияние частоты вращения рабочих органов роторно-пульсационного аппарата непрерывного действия на количество образующихся кристаллов лактозы и их средний размер. Получены экспериментальные данные о влиянии температуры нагревания на средний размер кристаллов лактозы. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования современной технологии сухой молочной сыворотки.

Библиографический список

1. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.
2. *Бредихин С.А.* Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Колос, 2010. 408 с.

3. Бредихин С.А., Бредихин А.С., Жуков В.Г., Космодемьянский Ю.В., Якушев А.О. Процессы и аппараты пищевой технологии. СПб.: Издательство Лань, 2014. 544 с.
4. Бредихин С.А. Технологическое оборудование переработки молока. СПб.: Издательство Лань, 2015. 416 с.
5. Бредихин А.С., Бредихин С.А., Червецов В.В. Аналитические исследования охлаждения молочной сыворотки в потоке // Известия ТСХА. № 4. М., 2013. С. 119-127.
6. Волкова Т.А., Кравченко Э.Ф., Терлоев Х.Ю. Кристаллизация лактозы: Обзорная информация / Т.А. Волкова, Э.Ф. Кравченко, Х.Ю. Терлоев. М.: АгроНИИТЭИММП, 1994. 28 с.
7. Гиббс Д.В. Термодинамические работы. М.-Л.: Гостехориздат, 1950. 492 с.
8. Гнездилова А.И., Липатов Н.Н., Кузнецова В.С., Куленко В.Г. Физико-химические и теплофизические свойства основных видов пищевых продуктов: Учебное пособие. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2007. 101 с.
9. Голубева Л.В., Чекулаева Л.В., Полянский К.К. Хранимоспособность молочных консервов. М.: ДеЛипринт, 2001. 115 с.
10. Павлов В.А. Новые методы переработки молочной сыворотки. М.: Росагропромиздат, 1990. 150 с.
11. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 320 с.
12. Синельников Б.М. Лактоза и ее производные. СПб.: Профессия, 2007. 768 с.
13. Фетисов Е.А. Статистические методы контроля качества молочной продукции: Справочное руководство. М.: Агропромиздат, 1985. 80 с.
14. Фиалкова Е.А., Евдокимов И.А., Куленко В.Г., Качалова Е.А., Костюков Е.М. Теория роста кристаллов лактозы в зависимости от их размеров // Сб. материалов Международного научно-технического семинара «Современные направления переработки сыворотки». Ставрополь: НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2006. С. 57-58.
15. <http://www.statsoft.ru>: «Планирование эксперимента».

WHEY LACTOSE CRYSTALLIZATION IN THE STREAM

S.A. BREDIKHIN¹, A.S. BREDIKHIN², V.V. CHERVETSOV³

¹ Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev;

² LLC «KLEKS»;

³All-Russia Research Institute of Dairy Industry

The article is concentrated on experimental study of regularities of whey lactose crystallization in a stream. Changes of temperature of mass lactose crystallization are experimentally investigated and the number of lactose which became crystallized is determined. Influence of frequency of working bodies rotation in the rotor-pulsation device of continuous action is installed on a number of formed lactose crystals and their average size during lactose crystallization in thickened product to 60% of solids in serum in the three-section scraper lamellar heat exchanger of continuous action. Experimental data are received about the influence of heating temperature on the average size of lactose crystals.

Key words: milk whey, lactose crystallization, lactose crystals, continuous heat exchanger, mass lactose crystallization, lactose number.

Resources

1. *Adler Yu.P.* Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy. M.: Nauka, 1976. 280 p.
2. *Bredikhin S.A.* Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatiy molochnoy promyshlennosti. M.: Kolos, 2010. 408 p.
3. *Bredikhin S.A., Bredikhin A.S., Zhukov V.G., Kosmodemyanskiy Yu.V., Yaushev A.O.* Protsessy i apparaty pishchevoy tehnologii. Spb.: Izdatelstvo Lan', 2014. 544 p.
4. *Bredikhin S.A.* Tehnologicheskoe oborudovanie pererabotki moloka. Spb.: Izdatelstvo Lan', 2015. 416 p.
5. *Bredikhin A.S., Bredikhin S.A., Chvetsov V.V.* Analiticheskie issledovaniya ohlazhdeniya molochnoy syvorotki v potoke // *Izvestiya TSHA*. № 4. 2013. Moskva. P. 119-127.
6. *Volkova T.A., Kravchenko E.F., Terloev Kh.Yu.* Kristalizatsiya laktozy / T.A. Volkova, E.F. Kravchenko, Kh. Yu. Terloev. M.: AgroNIITEIMMP, 1994. 28 p.
7. *Gibbs D.V.* Termodinamicheskie raboty. M.-L.: Gostehorizdat, 1950. 492 p.
8. *Gnezdilova A.I., Lipatov N.N., Kuznetsova V.S., Kulenko V.G.* Fiziko-himicheskie i teplofizicheskie svoystva osnovnykh vidov pishchevykh productov: uchebnoe posobie s grifom UMO. Volgda–Molochnoe: IZ VGMHA, 2007. 101 p.
9. *Golubeva L.V., Chekulaeva L.V., Polyanskiy K.K.* Khranimosposobnost molochnykh konservov. M.: DeLiprint, 2001. 115 p.
10. *Pavlov V.A.* Novye metody pererabotki molochnoy syvorotki. M.: Rosagropromizdat, 1990. 150 p.
11. *Samarskiy A.A.* Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery. 2-e izd., isprav. M.: FIZMATLIT, 2005. 320 p.
12. *Sinel'nikov B.M.* Laktoza I ee proizvodnye. Spb.: Professiya, 2007. 768 p.
13. *Fetisov E.A.* Statisticheskie metody kontrolya kachestva molochnoy produktsii: spravochnoe rukovodstvo / M.: Agropromizdat, 1985. 80 p.
14. *Fialkova E.A., Evdokimov I.A., Kulenko V.G., Kachalova E.A., Kostyukov E.M.* Teoriya rosta kristallov laktozy v zavisimosti ot ih razmerov / Sb. materialov mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminaru «Sovremennyye napravleniya pererabotki syvorotki», Stavropol: NOU «Obrazovatel'nyy nauchno-tehnicheskyy centr molochnoy promyshlennosti», 2006. P. 57-58.
15. <http://www.statsoft.ru>: «Planirovanie eksperimenta».

Бредихин Сергей Алексеевич – д.т.н., проф., зав. кафедрой процессов и аппаратов перерабатывающих производств РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; тел.: (499) 977-92-73; e-mail: Bredihin2006@yandex.ru

Бредихин Алексей Сергеевич – нач. отдела ООО «КЛЭКС», 119034, г. Москва, Zubovskiy bul'var, d. 4, str. 1; тел.: 8 (499) 703-48-07; e-mail: Abredikhin@clickexpress.ru

Червецов Виктор Владимирович – д.т.н., зав. лабораторией ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, г. Москва, ул. Люсиновская, д. 35, корп. 7; e-mail: gnu-vnimi@yandex.ru

Bredikhin Sergey Alekseevich – Dr. Sci. Tech., Professor, Head of the Department «Processes and offices of processing industries» Russian state agrarian university named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya St., 49, ph.: (499) 977-92-73; e-mail: Bredihin2006@yandex.ru).

Bredikhin Alexey Sergeyevich – Head of the Department of JSC KLEKS, (119034, Moscow, Zubovsky Boulevard of 4, of p. 1; ph.: (499) 703-48-07; e-mail: Abredikhin@clickexpress.ru).

Chervetsov Victor Vladimirovich – Dr. Sci. Tech. Head of the laboratory of the Public scientific institution All-Russian research institute of the dairy industry, 115093, Moscow, Lyusinovskaya St., of 35, building 7; e-mail: gnu-vnimi@yandex.ru.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА КАЧЕСТВО МОЛОКА И МЕЧНИКОВСКОЙ ПРОСТОКВАШИ

Г.В. РОДИОНОВ, С.Л. БЕЛОПУХОВ, О.Г. ХОРУЖЕВА, С.Д. БАДУАНОВА, Е.В. ПРОНИНА

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Качество молока и молочных продуктов во многом зависит от технологии производства и профилактических мероприятий. Поэтому одним из приоритетных направлений молочного скотоводства является производство молока, соответствующего санитарно-гигиеническим нормам и требованиям перерабатывающих предприятий.

В современных промышленных технологиях значительную роль приобретают нетрадиционные способы обработки молока – такие, как ИК-излучения, ультразвуковая, микроволновая, ультрафиолетовая обработка и др. Они направлены на увеличение сроков хранения продуктов, улучшение вкусовых качеств и уменьшение удельных энергозатрат. Одним из перспективных методов является комплексная обработка молока электромагнитным излучением и электрохимически активированной водой.

Целью проведенных исследований является улучшение качества молочной продукции за счет избирательного подавления развития нежелательных микроорганизмов.

Авторами теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения комплексной обработки молока электромагнитным излучением и электрохимически активированной водой в технологии производства кисломолочных продуктов с целью улучшения их потребительских свойств.

Ключевые слова: генератор электромагнитных импульсов, электрокондиционер воды, электромагнитное излучение, электрохимически активированная вода, режимы обработки молока, микроорганизмы, молочные продукты.

Повышение конкурентоспособности отечественной продукции скотоводства, улучшение ее качественных показателей являются актуальным направлением в деятельности сельхозтоваропроизводителей. Важной задачей является создание отечественного оборудования для эффективной бактерицидной обработки молока при максимальном сохранении в нем биологически ценных веществ и его органолептических качеств [1].

К альтернативным методам обработки молока относятся ИК-излучение, ультразвуковая, микроволновая и ультрафиолетовая обработка и др. [2, 3]. Одним из перспективных и менее изученных направлений является использование для этих целей электромагнитного излучения и электрохимически активированной воды.

На кафедре молочного и мясного скотоводства разработаны способ и устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах с использованием электромагнитного излучения [4-7]. Исследования показали, что электромагнитное излучение не оказывает воздействия на консистенцию, вкус, запах и цвет молока-сырья, а также на его физико-химические показатели. В то же время при воздействии электромагнитного

излучения на молоко отмечено снижение его общей бактериальной обсемененности. Различные параметры электромагнитного излучения (длительность импульса и паузы, напряжение импульсов, продолжительность воздействия) влияли на характер и силу воздействия на различные микроорганизмы молока. Наиболее сильное влияние на микробиологические показатели молока было установлено при воздействии электромагнитного излучения при параметрах электрического тока с длительностью импульса 19,82 мс, длительностью паузы 19,64 мс, при напряжении импульсов 22 В и времени воздействия 20 мин.

Результаты исследований и их обсуждение. Обработка молока электромагнитным излучением с указанными выше параметрами электрического тока оказала влияние на внешний вид и консистенцию приготовленного из него творога. Творог, выработанный из необработанного молока, имел мягкую мажущуюся консистенцию с наличием ощутимых частиц молочного белка, с небольшим количеством отделившейся сыворотки, а опытный образец имел мягкую рассыпчатую консистенцию без ощутимых частиц молочного белка, без отделения сыворотки. Контрольный образец имел также повышенную кислотность – 212,2⁰T, что почти на 18% больше по сравнению с опытным образцом [11].

Образец творога, приготовленный из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, имел на 2×10^6 КОЕ/г большее количество молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Количество дрожжей и плесени в образце после электромагнитного излучения сократилось по сравнению с контрольной пробой на $0,3 \times 10^1$ и $0,2 \times 10^1$ КОЕ/г соответственно. Творога, выработанного из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, было получено на 18% больше по сравнению с контрольным образцом.

Органолептические показатели йогурта, изготовленного из обработанного электромагнитным излучением молока, отличались по внешнему виду и консистенции. Контрольный образец имел однородную, с частично нарушенным сгустком консистенцию с небольшим количеством отделившейся сыворотки, а опытный образец – однородную, с ненарушенным сгустком консистенцию без отделения сыворотки. Существенное различие получено по кислотности. Кислотность опытного образца была на 20% меньше контрольного.

В опытном образце йогурта содержалось на 5×10^6 КОЕ/г больше молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Бактерий группы кишечных палочек не было обнаружено в обоих образцах. Количество дрожжей и плесени в образце после электромагнитного излучения сократилось по сравнению с контрольной пробой на $0,3 \times 10^1$ КОЕ/г соответственно.

Обработка молока электромагнитным излучением повлияла на органолептические показатели приготовленного из него ацидофилина. Опытные образцы имели чистый кисломолочный вкус и запах, без посторонних привкусов и запахов, цвет молочно-белый, равномерный по всей массе, в то время как контрольный образец имел острый дрожжевой привкус. Существенное различие получено по кислотности, контрольный образец имел повышенную кислотность 125⁰T, что почти на 32% больше по сравнению с опытным образцом.

Образцы ацидофилина, изготовленного из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, имели на 7×10^6 КОЕ/г больше молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Количество дрожжей

и плесени в образце после электромагнитного излучения сократилось по сравнению с контрольной пробой на $0,5 \times 10^1$ и $0,3 \times 10^1$ КОЕ/г соответственно.

Микробиологические исследования кисломолочных продуктов показали, что продукты, произведенные из молока, обработанного на генераторе электромагнитных импульсов, имели незначительно большее количество молочнокислых микроорганизмов, содержащихся во вносимых заквасках, по сравнению с контрольными образцами. В то же время большее количество молочной кислоты и, как следствие, повышенная титруемая кислотность в контрольных образцах, очевидно, были обусловлены лучшим развитием молочнокислых бактерий, так как известно, что наряду с бактериями, вносимыми с заквасками, при производстве молочнокислых продуктов развиваются также микроорганизмы пастеризованного молока. Наибольшее значение для качества продукта имеет развитие термоустойчивых молочнокислых палочек. В исходном молоке их количество сравнительно небольшое, и они почти не проявляют себя как кислотообразователи. В дальнейшем количество их может достигать значительной величины (до 1 млн и даже 1 млрд в 1 мл). В результате кислотность нарастает значительно интенсивнее, чем при развитии только молочнокислых стрептококков, качество продукта резко снижается. В частности, отмеченные выше различия подопытных образцов по внешнему виду и консистенции, на наш взгляд, были обусловлены повышенной кислотностью контрольных образцов. Также к нетрадиционным методам обработки молока-сырья относится обработка емкостей для хранения молока электрохимически активированной водой, полученной на электрокондиционере. Аппарат для обработки воды представляет собой проточный электрохимический реактор со штуцерами для подвода и отвода обрабатываемой воды. Воду пропускают через колонку (электрокондиционер), выполненную из кварцевого стекла и заполненную кварцевым песком и модифицированным льняным волокном [8-10].

Сущность электрохимической активации воды состоит в том, что разбавленные растворы минеральных солей при обработке электрическим током получают и отдают электроны, переходя в метастабильное состояние, характеризующееся аномальной физико-химической активностью, которая постепенно убывает во времени (релаксирует). При электрохимической активации воды меняется ее окислительно-восстановительный потенциал, который является мерой свободной энергии реакции окисления-восстановления химических веществ и выражается разнообразием потенциалов, возникающих в настоящей окислительно-восстановительной системе. Кроме того, процесс электрохимической активации воды сопровождается уменьшением в тысячи раз количества бактерий и вирусов.

Для изучения влияния воды, приготовленной различными способами на электрокондиционере, на микробиологический состав молока коров были проведены исследования, в которых емкости для хранения молока были обработаны специально подготовленными растворами:

раствор № 1: вода, обработанная на электрокондиционере (катод);

раствор № 2: вода, обработанная на электрокондиционере (анод);

раствор № 3: вода, обработанная на электрокондиционере (катод + анод).

В результате исследований было установлено, что хранение молока в емкости, обработанной электрохимически активированной водой, значительно уменьшило общую бактериальную обсемененность молока, причем наиболее существенное снижение, вплоть до полного уничтожения бактерий, произошло при обработке емкости для хранения молока раствором воды, полученной в смеси анода и катода.

Исследуемые растворы оказали значительное воздействие на развитие *Staphylococcus aureus* и снизили их количество в 2,6 раза по сравнению с контрольным образцом. Все изучаемые рабочие растворы воды подавили рост бактерий *Escherichia coli*, дрожжеподобных грибов из рода *Candida albicans* и микроскопических плесневых грибов из рода *Penicillium*. Наибольшее влияние оказала вода, обработанная на электрокондиционере (катод + анод).

Полученные результаты позволили рекомендовать с целью снижения бактериальной обсемененности молока наряду с сохранением других его качественных и количественных характеристик промывку емкости для хранения и транспортировки молока водой, обработанной на электрокондиционере (катод + анод).

Для изучения влияния комбинированного способа обработки молока электромагнитным излучением и электрохимически активированной водой на качество молока и молочных продуктов нами были проведены следующие исследования. Для обработки молока-сырья применялся генератор электромагнитных импульсов со следующими параметрами электрического тока: длительность импульса – 19,82 мс, длительности паузы – 19,64 мс, напряжение импульса – 22 В, время воздействия – 20 мин. Для обработки емкости для хранения молока использовалась вода, обработанная на электрокондиционере (катод + анод). Из обработанного комбинированным способом молока была приготовлена мечниковская простокваша.

Опытные образцы полученного продукта были оценены по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Установлено, что обработка молока-сырья на генераторе электромагнитных излучений и его хранение в емкости, обработанной электрохимически активированной водой, не оказали влияния на органолептические, физико-химические показатели и состав молока.

Таблица 1

Органолептические показатели мечниковской простокваши

Режим обработки молока	Показатель		
	консистенция и внешний вид	запах и вкус	цвет
Образец 1 (контроль, без обработки)	Имеет неплотный тягучий сгусток с нарушенной неоднородной консистенцией, с большим количеством отделившейся сыворотки	Кислый без посторонних привкусов и запахов	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе
Образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)	Имеет в меру плотный сгусток с ненарушенной консистенцией, с небольшим количеством отделившейся сыворотки	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов, выраженный и нежный вкус	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе

Органолептические показатели мечниковской простокваши представлены в таблице 1. Данные таблицы свидетельствуют о том, что образец № 1 (контроль, без обработки) – неплотный тягучий сгусток с нарушенной неоднородной консистенцией, с большим количеством отделившейся сыворотки, а образец № 2 имел в меру плотный

сгусток с ненарушенной консистенцией, с небольшим количеством отделившейся сыворотки.

При определении органолептических показателей мечниковской простокваши была проведена дегустационная оценка продукта (табл. 2). По результатам дегустаций органолептических свойств мечниковской простокваши установлено, что наиболее высокую оценку (17,87 баллов) получил образец № 2. Также образец после обработки получил высокую оценку за консистенцию и вкус.

Таблица 2

Дегустационная карта органолептической оценки мечниковской простокваши

Режим обработки молока	Показатель, балл				
	цвет	запах	консистенция	вкус	общий балл
Образец 1 (контроль, без обработки)	4,85±0,10	4,50±0,23	3,75±0,12	4,50±0,18	17,6±0,1
Образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)	4,77±0,12	4,0±0,23	4,58±0,14	4,52±0,14	17,87±0,05

Химический состав опытных образцов мечниковской простокваши представлен в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав мечниковской простокваши

Показатель	Режим обработки	
	образец № 1 (контроль, без обработки)	образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)
Массовая доля жира, %	3,8	3,75
Массовая доля белка, %	3,20	3,36
Содержание общего азота, %	0,50	0,57
Содержание небелкового азота, %	0,0293	0,0311
Содержание сывороточных белков, %	0,95	0,85
Массовая доля влаги, %	85,41	87,38
Массовая доля сухих веществ, %	14,59	12,62
Активная кислотность (величина pH), ед.	4,25	4,18
Кислотность, °Т	114	90

Анализ данных показал, что доля жира практически не изменилась. Доля белка в контрольном образце по сравнению с образцом № 2 ниже на 0,16%. Количество

сухих веществ в мечниковской простокваше составило 14,59% в первом образце, что на 1,97% больше, чем в опытном.

Активная кислотность во втором образце снизилась на 1,67%. Существенное различие получено по кислотности, контрольный образец имел повышенную кислотность (114°Т), что почти на 24°Т больше по сравнению с образцом № 2.

Микробиологические показатели опытных образцов мечниковской простокваши представлены в таблице 4.

Таблица 4

Микробиологические показатели мечниковской простокваши

Показатель	Режим обработки	
	образец № 1 (контроль, без обработки)	образец 2 (с обработкой емкости ЭХА водой и обработкой молока ЭМИ)
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г	2,5*10 ⁸	2,5*10 ⁸
Бактерии группы кишечной палочки	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/г	1,2*10 ⁴	Менее 1,0*10 ¹
Плесени, КОЕ/г	Менее 1,0*10 ¹	Менее 1,0*10 ¹
Энтеробактерии	Не обнаружено	Не обнаружено

Микробиологические исследования образцов мечниковской простокваши показали, что количество молочнокислых микроорганизмов в обоих образцах одинаково. Бактерии группы кишечных палочек и энтеробактерий отсутствовали в обоих образцах. Количество дрожжей в образце после электромагнитного излучения и электрохимически активированной воды сократилось с $1,2 \times 10^4$ до $1,0 \times 10^1$ КОЕ/г.

На основании данных проведенных исследований нами разработано устройство для комбинированной обработки молока-сырья (рис. 1), состоящее из: 1 – электрокондиционер, 2 – бак для электрохимически активированной воды, 3 – блок управления, 4 – теплоэлемент, 5 – молокопровод, 6 – молокоприемный бак, который снабжен 7 – генератором импульсов электрического тока с 8 – пультом управления.

Устройство работает следующим образом. В электрокондиционер 1 подается вода, откуда она поступает в бак 2 с блоком управления промывкой молокопровода 3 и теплоэлементом 4, где вода подогревается до 50-60°С. Из бака активированная теплая вода подается в молокопровод 5, откуда после промывки выводится в канализацию. Блок управления проводит автоматический процесс промывки по установленной программе с помощью командного прибора. После промывки молокопровода молоко из него поступает в молокоприемный бак 6, который снабжен генератором импульсов 7 электрического тока с пультом управления 8, регулирующим длительность импульсов, пауз и выходное напряжение импульса, подающим импульсы электрического тока на источник импульсов электромагнитного поля, помещенный в молокоприемный бак.

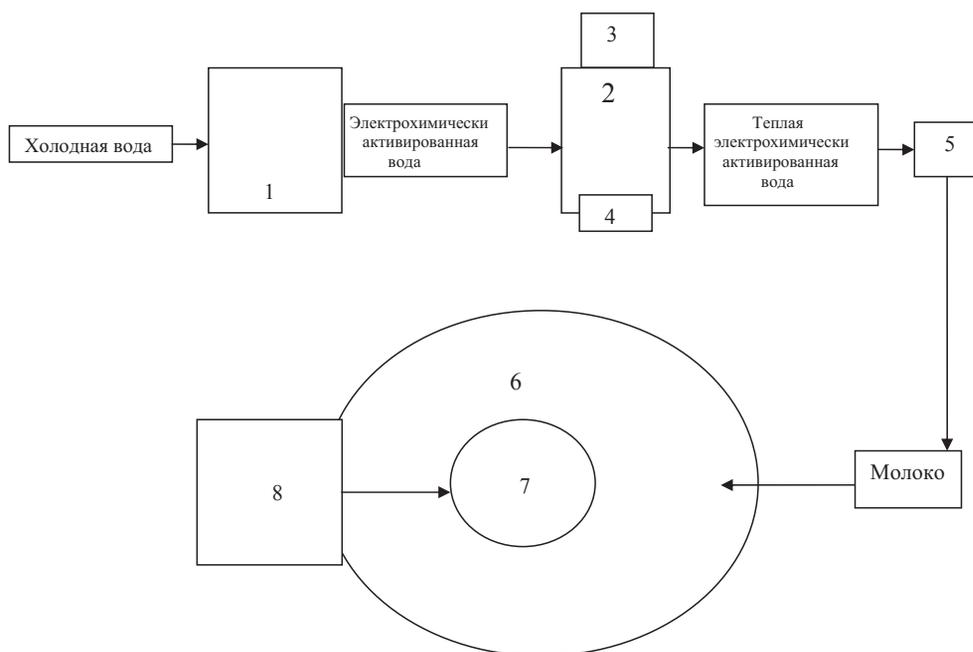


Рис. 1. Схема устройства для комбинированной обработки молока-сырья

Библиографический список

1. *Иванов Ю.Г.* Методы и технические средства контроля и управления технологическими процессами в молочном животноводстве: Дис. докт. техн. наук. М., 2005. 276 с.
2. *Полищук П.К.* Лабораторный практикум по микробиологии молока и молочных продуктов / П.К. Полищук, Э.С. Дербинова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 200 с.
3. *Родионов Г.В.* Справочник бригадира молочной фермы / Г.В. Родионов. Москва, 2000. 179 с.
4. *Родионов Г.В.* Регулирование содержания микроорганизмов в молоке-сырье / Г.В. Родионов, Т.В. Ананьева, Е. Кужугет // Молочная промышленность. 2012. № 8. С. 14-15.
5. *Родионов Г.В.* Способ подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: Патент на изобретение № 2440769 от 27.01.2012 г.
6. *Родионов Г.В.* и др. Устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: Патент на полезную модель № 113114 от 10.02.2012 г.
7. *Родионов Г.В., Пурецкий В.М.* Устройство для подавления нежелательных микроорганизмов в молоке и молочных продуктах: Патент на полезную модель № 117775 от 10.06.2012 г.
8. *Rodionov G.V.* Regulating the number of microorganisms in raw milk / G.V. Rodionov, S.L. Belopukhov, R.T. Mannapova, O.G. Dryakhlykh // Journal «Izvestiya Of Timiryazev Agricultural Academy»: Special issue. 2013. P. 163-171.
9. *Родионов Г.В., Белотухов С.Л., Маннапова Р.Т., Дряхлых О.Г.* Установка для санитарной обработки доильного оборудования: Патент «Полезная модель № 133683». Заявка на патент 2013111644/017267 от 18.03.2013 г.

10. Родионов Г.В., Белопухов С.Л., Маннапова Р.Т., Дряхлых О.Г. Способ санитарной обработки доильного оборудования: Патент РФ № 2531914. Заявка на патент 2013111643/017266 от 18.03.2013 г.

11. Хоружева О.Г. Влияние физических факторов на качественный и количественный состав молока и молочных продуктов: Автореф. дис. к.с.-х.н. / О.Г. Хоружева. Москва, 2015. 21 с.

INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION AND ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER ON THE QUALITY OF MILK AND CURDLED MILK

G.V. RODIONOV, S.L. BELOPUKHOV, O.G. KHORUZHEVA, S.D. BADUANOVA, E.P. PRONINA

RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev

The quality of milk and milk products depend on the technology of production and preventive measures for their improvement. That is why one of the priority areas of the dairy cattle breeding is the production of milk, satisfying the sanitary-hygienic norms and requirements of the processing enterprises. In modern industrial technologies alternative ways of milk processing are becoming significantly more important, such as infra-red radiation, ultrasound, microwave and ultra-violet processing etc. These methods increase the duration of product storage, improve taste qualities and cut energy costs. Complex milk processing with electromagnetic radiation and electrochemically activated water is of the promising processing methods. The goal of the conducted research is the improvement of milk quality due to selective rejection of spreading undesirable microorganisms. The authors theoretically justified and experimentally proved the necessity of complex milk processing with electromagnetic radiation and electrochemically activated water in the fermented dairy milk production in order to improve its consumer attributes.

Key words: generator of electromagnetic impulse, water conditioner, electromagnetic radiation, electrochemically activated water, mode milk processing, microorganisms, dairy products.

References

1. Ivanov Yu.G. Metody i tehicheskie sredstva kontrolya i upravleniya tehnologicheskimi protsessami v molochnon zhivotnovodstve: dis.dokt.tehn.nauk: 05.20.01; 05.13.06. M., 2005. 276 p.
2. Polishchuk P.K. Laboratorniy praktikum po mikrobiologii moloka i molochnyh produktov / P.K. Polishchuk, E.S. Derbinova. M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost, 1982. 200 p.
3. Rodionov G.V. Spravochnik brigadira molochnoy fermy / G.V. Rodionov. Moskva, 2000. 179 p.
4. Rodionov G.V. Regulirovanie sodержaniya mikroorganizmov v moloke – syr'e / G.V. Rodionov, T.V. Ananyeva, E. Kuzhuget // Molochnaya promyshlennost. 2012. № 8. P. 14-15.
5. Rodionov G.V. «Sposob podavleniya negelatelnyh mikroorganizmov v moloke i molochnyh produktah»: Patent na izobretenie № 2440769 ot 27.01.2012.
6. Rodionov G.V. i dr. «Ustroystvo dlya podavleniya nezhelatelnyh mikroorganizmov v moloke i molochnyh produktah»: Patent na poleznuyu model № 113114 ot 10.02.12.
7. Rodionov G.V., Puretskiy V.M. «Ustroystvo dlya podavleniya nezhelatelnyh mikroorganizmov v moloke i molochnyh produktah», Patent na poleznuyu model № 117775 ot 10.06.12.

8. *Rodionov G.V.* Regulating the number of microorganisms in raw milk / G.V. Rodionov., S.L. Belopukhov, R.T. Mannapova, O.G. Dryakhlykh // Journal «Izvestiya Of Timiryazev Agricultural Academy»: Special issue. 2013. P. 163-171.

9. *Rodionov G.V., Belopukhov S.L., Mannapova R.T., Dryakhlykh O.G.* «Ustanovka dlya sanitarnoy obrabotki doilnogo oborudovaniya»: Patent Poleznaya Model № 133683. Zayavka na patent 2012111644/017267 ot 18.03.2013.

10. *Rodionov G.V., Belopukhov S.L., Mannapova R.T., Dryakhlykh O.G.* «Sposob sanitarnoy obrabotki doilnogo oborudovaniya»: Patent RF № 25311914. Zayavka na patent 2012111643/017266 ot 18.03.2013.

11. *Khoruzheva O.G.* Vliyanie fizicheskikh faktorov na kachestvenniy sostav moloka i molochnykh produktov: Avtoref.dis.k.s.-h.n. / O.G. Khoruzheva. Moskva, 2015. 21 p.

Родионов Г.В. – заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550. г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-40-40; e-mail: mlabor@timacad.ru

Белопухов С.Л. – заведующий кафедрой физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел.: (499) 976-32-16.

Хоружева О.Г. – ведущий специалист Испытательной лаборатории по качеству молока РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел.: (499) 977-71-72; e-mail: mlabor@timacad.ru.

Бадюанова С.Д. – аспирантка кафедры молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: baduanovasalima@gmail.com

Пронина Е.В. – аспирантка кафедры молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; e-mail: proninakat89@yandex.ru

Rodionov G.V. – Head of the Department of Milk and Meat Cattle Breeding RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-40-40, e-mail: mlabor@timacad.ru).

Belopukhov S.L. – Head of the Department of Physical and Organic Chemistry RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-32-16).

Khoruzheva O.G. – leading specialist of Test Laboratory of the Milk Quality RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 977-71-72, e-mail: mlabor@timacad.ru).

Baduanova S.D. – Ph.D. student of the Department of Milk and Meat Cattle Breeding RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; e-mail: baduanovasalima@gmail.com).

Pronina E.V. – Ph.D. student of the Department of Milk and Meat Cattle Breeding RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; e-mail: proninakat89@yandex.ru).

УДК 338.45:662.767.2(470+571)

**ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЕКТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БИОГАЗА
В РОССИИ**В.М. КОШЕЛЕВ¹, Т.И. НУРГАЛИЕВ²¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; ²Университет Хойенхайм

В статье отражена предложенная методика оценки рисков проектов по внедрению биогазовой технологии, проводимой на базе экономической оценки инвестиционных проектов строительства биогазовых установок в сельскохозяйственных организациях, применения комбинации методов экономико-математического моделирования, анализа инвестиционных проектов и сценарных модельных экспериментов. Преимущество данной методики заключается в широком охвате экономических и технологических особенностей производства не только субстратов, получаемых из сельскохозяйственных культур и отходов животноводства, но и товарной продукции растениеводства и животноводства. Оценка рисков проекта в разрезе сценариев позволяет выбрать наиболее рациональную специализацию объекта размещения биогазового производства, обеспечивающую его устойчивое функционирование при минимальных рисках. Методика апробирована на конкретном примере ООО «Агро-Виста «Тамбов» Тамбовской области.

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка (БГУ), субстрат, инвестиционный проект, производственная структура предприятия, математическое моделирование, эффективность проекта, анализ рисков, анализ сценариев, анализ чувствительности, анализ методом «Монте Карло».

Главная цель проектов внедрения биогазовой технологии заключается в смягчении негативного антропогенного влияния на окружающую среду за счет снижения рисков загрязнения сточных вод, выброса парниковых газов и соблюдения углеродного баланса в атмосфере, сохранения лесопосадок и снижения эрозии почв, т.е. проект имеет ярко выраженную экологическую направленность.

Оценка экологических проектов, как правило, сталкивается с рядом сложностей, связанных с трудностями в финансовом измерении экологических выгод. Эту задачу можно решить следующим образом: сначала попытаться оценить в стоимостной форме все, что более или менее легко поддается такой оценке, затем сопоставить полученные выгоды с размером затрат на проект. И если результат окажется отрицательным, то его следует трактовать как цену, которую придется заплатить (предприятию-инициатору проекта, государству, обществу) за достижение тех экологических целей, которые не были учтены при переводе в стоимостную форму.

Проект внедрения биогазовой технологии в сельскохозяйственной организации имеет важную особенность по сравнению с многими другими проектами, которая заключается в том, что проект призван решить две задачи. С одной стороны, это проект, как мы уже отмечали, экологической направленности, а с другой стороны, он ориентирован на получение дополнительных доходов от коммерческого и/или производственного использования биогаза и биоудобрений. Если экологические выгоды количественно измерить затруднительно, то выгоды от реализации электроэнергии и биоудобрений, а также от использования тепла измерению поддаются довольно легко.

Кроме того, данный тип проектов имеет еще одну важную характеристику: его можно с большой степенью обоснованности отнести к инновационному типу, поскольку эти проекты направлены на производство *нового* продукта (биогаз и биоудобрения), в них используется *новый* вид сырья (например, навоз ни в каких традиционных производствах до сих пор не использовался для получения коммерческого продукта), в них применяется *новый* для России метод производства (биогазовая технология).

Как известно из теории и практики, инновационные проекты характеризуются высокими рисками. В то же время необходимо сделать оговорку о том, что биогазовые проекты в большом количестве уже были реализованы во многих странах мира, накоплен значительный опыт, позволяющий существенно снизить уровень неопределенности. С другой стороны, российские особенности накладывают некоторые ограничения на использование международного опыта. К ним относятся обширные территории страны, не обеспеченные традиционными источниками энергии, накопившиеся за многие десятилетия экологические проблемы, низкая занятость сельского населения, слабое развитие инфраструктуры сельских территорий и др.

Проекты внедрения биогазовых технологий в сельскохозяйственных объектах относятся к мультипроектам, т.е. проектам, которые (в случае их эффективности и/или привлекательности (целесообразности) могут и должны широко тиражироваться во многих регионах страны. Это обязывает к разработке (или использованию традиционной) методики оценки рисков таких проектов и их качественного определения и количественного измерения.

Как и многие инвестиционные проекты, реализуемые в сельском хозяйстве и имеющие существенную инновационную составляющую, проекты внедрения биогазовой технологии характеризуются повышенными рисками. Анализ рисков – важнейшая часть анализа проектов, целью которой является выявление и управление рисками реализуемого проекта. Основными направлениями анализа рисков являются анализ чувствительности, анализ сценариев проекта, а также анализ проекта методом статистических испытаний (анализ методом «Монте Карло») [1, с. 274-345]. В последних опубликованных работах по количественной оценке рисков подобных проектов часто комбинируют методы моделирования экономических процессов и оценки экономической эффективности проектов с анализом рисков и его составляющими [4, 5, 7, 8-10].

Материал и методика исследования. Одним из наиболее интересных и относительно сложных методов оценки рисков является анализ методом «Монте Карло».

Метод статистических испытаний (метод «Монте Карло») позволяет изучить изменение всех результативных параметров в зависимости от изменения сколь угодно

но многих входных параметров проекта, изменяемых одновременно от испытания к испытанию. Каждый входной параметр проекта при этом изменяется в соответствии с заданной функцией.

Общий вид зависимости какого-либо результативного параметра проекта от изменения всех входных параметров можно записать в виде

$$x_{kj} = f_k(x_{\{i\}j}), \quad (1)$$

где x – значение параметра проекта; f_k – функциональная зависимость параметра проекта от входных параметров по формуле k ; i – индекс входного параметра проекта; k – индекс результативного параметра проекта; j – индекс испытания; I – множество входных параметров проекта; K – множество результативных параметров проекта; J – подмножество испытаний. В частности, анализ методом статистических испытаний позволяет оценить вероятность значений результативных параметров проекта, если известны вероятности значений входных параметров проекта.

Функция распределения вероятностей значений каждого входного параметра проекта $f(x_i)$ (при условии их подчинения закону нормального распределения) имеет вид:

$$f(x_i) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}}, \quad (2)$$

где x – параметр проекта; i – индекс входного параметра проекта; μ_i – математическое ожидание для входного параметра i ; σ_i – среднеквадратическое отклонение для входного параметра i .

Среднеквадратическое отклонение рассчитывается с применением квантильного метода расчета [4, 6] по формуле:

$$\sigma_i = \left| \frac{q(p_i) - \mu_i}{\Phi_{sn}^{-1}(p_i)} \right|, \quad (3)$$

где $q(p)$ – значение квантиля для вероятности p при $x_i < q$; $\Phi_{sn}^{-1}(p)$ – обратная функция для $f(x_i)$.

Источниками информации для расчетов являются формы бухгалтерской отчетности и экспертные оценки специалистов хозяйства ООО «Агро Виста «Тамбов», а также номинальные параметры оборудования компании ООО «Зорг Биогаз». Максимально возможные отклонения вариативных параметров в отраслях растениеводства и животноводства также опираются на экспертные оценки специалистов хозяйства.

Применение данной методики анализа рисков проекта методом «Монте Карло» встречается во многих работах, описывающих оценку внедрения технологий применения различных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), однако работ, касающихся оценки производства энергии непосредственно из биогаза, до настоящего момента ни в русскоязычной, ни в англоязычной научной литературе не было.

Кроме того, авторами разработан оригинальный программный комплекс, комбинирующий одновременное применение методов математического моделирования ситуаций «С проектом» и «Без проекта» с инструментами анализа

инвестиционных проектов и методом «Монте Карло», что позволяет проводить статистические испытания в автоматизированном режиме для практически неограниченного количества сценариев. Каждый отдельный сценарий включает в себя заданные условия, определяемые различными параметрами среды, в которой реализуется проект (например, различные соотношения цен на ресурсы и на реализуемую продукцию, наличие или отсутствие собственных средств для инвестиций в оборудование, использование или отказ от энзимов при производстве биогаза и др.).

Изменение входных параметров производится непосредственно в числовой модели оптимизации производственной структуры предприятия, причем изменения вносятся либо в модель для ситуации «С проектом», либо в модель «Без проекта», либо в обе модели одновременно в зависимости от самого параметра. Например, если мы исследуем влияние на проект возможных изменений продуктивности животных, то такие изменения повлияют на обе ситуации (независимо от того, будет проект реализован или нет), следовательно, данный параметр необходимо менять одновременно в обеих моделях. С другой стороны, если мы хотим проверить степень влияния изменений, например, цен на биоудобрения, то такие изменения могут повлиять лишь на ситуацию «С проектом», поскольку в ситуации «Без проекта» производство биоудобрений вообще не предусмотрено, т.е. изменение цен на биоудобрения следует вносить лишь в модель ситуации «С проектом».

Если изменение входного параметра производится в пределах устойчивости оптимального плана модели, то изменения в нем коснутся только базисных переменных, но даже при этом могут наблюдаться существенные изменения в значениях результивных параметров. Если же корректировка входных данных выходит за пределы устойчивости оптимального плана, то сам план меняется (из него могут выйти одни базисные переменные и войти другие). При этом появляется уникальная возможность (по сравнению с традиционной методикой анализа рисков) отслеживать не только количественные изменения результивных показателей в ограниченных пределах устойчивости системы, но и качественные – в пределах всего множества допустимых решений в рамках симплекса.

Главное требование, которое предъявляется при формировании набора сценариев, заключается в том, что каждый из них должен отражать высоковероятные изменения, которые действительно могут возникнуть в реальности. В частности, если в экономике сложилась какая-либо определенная устойчивая тенденция (например, опережающие темпы роста цен на энергоносители по сравнению с темпами роста цен на продовольствие, или наоборот), то сценарий, отражающий такую тенденцию, имеет все основания для изучения. Число сценариев может быть довольно большим, и модель позволяет исследовать каждый из них. Для апробации методики предлагаем рассмотреть ограниченное количество сценариев (табл. 1).

Алгоритм комплексного анализа рисков проекта в разрезе его сценариев заключается в следующем. В первую очередь идентифицируется набор сценариев. Для каждого сценария необходимо найти оптимальные решения для ситуаций «без» и «с» проектом по методике [3], после чего проводится экономическая оценка проекта, анализ чувствительности и анализ рисков проекта методом статистических испытаний по методике [1, 2]). Схема (алгоритм) анализа рисков для каждого сценария представлена ниже (рис. 1).

Сценарии реализации проекта по производству биогаза

Сценарии		Сценарии по составу отраслей			
		Растениеводство и животноводство	Растениеводство	Животноводство	
		А	В	С	
Сценарии по условиям использования электроэнергии	Электроэнергия производится БГУ с целью замещения закупаемой электроэнергии. Возможности реализации электроэнергии в общие электросети нет	1	1А	1В	1С
	Электроэнергия производится БГУ и реализуется в общие электросети по цене закупаемой электроэнергии	2	2А	2В	2С
	Электроэнергия производится БГУ и реализуется в общие электросети по цене с учетом субсидий, рассчитанных с целью минимизации рисков по сроку окупаемости проекта не более 10 лет	3	3А	3В	3С

Результаты и обсуждение. Для определения плотности вероятностей значимых результативных параметров проекта в зависимости от колебаний изменяемых входных параметров для каждого сценария были рассчитаны значения результативных параметров. Для осуществления данного количественного эксперимента было проведено 1000 испытаний в среде MSExcel 2016 при помощи макроса, после чего были проведены соответствующие группировки.

По итогам применения данной методики можно сделать выводом том, что проект, реализуемый по сценариям 1А и 1С, может быть эффективным, однако вероятность этого невелика. Вероятность того, что проект будет эффективен, если будет реализоваться по сценарию 1В, отсутствует. Кроме того, все сценарии группы 1 непривлекательны с точки зрения периодов окупаемости: вероятность того, что они окупятся менее чем через 10 лет, равна нулю, а вероятность того, что они окупятся в период от 10 до 50 лет, невысока. Крайне высока вероятность того, что их периоды окупаемости превысят 50 лет или не существуют вовсе.

Сценарии группы 2, когда есть возможность реализовать всю произведенную БГУ электроэнергию в общие энергосети, более привлекательны. Несмотря на то, что вероятность окупаемости проекта, реализуемого только на базе растениеводства, отсутствует, вероятность окупаемости проекта, реализуемого при комбинированной отраслевой структуре или же на базе только животноводства, близка к 100%. При этом в сценарии 2С вероятность того, что период окупаемости составит период более 10 лет, близка нулю, и это делает его наиболее привлекательным в данной группе. Вероятность, того что период окупаемости в сценарии 2А составит период более 10 лет, также невысока.

Сценарии группы 3 являются наиболее привлекательными. Рассчитанные с целью минимизации рисков проекта минимальные цены на электроэнергию для каждого из них позволили обеспечить им 100%-ную вероятность положительного NPV, а также вероятность того, что PBP составит период менее 10 лет, близка к 100%.

Вероятности значений основных показателей эффективности проекта представлены в таблице 2. Распределение вероятностей значений NPV и PBP, полученное в результате реализации метода «Монте-Карло», представлено на рисунках 2 и 3.

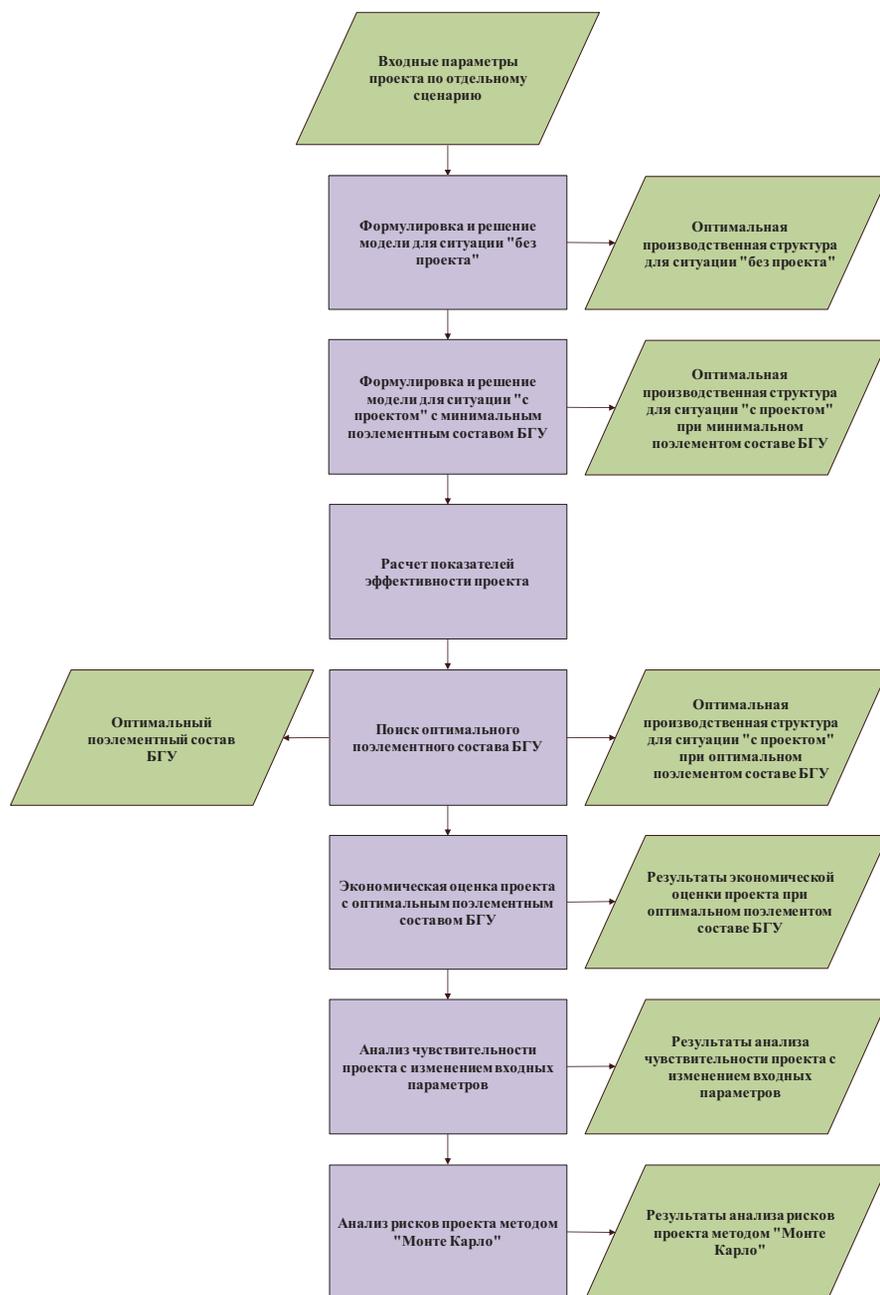


Рис. 1. Алгоритм анализа отдельного сценария проекта по внедрению биогазовой технологии

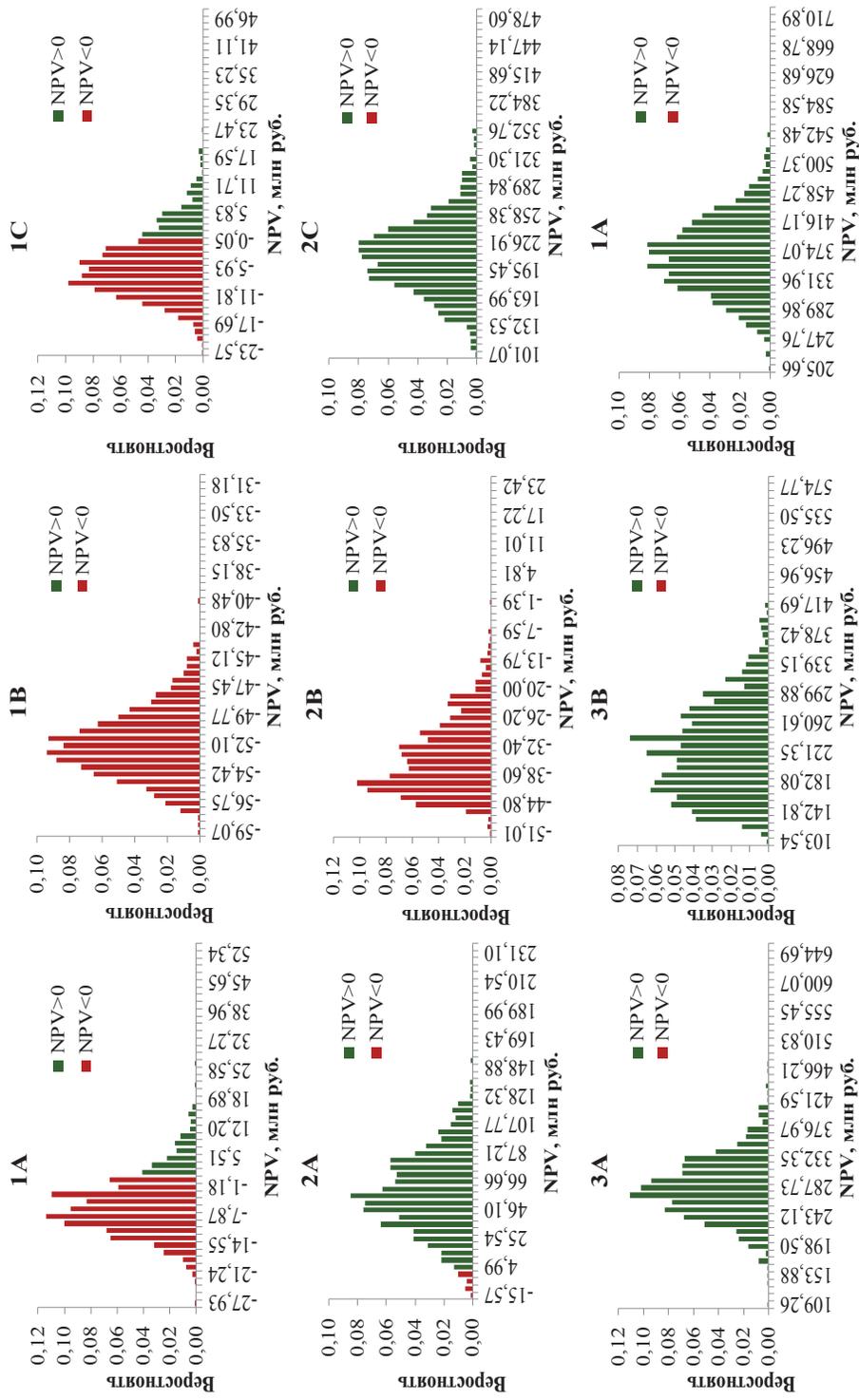


Рис. 2. Распределение вероятностей значений NPV проекта в разрезе сценариев

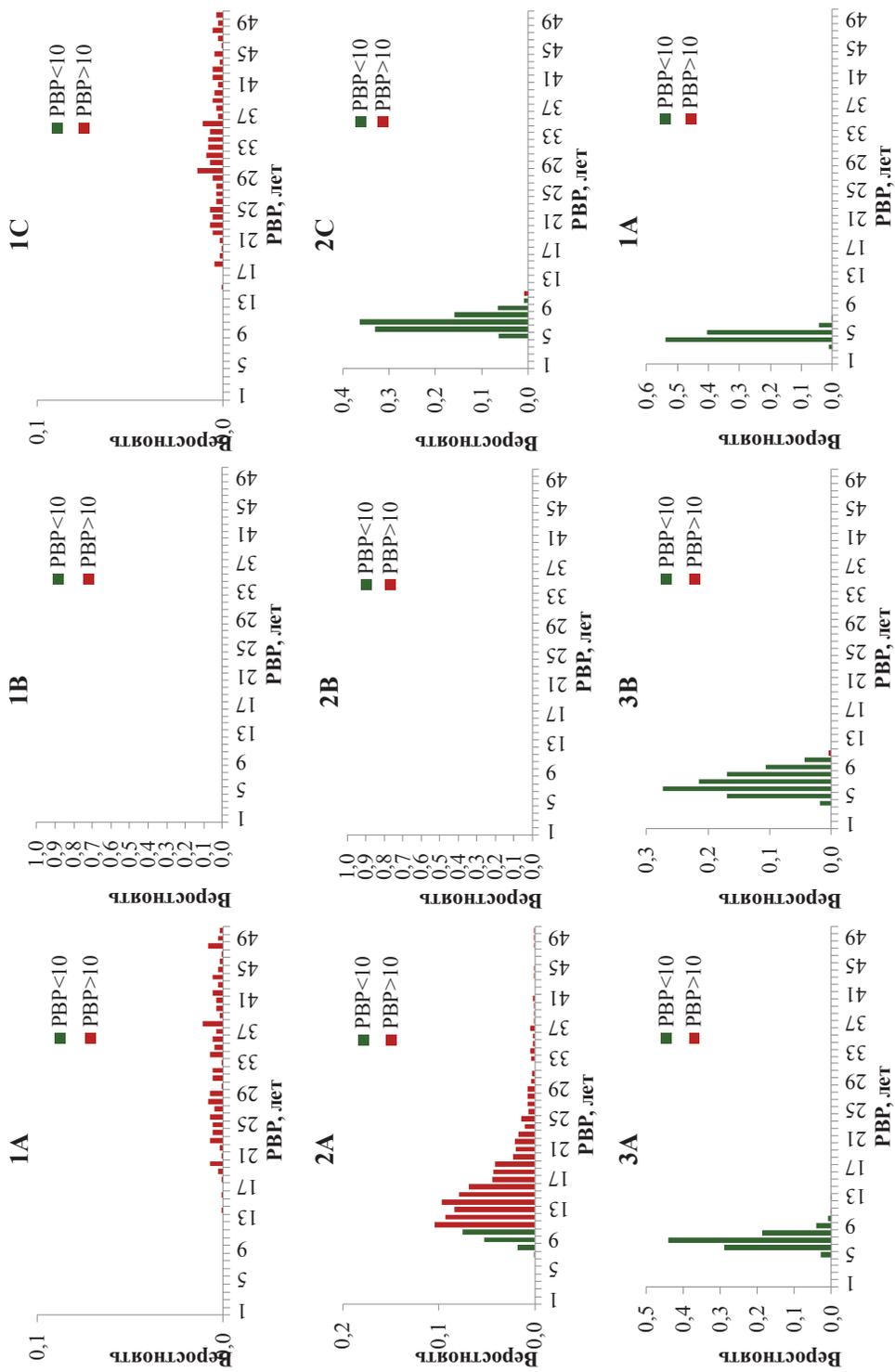


Рис. 3. Распределение вероятностей значений PBP проекта в разрезе сценариев

Вероятности значений основных показателей эффективности проекта

		Параметр	A	B	C
Сценарии реализации электроэнергии произведенной БГУ	1	NPV<0	84,0	100,0	80,1
		NPV>0	16,0	0,0	19,9
		PBP>50 или не существует	84,7	100,0	82,4
		PBP>10	15,3	0,0	17,6
		PBP<10	0,0	0,0	0,0
	2	NPV<0	2,0	100,0	0,0
		NPV>0	98,0	0,0	100,0
		PBP>50 или не существует	2,8	100,0	0,0
		PBP>10	82,5	0,0	0,9
		PBP<10	14,7	0,0	99,1
	3	NPV<0	0,0	0,0	0,0
		NPV>0	100,0	100,0	100,0
		PBP>50 или не существует	0,0	0,0	0,0
		PBP>10	0,3	0,5	0,0
		PBP<10	99,7	99,5	100,0

Выводы

Поскольку производство биогаза в любом реальном сельскохозяйственном объекте подразумевает строительство и установку оборудования, а также изменение производственной структуры организации в случае начала производства биогаза и сопутствующей продукции (что предполагает существенные структурные изменения в объекте и повышает риски), то сделан вывод о целесообразности проведения вариантных расчетов с применением методов анализа рисков на базе оценки инвестиционного проекта с одновременной оптимизацией производственной структуры сельскохозяйственной организации, учитывающей возможности выбора субстратов из различных видов растительного сырья и отходов животноводства, в едином модельном комплексе.

Результаты апробации методики на материалах конкретного объекта показали способность разработанного модельного комплекса одновременно учитывать большее число факторов, влияющих на эффективность проекта, и комплексно оценивать риски. Распространение разработанной методики для применения на других объектах позволит готовить и принимать грамотные инвестиционные решения по внедрению биогазовой технологии.

Библиографический список

1. Алексанов Д.С., Кошелев В.М. Экономическая оценка инвестиций: Учебник. М.: Колос-Пресс, 2002. 382 с.
2. Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / 2-я ред. М.: ОАО НПО Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
3. Кошелев В.М., Нургалиев Т.И. Экономические аспекты внедрения технологии производства биогаза в сельскохозяйственной организации // Вестник Московского агроинженерного университета имени В.П. Горячкина. 2015. № 6. С. 50-55.
4. Arnold U., Yildiz Ö. Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach // Renew. Energy. 2015. Vol. 77. P. 227-239.
5. Chang C.-Y. A critical analysis of recent advances in the techniques for the evaluation of renewable energy projects // Int. J. Proj. Manag. 2013. Vol. 31. № 7. P. 1057-1067.
6. Cook J.D. Determining distribution parameters from quantiles: working paper 55. Houston, TX, 2010.
7. Di Lorenzo G. et al. Monte-Carlo simulation of investment integrity and value for power-plants with carbon-capture // Appl. Energy. 2012. Vol. 98. P. 467-478.
8. Ferdan T. et al. A waste-to-energy project: A complex approach towards the assessment of investment risks // Appl. Therm. Eng. 2015. Vol. 89. P. 1127-1136.
9. Pereira E.J. da S. et al. Methodology of risk analysis by Monte Carlo Method applied to power generation with renewable energy // Renew. Energy. 2014. Vol. 69. P. 347-355.
10. Schade B., Wiesenthal T. Biofuels: A model based assessment under uncertainty applying the Monte Carlo method // J. Policy Model. 2011. Vol. 33. № 1. P. 92-126.

RISKS ASSESMENT OF BIOGAS PROJECTS IN RUSSIA

V.M. KOSHELEV¹, T.I. NURGALIEV²

¹Russian Timiryazev State Agrarian University; ²University of Hohenheim

The methodology of risks assessment for biogas projects is offered in this paper. The risks assessment of biogas projects was realized by means of combined instruments of investment project analysis, methods of mathematical modeling of farm production structure and scenarios analysis.

The advantage of the offered methodology is the wide covering of different economic and technologic features of not only substrates production from different crops and animal breeding wastes but commodity sectors of the farm as well. Risks assessment of biogas projects in the context of formulated scenarios allows choosing the optimal specialization of potential farm for biogas plant installation, optimal substrates combination, and also foundation of potential state support for risks minimization. The calculation methodology is applied for the farm LLC «Agro Vista «Tambov» in the Tambov region.

Key words: *biogas, biogas plant, substrate, investment project, production structure of a farm, mathematical modeling, project effectiveness, risks analysis, sensitivity analysis, Monte Carlo method.*

References

1. *Alexanov D.S., Koshelev V.M.* Ekonomicheskaya otsenka investitsiy. Uchebnik. M.: Kolos-Press. 2002. 382 p.
2. *Kossov V.V., Livshits V.N., Shahnazanov A.G.* Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov (Vtoraya red.). M.: OAO NPO Izd-vo «Ekonomika», 2000. 421 p.
3. *Koshelev V.M., Nurgaliev T.I.* Ekonomicheskie aspekty vnedreniya tehnologii proizvodstva biogaza v sel'skohozyaistvennoy organizatsii // Vestnik Moskovskogo agroinzhener'nogo universiteta imeni V.P. Goryachkina. 2015. № 6. P. 50-55.
4. *Arnold U., Yildiz Ö.* Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach // Renew. Energy. 2015. Vol. 77. P. 227-239.
5. *Chang C.-Y.* A critical analysis of recent advances in the techniques for the evaluation of renewable energy projects // Int. J. Proj. Manag. 2013. Vol. 31, № 7. P. 1057-1067.
6. *Cook J.D.* Determining distribution parameters from quantiles: working paper 55. Houston, TX, 2010.
7. *Di Lorenzo G. et al.* Monte-Carlo simulation of investment integrity and value for power-plants with carbon-capture // Appl. Energy. 2012. Vol. 98. P. 467-478.
8. *Ferdan T. et al.* A waste-to-energy project: A complex approach towards the assessment of investment risks // Appl. Therm. Eng. 2015. Vol. 89. P. 1127-1136.
9. *Pereira E.J. da S. et al.* Methodology of risk analysis by Monte Carlo Method applied to power generation with renewable energy // Renew. Energy. 2014. Vol. 69. P. 347-355.
10. *Schade B., Wiesenthal T.* Biofuels: A model based assessment under uncertainty applying the Monte Carlo method // J. Policy Model. 2011. Vol. 33. № 1. P. 92-126.

Кошелев Валерий Михайлович – д.э.н., профессор, заведующий кафедрой управления и сельского консультирования РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7-916-623-85-15; e-mail: vmkoshelev@gmail.com.

Нургалиев Тимур Ильдусович – докторант Института агроинженерии университета Хойенхайм; 70593, Штутгарт, Гарбенштрассе, 9; тел.: +7-905-792-25-69; e-mail: nti87@yandex.ru.

Koshelev Valeriy Mikhaylovich – Doctor of economics, Professor, Head of Management Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, str. Timiryazevskaya, 49, Moscow; tel.: +7-916-623-85-15; e-mail: vmkoshelev@gmail.com.

Nurgaliev Timur Ildusovich – PhD-student of Institute of Agroengineering, University of Hohenheim, 70593, Garbenstr., 9, Stuttgart; tel.: +7-905-154-54-46; e-mail: nti87@yandex.ru.

УДК 636.11:612.11/.12

ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЛОШАДЕЙ ЧИСТОКРОВНОЙ АРАБСКОЙ ПОРОДЫ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ СКАКОВОГО СЕЗОНА

А.А. ИВАНОВ, В.Х. ХОТОВ, Л.В. ПЕТРИКЕЕВА

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Были исследованы показатели крови скаковых лошадей чистокровной арабской породы четырех лет и старше, проходивших испытания на Центральном московском ипподроме в 2012-2014 гг. Выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) различия значений ряда гематологических и биохимических показателей сыворотки крови в разные периоды скакового сезона: начало (май – первая половина июня), середина (вторая половина июня – август) и конец (сентябрь). Значения эритроцитарных индексов MCV, MCH и MCHC были выше в начале и середине сезона по сравнению с концом сезона, при этом общее количество эритроцитов (RBC), напротив, увеличивалось в сентябре. Количество тромбоцитов (PLT) не различалось в период с мая по август, но увеличивалось ($p = 0,0057$) в конце скакового сезона. Значимых различий показателей гематокрита (HCT) и гемоглобина (HGB) в исследуемой группе животных обнаружено не было. В середине сезона зафиксировано максимальное ($p = 0,0098$) количество лейкоцитов (WBC) с максимальным количеством нейтрофилов (Neut) $62,15 \pm 1,39\%$ и минимальным содержанием лимфоцитов (Lym) $31,59 \pm 1,34\%$, различий по процентному содержанию моноцитов (Mon), эозинофилов (Eoz) и базофилов (Bas) не выявлено.

Биохимические показатели включали в себя определение активности сывороточных ферментов: аспаратаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), щелочной фосфатазы (ЩФ), гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ), а также концентрации кальция (Ca), неорганического фосфора (P) и сывороточного железа (Fe). Значимые различия в течение скакового сезона были обнаружены по активности ЩФ и ЛДГ, которые имели наивысшую концентрацию в период со второй половины июня по август. Различий по остальным изученным ферментам не выявлено ($p > 0,05$). Концентрация Fe в середине сезона достигала максимума по сравнению с концом сезона ($p = 0,0002$) $34,53 \pm 1,90$ мкмоль/л при рекомендуемой исследующей лабораторией норме до 25,00 мкмоль/л. Изменение концентрации Ca и P в сыворотке крови в разные периоды скакового сезона не обнаружено.

Ключевые слова: чистокровные арабские лошади, ипподромные испытания, общий анализ крови, биохимические показатели сыворотки крови.

Скачки чистокровных арабских лошадей – важный сегмент интернациональной скаковой индустрии. Во Всемирную федерацию скачек арабских лошадей IFANR

(international federation of arabian horse racing authorities) входят более 30 стран. Российская Федерация была одной из стран-основателей, которые в 1999 г. в Париже учредили эту организацию, куда также вошли Франция, Германия, Бельгия ОАЭ, Катар, Швейцария, Великобритания, Австрия, Голландия, США, Польша, Турция и др. [5]. Большая часть скачек арабских лошадей в России проходит на Центральном Московском, Пятигорском, Краснодарском и Казанском ипподромах.

Сезон испытаний в зависимости от климатических условий регионов начинается в апреле и заканчивается в октябре [6]. В средней полосе России, как правило, он продолжается с мая по сентябрь. Это очень напряженный и ответственный период для скаковых лошадей, в жизни их владельцев, тренеров и жокеев. Современная подготовка лошадей высокого скакового класса требует интенсивных режимов тренировки и предъявляет высокие требования к работе организма животного [7, 2, 4]. Хорошие результаты выступлений связаны с экстремальным функционированием всех систем жизнеобеспечения лошади. Адаптационные изменения, возникающие в процессе тренинга, повышают работоспособность и спортивный потенциал при одновременном возможном появлении функциональных нарушений. В результате перенапряжений, хронических микротравм и других деструктивных процессов может возникнуть изменение трофики и структуры отдельных тканей и органов, что создает условия для их повреждения и возникновения заболеваний [1]. Показатели крови являются важнейшей составляющей комплексной оценки состояния организма. Это чувствительный и тонкий индикатор, так как в большинстве случаев изменение морфологического и биохимического состава крови обусловлено изменением физиологической деятельности различных систем и органов [3, 7, 9, 10].

Чтобы иметь возможность грамотно составить режим и интенсивность тренировок и выступлений скаковой лошади, необходимо знать изменения в функционировании организма, возникающие в течение скакового сезона. Нами было выделено три периода: начало (май – первая половина июня), середина (вторая половина июня – август) и конец (сентябрь).

Цель работы состояла в том, чтобы выявить показатели крови, значения которых различаются в разные периоды скакового сезона.

Материал и методы исследования. В исследование было включено 77 образцов крови, полученных от чистокровных арабских лошадей старшего возраста, участвовавших в ипподромных испытаниях на Центральном Московском ипподроме в скаковых сезонах 2012-2014 гг. Все животные были клинически здоровы и допущены к участию. Забор крови осуществлялся на следующее утро после скачки, в 6 ч, до кормления, и немедленно отправлялся в лабораторию.

Лабораторные анализы были выполнены на базе лаборатории АРТВЕТ (г. Москва). Они включали в себя показатели общего анализа крови (ОАК) и ряд биохимических показателей сыворотки крови: гематокрит (HCT), концентрацию гемоглобина в цельной крови (HGB), средний объем эритроцита (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитарной массе (MCHC), абсолютное количество тромбоцитов (PLT), абсолютное количество лейкоцитов (WBC) и лейкоцитарную формулу; определение активности ферментов аспартатаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), щелочной фосфатазы (ЩФ); гамма-глутамил-трансферазы (ГГТ), а также концентрацию кальция (Ca), неорганического фосфора (P) и железа (Fe) в сыворотке крови. Показатели ОАК были определены с помощью

автоматического гематологического анализатора MINDRAY BC-2300. Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе URIT-8030.

Процедуры статистического анализа выполнялись с помощью статистических пакетов SAS9,4 и STATISTICA 10. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05.

Результаты исследования и его обсуждение. Были обнаружены различия ($p < 0,05$) между значениями ряда морфологических и биохимических показателей крови в разные периоды скакового сезона (табл. 1).

Зафиксировано, что максимальное количество эритроцитов было выше в конце сезона по сравнению с началом и серединой ($p = 0,0080$). Значения эритроцитарных индексов MCV, MCH и MCHC не различались в начале и середине сезона (рис. 1-3), но имели статистически значимо меньшее ($p < 0,05$) значение в сентябре.

В исследуемой группе животных количество тромбоцитов было выше ($p = 0,0057$) в конце сезона по сравнению с началом и серединой: 167,13 тыс/мл, 192,11 тыс/мл и 331,44 тыс/мл соответственно.

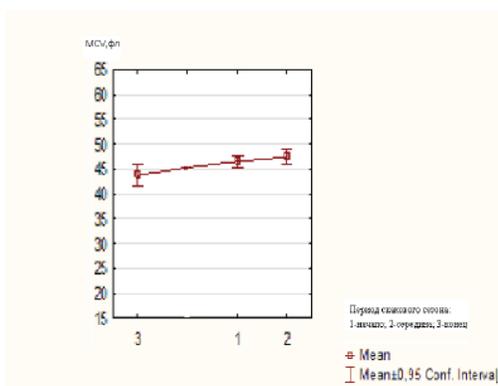


Рис. 1. Показатель MCV в разные периоды скакового сезона

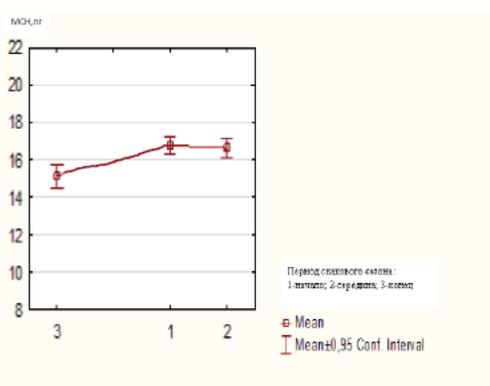


Рис. 2. Показатель MCH в разные периоды скакового сезона

В середине скакового сезона показатель WBC имел максимальное значение – $9,46 \pm 0,32$ тыс/мкл (рис. 4); при этом относительное количество сегментоядерных нейтрофилов было выше, чем в начале и конце сезона ($p = 0,0527$), а процентное количество лимфоцитов зафиксировано минимальное – $31,59 \pm 1,34\%$. Такая реакция может иметь место при большом количестве патологических процессов. Наиболее вероятной причиной повышения содержания нейтрофилов и понижения относительного количества лимфоцитов в данном случае является стрессовый лейкоцитоз, вызванный выходом кортизола под воздействием стрессовой ситуации. Этот гормон провоцирует нейтрофилию, лимфопению и эозинопению. Нейтрофилия возникает из-за мобилизации маргинального (пристеночного) пула и уменьшения возможности миграции этих клеток из крови в периферические ткани, а также за счет мобилизации резервов костного мозга. Лимфопения – результат сокращения выхода лимфоцитов из лимфоидной ткани [9].

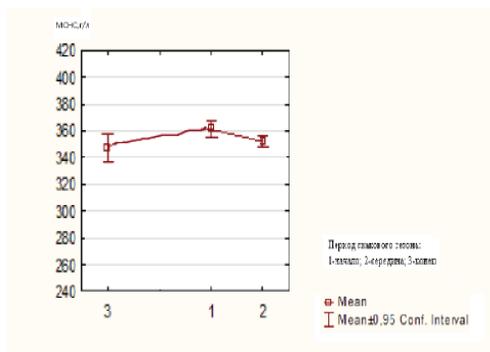


Рис. 3. Показатель МСНС в разные периоды скакового сезона

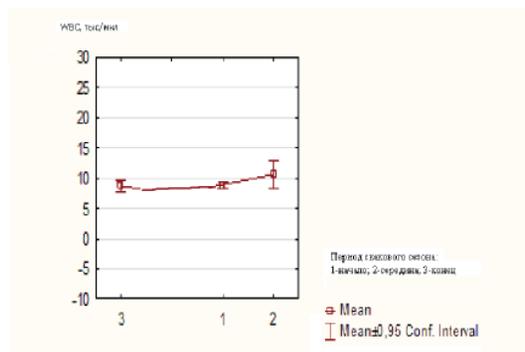


Рис. 2. Показатель МСН в разные периоды скакового сезона

Таблица

Сравнительная характеристика показателей крови у лошадей 4-х лет и старше в разные периоды скакового сезона

Показатель	M ± m			Уровни значимости «р»	
	начало скакового сезона n = 16	середина скакового сезона n = 45	конец скакового сезона n = 16	Критерий Краскела-Валлиса	Критерий Ван дер Вардена
RBC, млн/мкл	8,85 ± 0,19	8,85 ± 0,13	9,93 ± 0,39	0,0096	0,0080
MCV, фл	46,56 ± 0,53	46,78 ± 0,44	43,75 ± 1,05	0,0361	0,0152
MCH, пк	16,77 ± 0,20	16,41 ± 0,13	15,11 ± 0,29	0,0001	<0001
MCHC, г/л	361,06 ± 2,77	352,00 ± 2,03	347,50 ± 4,82	0,0016	0,0018
PLT, тыс/мкл	167,13 ± 39,79	192,11 ± 32,24	331,44 ± 82,15	0,0026	0,0057
WBC, тыс/мкл	8,91 ± 0,27	9,46 ± 0,32	8,71 ± 0,43	0,0123	0,0098
Neut, с/я, %	56,88 ± 2,82	62,15 ± 1,39	61,50 ± 1,99	0,0721	0,0527
Lym, %	37,25 ± 2,67	31,59 ± 1,34	33,69 ± 1,97	0,0592	0,0315
ЩФ, U/L	453,75 ± 17,82	508,35 ± 43,57	315,28 ± 15,65	0,0002	0,0011
ЛДГ, U/L	321,29 ± 59,25	535,40 ± 37,66	443,67 ± 34,25	0,0051	0,0049
Fe, мкмоль/л	31,27 ± 2,96	34,53 ± 1,90	21,38 ± 1,55	0,0002	0,0002

Биохимические маркеры в большей мере ориентированы на выявление механизмов нарушения или текущих сдвигов метаболизма отдельных тканей организма [2, 8, 9]. По данным ряда исследователей, такой экзогенный фактор, как предельная скоростная физическая нагрузка, является травмирующим и вызывает патологические изменения ультраструктуры костной и мышечной тканей [1, 3, 8, 10]. Самые высокие средние показатели активности ферментов сыворотки крови скаковых

арабских лошадей ЩФ и ЛДГ были в середине скакового сезона: $508,35 \pm 43,57$ U/L и $535,40 \pm 37,66$ U/L соответственно. Повышение активности может быть обусловлено рядом причин. При высокой интенсивности скаковой работы наиболее вероятным является увеличение синтеза ферментов как ответной реакции на воздействие высокой физической нагрузки и выход ферментов в кровь вследствие полного или частичного разрушения клетки.

Лактатдегидрогеназа – важный фермент углеводного обмена, который в отсутствии кислорода катализирует обратимую реакцию превращения пировиноградной кислоты в молочную. Повышение активности ЛДГ сыворотки крови при острой физической нагрузке используется как индикатор повреждения клеток скелетной мускулатуры. Клетки мышечной ткани из-за недостатка кислорода переходят на анаэробное дыхание, образуемая молочная кислота негативно влияет на структуру и работоспособность мышечной ткани. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что наибольшее напряжение скелетной мускулатуры приходится на середину скакового сезона.

В костной ткани на протяжении всей жизни протекают процессы разрушения старой кости и образования новой, что составляет цикл ремоделирования. Костное ремоделирование – цепь последовательных процессов, благодаря которым кость растет и обновляется [1]. Повышенная активность фермента ЩФ – основного фермента остеобластов – у скаковых лошадей отражает активный процесс адаптации костной ткани к предельной скоростной работе. Предполагают, что ЩФ участвует в формировании и минерализации остеоида костного матрикса. Физическая нагрузка является важнейшей детерминантой костной массы, которая возрастает при увеличении механической нагрузки и снижается при ее уменьшении. Костная ткань выполняет разнообразные функции в организме лошади, претерпевая в условиях напряженной мышечной деятельности значительные изменения. По данным исследователей, после умеренной нагрузки у молодых животных наблюдалось ускорение процессов созревания костной и хрящевой тканей. После более интенсивной и длительной нагрузки выявлено уплотнение и расширение кортикального слоя, обнаружены явления остеосклероза. Негативная выраженность данных изменений проявляется в болевых синдромах и травматичности [1].

Повышенная активность щелочной фосфатазы в середине скакового сезона говорит о высокой нагрузке на костную ткань, из-за чего в ней происходят адаптационные изменения. Это важно учитывать при разработке программ тренировок и выступлений скаковых лошадей.

Концентрация сывороточного железа в середине сезона достигала максимума – $34,53$ мкмоль/л (рис. 5). Отметим, что рекомендуемая исследующей лаборатория норма составляет $14,3-25,0$ мкмоль/л. Известно, что концентрация уровня железа

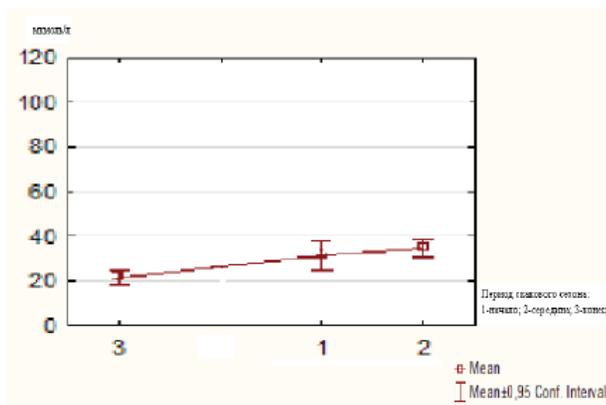


Рис. 5. Концентрация сывороточного железа в разные периоды скакового сезона

в сыворотке крови подвержена суточным колебаниям – максимальная в утренние часы. Показатель концентрации сывороточного железа является отражением содержания, в первую очередь – транспортного пула железа. Превышение нормальных значений может свидетельствовать об избыточном накоплении железа. Состояния избыточного накопления железа в организме, по своей природе, гетерогенны. Негативное влияние на организм может возникать вследствие накопления избыточного железа во внутренних органах и тканях, приводящего к тяжелым заболеваниям [3]. Все сказанное говорит о том, что владельцам и тренерам скаковых лошадей следует внимательно следить за количеством поступающего в организм лошади железа, особенно в составе различных подкормок, т.к. дефицит железа очень редко встречается у лошадей из-за высокого содержания в кормах.

Заключение

Количество эритроцитов и тромбоцитов увеличивается в конце скакового сезона, а значения эритроцитарных индексов (МСV, МСН и МСНС) уменьшаются.

В середине скакового сезона было зафиксировано максимальное количество лейкоцитов. В этот период процентное содержание сегментоядерных нейтрофилов было максимальным, а относительное количество лимфоцитов – минимальным.

В середине скакового сезона были самые высокие средние значения показателей активности ферментов ЩФ и ЛДГ, что говорит о напряженной работе и соответствующей функциональной перестройке мышечной и костной тканей. В этот же период была зафиксирована максимальная концентрация сывороточного железа.

Библиографический список

1. *Абрамова Т.Ф.* Остеопороз и физическая активность: Научно-методическое пособие / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова, Н.В. Студеникина, К.И. Никитина. М.: ООО «Скайпринт», 2013. 112 с.
2. *Алексеев М.Ю.* Биохимический контроль тренинга / М.Ю. Алексеев // Коневодство и конный спорт. 1977. № 7. С. 29-30.
3. *Дурманов Н.Д.* Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших достижений: Методические рекомендации для врачей клубов / Н.Д. Дурманов, А.С. Филимонов. М.: «КХЛ», 2010. 84 с.
4. *Ласков А.А.* Тренинг и испытания скаковых лошадей / А.А. Ласков, А.В. Афанасьев, О.А. Балакшин, Э.М. Пэрн; Под ред. А.А. Ласкова. М.: Колос, 1982. 222 с.
5. Официальный сайт международной ассоциации скачек арабских лошадей – IF-AHR // Режим доступа: <http://www.ifahr.net/about-ifahr.php>
6. Правила испытаний племенных лошадей верховых пород на ипподромах Российской Федерации: Офиц. текст. М., 2008. 64 с.
7. *Allen B.V.* Effects of training and time of day of blood sampling on the variation of some common haematological parameters in normal thoroughbred racehorses / B.V. Allen, D.G. Powell // Proceedings of the First International Conference on Equine Exercise Physiology. Oxford, 1982. P. 328-335.
8. *Judson G.J.* Biochemical changes in thoroughbred racehorses following submaximal and maximal exercise / G.J. Judson, H.C. Frauenfelder, G.J. Mooney // Proceedings of the First International Conference on Equine Exercise Physiology. Oxford, 1982. P. 408-415.
9. *Satue K.* Physiological Factors in the Interpretation of Equine Hematological Profile / K. Satue, A. Hernandez, A. Munoz // Hematology – Science and Practice. March, 2012. P. 573-596
10. *Snow D.H.* Post – race blood biochemistry in thoroughbreds / D.H. Snow, D.K. Mason, S.W. Ricketts, T.A. Douglas // Proceedings of the First International Conference on Equine Exercise Physiology. Oxford, 1982. P. 389-399.

HAEMATOLOGICAL PARAMETERS OF ARABIAN RACEHORSES IN DIFFERENT PERIODS OF HORSE RACING SEASON

A.A. IVANOV, V.KH. KHOTOV, L.V. PETRIKKEVA

Russian Timiryazev State Agrarian University

The influence of period of horse racing season on various hematological and serum biochemical parameters were studied among 4-year-old purebred Arabian horses and older. The horses were examined in Central Moscow Hippodrome in 2012-2014. There are three periods in horse racing season: the beginning of a period (May – the first half of June), the middle (the second half of June – August) and the ending (September). Significant differences ($p < 0.05$) were found. RBC indices: MCV, MCH, MCHC were significantly higher in the beginning and in the middle than in the ending, whereas absolute RBC count (RBC) was maximal in September. From May to August the absolute PLT count (PLT) did not change ($p > 0.05$) but increased ($p = 0.0057$) at the end of the racing season. Hematocrit (HCT) and blood hemoglobin concentration (HGB) remained unchanged. In the middle of the horse racing season absolute WBC count (WBC) was maximal ($p = 0.0098$), with maximal segmented neutrophils (Neut) $62.15 \pm 1.39\%$ and minimal lymphocytes (Lym) $31.59 \pm 1.34\%$. Monocytes (Mon), eosinophils (Eoz) and Basophils (Bas) did not change.

Biochemical parameters consist of serum activities of aspartate aminotransferase (AST), creatine phosphokinase (CK), lactic dehydrogenase (LDH), alkaline phosphatase (ALP), gamma glutamyltransferase (GGT) and serum concentration of calcium (Ca), inorganic phosphorus (P) and serum iron (Fe). Activities from the second half of June to August of LDH and ALP were maximal ($p < 0.05$) Another studied enzymes remained unchanged ($p > 0.05$). The concentration of Fe was maximal in the middle of season ($p = 0.0002$) 34.53 ± 1.90 $\mu\text{mol/l}$ but it is important that normal rate, recommended by laboratory, ranges from 14.3 to 25.00 $\mu\text{mol/l}$. Changes in the concentration of Ca and P in blood serum in different periods of the season are not found.

Key words: purebred arabian horses, horse racing, hematology and serum biochemistry parameters.

References

1. Abramova T.F. Osteoporoz i fizicheskaya aktivnost. Nauchno-metodicheskoe posobie / T.F. Abramova, T.M. Nikitina, N.I. Kochetkova, N.V. Studenkina, K.I. Nikitina. M.: OOO «Skyprint».
2. Alexeev M.Y. Biohimicheskiy kontrol treninga / M.Y. Alexeev // Konevodstvo i konniy sport. 1977. № 7. P. 29-30.
3. Durmanov N.D. Diagnostika i korrektsia narusheniy obmena zheleza v sporte vysshih dostizheniy. Metodicheskie rekomendatsii dlya vrachey klubov / N.D. Durmanov, A.S. Filimonov. M.: «KHL», 2010. 84 p.
4. Laskov A.A. Trening i ispytania skakovykh loshadey / A.A. Laskov, A.V. Afanasyev, O.A. Balakshin, E.M. Pern: Pod red. A.A. Laskova. M.: Kolos, 1982. 222 p.
5. Ofitsialniy sait internatsionalnoy assotsiatsii skachek arabskiikh loshadey – IFAHR // rezhim dostupa: <http://www.ifahr.net/about-ifahr.php>
6. Pravila ispytaniy plemennykh loshadey verkhovykh porod na ippodromah Rossiyskoy Federatsii: Ofitsialniy text. M., 2008. 64 p.
7. Allen B.V. Effects of training and time of day of blood sampling on the variation of some common hematological parameters in normal thoroughbred racehorses / B.V. Allen, D.G. Pow-

ell // Proceedings of the First International Conference on Equine Exercise Physiology. Oxford, 1982. P. 328-335.

8. *Judson G.J.* Biochemical changes in thoroughbred racehorses following submaximal and maximal exercise / G.J. Judson, H.C. Frauenfelder, G.J. Mooney // Proceedings of the First International Conference on Equine Exercise Physiology. Oxford, 1982. P. 408-415.

9. *Satue K.* Physiological Factors in the Interpretation of Equine Hematological Profile / K. Satue, A. Hernandez, A. Munoz // Hematology – Science and Practice. March, 2012. P. 573-596.

10. *Snow D.H.* Post – race blood biochemistry in thoroughbreds / D.H. Snow, D.K. Mason, S.W. Ricketts, T.A. Douglas // Proceedings of the First International Conference on Equine Exercise Physiology. Oxford, 1982. P. 389-399.

Иванов Алексей Алексеевич – д.б.н., проф., зав. кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-39-19; e-mail: ayvanov@timacad.ru

Хотов Владимир Хасанович – к.с.-х.н., профессор кафедры коневодства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-10-41; e-mail: ulreeka@gmail.com

Петрикеева Лидия Владимировна – аспирант кафедры коневодства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-10-41; e-mail: ulreeka@gmail.com

Ivanov Aleksey Alekseevich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Physiology, Ethology and Biochemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-39-19; e-mail: ayvanov@timacad.ru).

Khotov Vladimir Khasanovich – PhD (Agriculture), professor of the Faculty of horse breeding, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-10-41; e-mail: ulreeka@gmail.com).

Petrikeeva Lidiya Vladimirovna – candidate of the department of horse breeding, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 976-10-41; e-mail: ulreeka@gmail.com).

140 ЛЕТ КАФЕДРЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА РГАУ-МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА (1876-2016)

В истории науки есть имена, чьи значение и слава не зависят от времени, пространства, социального и государственного устройства.

На всём пути со дня основания Академия имела уникальную плеяду учёных. Их труды снискали славу российской науке и дали мощный толчок развитию мировой науки. К таким учёным с полным основанием относятся учёные кафедры растениеводства, одной из старейших в университете.

Растениеводство как учебная и научная дисциплина зародилось первоначально в составе кафедры земледелия. Первое десятилетие эта кафедра объединяла различные дисциплины, в том числе основы почвоведения, важнейшие разделы ботаники, основы общего и частного земледелия, а также зоотехнию. В 1876 г. по решению Совета академии из нее был выделен курс частного земледелия, получивший впоследствии название растениеводства.

Основоположник отечественного научного растениеводства, первый заведующий кафедрой растениеводства (частного земледелия) И.А. Стебут (1833-1923) был ведущей фигурой в творческом и самобытном развитии агрономической мысли в России. С его именем связаны все передовые течения в русском сельском хозяйстве на протяжении полувека. Развитие отечественной агрономии и сельскохозяйственного образования на протяжении всей второй половины XX в. во многом обусловлено деятельностью этого крупного учёного, автора более 200 научных трудов. Капитальный труд Стебута «Основы полевой культуры и меры её улучшения в России» справедливо считается классическим произведением, обогатившим научную литературу по растениеводству и способствовавшим дальнейшему развитию аграрной науки. В нём И.А. Стебут впервые собрал и обобщил обширный фактический материал по приемам возделывания полевых культур. Эта работа явилась учебным руководством, служившим делу воспитания многих поколений агрономов.

И.А. Стебут проработал в Петровской Академии около 30 лет, с первого дня её организации вплоть до последнего дня её существования и переименования в Московский сельскохозяйственный институт. «Никто не мог представить себе академию без Стебута и Стебута без академии», – писал его ученик, известный профессор И. Клинген. При Стебуте и его сподвижниках академия стала центром научной сельскохозяйственной мысли в России и открыла первый период в развитии отечественной агрономии.

Здесь сформировались научные школы, в которых создавали науку тысячи учеников. И.А. Стебут удачно объединил в одном лице три аспекта творчества: учёного, педагога и общественного деятеля. Он пригласил на свою кафедру молодого К.А. Тимирязева и способствовал его росту до уровня всемирно известного учёного физиолога растений. На кафедре И.А. Стебута сформировался как крупнейший учёный академик Д.Н. Прянишников. Основательную теоретическую и практическую подготовку под руководством И.А. Стебута прошёл В.Р. Вильямс.

И.А. Стебут был убеждённым сторонником производственного обучения. Он придавал огромное значение практическим занятиям в поле, дополнял обучение студентов организацией многочисленных экскурсий в лучшие хозяйства различных почвенно-климатических зон России. При Академии был создан сельскохозяйственный музей и организовано опытное поле. По убеждению И.А. Стебута, соединение высшей школы и опытных станций является «одним из условий успеха сельскохозяйственного образования». Примером этого в Академии является первая в России селекционная станция Д.Л. Рудзинского, льняная станция И.С. Шулова, фитопатологическая СИ. Ростовцева, станция по испытанию машин В.П. Горячкина, позднее преобразованная в Институт сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ), станция питания растений Д.Н. Прянишникова, на основе которой создан Институт удобрений и агропочвоведения (ВИУА) и др.

Методы педагогической работы и традиции кафедры растениеводства в подготовке высококвалифицированных кадров были сохранены и развиты преемниками И.А. Стебута. Многие идеи и предложения И.А. Стебута пережили его эпоху и сохраняют во всей полноте свое значение для современного сельского хозяйства – прежде всего необходимость дальнейшего углублённого изучения биологии сельскохозяйственных культур, физиологических основ современного научного полеводства.

Прямым продолжателем развития частного земледелия стал ученик И.А. Стебута и К.А. Тимирязева – Д.Н. Прянишников (1865-1948), классик русской агрономической науки, заведовавший кафедрой растениеводства с 1895 по 1929 г.

Д.Н. Прянишников поднял своими научными исследованиями проблемы большого народнохозяйственного значения: широкого использования биологического азота, дальнейшего развития травосеяния во всех почвенно-климатических зонах страны, создания крупной пшеничной базы в Нечерноземной зоне, внедрения в частное земледелие культуры пропашных растений и многое другое. В 1898 г. был издан его классический труд «Частное земледелие», в который включен материал по всем растениям полевой культуры, ставший незаменимым для практических работников в области сельского хозяйства. Этот стал дальнейшим развитием идей И.А. Стебута, более совершенным по группировке полевых растений и более отвечающий запросам современности. Учебник выдержал 8 изданий и стал незаменимым для практических работников сельского хозяйства. В нем дается теоретическое обоснование приемов возделывания сельскохозяйственных культур с учетом их биологических возможностей. Д.Н. Прянишников отмечал, что «задача частного земледелия состоит преимущественно в согласовании приемов культуры с особенностями в требованиях отдельных растений».

За полвека Д.Н. Прянишников своими трудами приумножил славу Академии и утвердил приоритет отечественной науки в решении многих взаимосвязанных проблем растениеводства, агрохимии, биохимии и физиологии растений. В своей научной работе он уделял наибольшее внимание вопросам биологии, и прежде всего – системе минерального питания. Он развил также затронутые И.А. Стебутом вопросы фосфорного питания растений. Необычайно велико и значение разработанных на кафедре основ применения фосфорной муки как удобрения и возделывания сидератов. Прянишников создал классическую школу отечественной агрохимии. Главным вопросом в теоретических исследованиях учёного стал азотный обмен у растений. В 1916 г. Д.Н. Прянишников сформулировал теорию азотного питания, ставшую классической, дал схему превращения азотсодержащих веществ в растениях.

В 1927 г. произошло разделение кафедры частного земледелия на две самостоятельные кафедры: растениеводства и агрохимии. До 1929 г. Д.Н. Прянишников

руководил обеими кафедрами, затем оставил за собой кафедру агрохимии, а кафедру растениеводства с 1932 по 1957 г. возглавлял академик И.В. Якушкин. В этот период в обучении студентов возросла роль лабораторно-практических, семинарских занятий и производственной практики. На кафедре увеличилось число преподавателей, научных сотрудников и аспирантов.

Академик И.В. Якушкин большое внимание уделял педагогической и научной работе. Он читал полный курс лекций по растениеводству, был опубликован его учебник под этим названием. Один из первых он приступил к разработке проблем растениеводства на новой научной основе. Возросшие к этому времени требования производства и повысившееся значение курса растениеводства в учебных планах высших сельскохозяйственных учебных заведений привели к необходимости расширить круг вопросов, подлежащих разработке. Большую помощь кафедре оказывала организованная при В.И. Якушкине опытная станция полеводства – главная экспериментальная база для изучения многих вопросов и место проведения научно-агрономической практики студентов. В течение длительного времени студенты отделения полеводства, выезжающие на практику в хозяйства Нечернозёмной зоны, принимали активное участие в пропаганде и внедрении в производство достижений науки и передового опыта.

Сохраняя традиции И.А. Стебута, И.В. Якушкин создал при кафедре консультационное бюро, которое давало много квалифицированных рекомендаций на запросы, поступающие из различных районов страны.

Итоги многолетней работы кафедры под руководством И.В. Якушкина нашли отражение в его учебнике по растениеводству. Сосредоточенный в нём обширный фактический материал научных достижений и производственного опыта широко использовался в качестве руководства для многочисленных работников сельского хозяйства в разных зонах страны.

С 1958 по 1967 г. кафедру растениеводства МСХА возглавлял Н.А. Майсuryян, член-корреспондент АН Армении, академик ВАСХНИЛ. С 1927 г., в течение двух лет Н.А. Майсuryян работал как исследователь под руководством академика Д.Н. Прянишникова, который заведовал кафедрой частного земледелия. Д.Н. Прянишников отмечал стремление к научному поиску и талант молодого исследователя и в 1929 г. пригласил его занять место ассистента кафедры частного земледелия. С этого времени до конца жизни вся дальнейшая деятельность Н.А. Майсuryяна связана с Московской сельскохозяйственной академией имени К.А. Тимирязева. Н.А. Майсuryян был талантливым учёным, теоретиком и экспериментатором. В 1931 г. был составлен определитель сорных растений по семенам и плодам, и Н.А. Майсuryян усовершенствовал метод сортирования семян полевых культур по удельному весу.

В 1937 г. был издан учебник «Растениеводство (лабораторные занятия)» – первое в отечественной литературе полное руководство по лабораторно-практическим занятиям по этому предмету. Этот труд (6 изданий), переведенный на многие языки, сделал имя автора известным всем, кто изучал эту дисциплину в любом из сельскохозяйственных вузов. Н.А. Майсuryян создал и начал читать курс методики преподавания растениеводства, используя свой оригинальный педагогический опыт. Его лекции отличались единством формы и содержания. Им был внесён ряд усовершенствований в методику преподавания.

Успешная работа на кафедре, близкое общение с Д.Н. Прянишниковым и его школой наложили отпечаток на всю последующую деятельность педагога и учёного. Важным этапом в ней являются исследования по зернобобовым культурам. Продолжая и разрабатывая далее наследие Д.Н. Прянишникова, Н.А. Майсuryян изучал проблему производства растительного белка. Наиболее углублённые исследования были проведе-

ны им по люпину и сое. Плодотворным оказалось научное направление, связанное с искусственным получением полиплоидов свеклы, их изучением, созданием новых форм, гибридов и сортов, обладающих гетерозисом. После ухода из жизни Н.А. Майсурына (1967) руководство этим направлением научной деятельности возглавил П.П. Вавилов.

В 1967-1973 гг. и 1985-1991 гг. кафедрой растениеводства руководил участник ВОВ академик, первый вице-президент ВАСХНИЛ и почётный президент РАСХН, Герой Социалистического Труда, заслуженный деятель науки, ректор МСХА И.С. Шатилов (1917-2007). Под его руководством были проведены плодотворные исследования по разработке научных основ программирования урожаев полевых культур в условиях крупного, промышленно развитого сельского хозяйства. На основе балансовых полевых опытов сотрудниками коллектива кафедры изучались потребности растений непосредственно в производственных условиях. «Знать и вовремя удовлетворять потребности растений – вот главная задача агронома», – часто повторял он слова К.А. Тимирязева.

На формирование мировоззрения И.С. Шатилова в его молодые годы влияла среда самой академии: постоянное общение с И.В. Якушкиным, который был его научным руководителем, контакты с такими учёными, как выдающиеся педагоги и практики И.С. Шулов, профессора кафедры растениеводства В.А. Харченко и В.Н. Степанов.

И.С. Шатиловым были выполнены оригинальные научные исследования с использованием меченых атомов. Был опубликован ряд его научных работ, посвященных биологическим и агротехническим основам полевого травосеяния. Этой проблеме были посвящены его кандидатская и докторская диссертации. Наибольшую известность ему принесла монография «Биологические основы полевого травосеяния в Центральных районах Нечернозёмной зоны» и цикл работ по программированию урожаев сельскохозяйственных культур.

И.С. Шатилов является основоположником нового направления сельскохозяйственной науки – теории программирования урожайности полевых культур и моделирования продукционного процесса. И.С. Шатилов – выдающийся учёный в области физиологии фотосинтеза и дыхания растений, агротехники сельскохозяйственных культур. Исследования по программированию урожаев были основаны на длительных балансовых полевых опытах и широком использовании современного электронного оборудования для сканирования параметров жизнеобеспечения живых растений. Опубликовано около 400 его работ, в том числе несколько монографий и учебников. В полевых условиях он вместе с сотрудниками проводил многолетние комплексные исследования с использованием лазерной и электронно-вычислительной техники. В балансовых опытах были установлены важные закономерности продукционного процесса полевых культур.

И.С. Шатилов умело сочетал новые научные тенденции с традициями научной школы. Он уделял особое внимание количественной теории фотосинтеза, разработкой которой занимались его ученики на разных культурах. В серии исследований изучались сопряжённое потребление элементов минерального питания и фотосинтетическая деятельность растений. Балансовые опыты в севообороте были заложены на экспериментальной базе учхоза «Михайловское» Московской области. Там велись круглосуточные наблюдения за газообменом, водообменом и другими параметрами. Была создана формула программирования урожайности, представлены математические модели минерального питания, фотосинтетической деятельности полевых культур и влагооборота растений в севооборотах интенсивного типа. Был организован инструментальный мониторинг продукционного процесса при непрерывной организации основных жизненных функций. Исследования велись на стыке ряда наук.

Результаты балансовых полевых опытов стали научной основой теории повышения продуктивности и экологической устойчивости агроландшафтных систем.

Под руководством И.С. Шатилова кафедра растениеводства МСХА систематически углубляла изучение биологических основ получения высоких и устойчивых урожаев. И.С. Шатилов создал научную школу, подготовив 12 докторов и 55 кандидатов наук.

И.С. Шатилов оставил о себе добрую память как учёный, педагог и воспитатель студенчества.

С 1973 по 1984 гг. кафедрой растениеводства МСХА руководил участник Великой Отечественной войны, ученик И.В. Якушкина – академик Петр Петрович Вавилов (1918-1984). Он работал президентом филиала АН СССР в Республике Коми, с 1971 г. был ректором Тимирязевской академии, президентом ВАСХНИЛ (1978-1983), почётным доктором и академиком ряда зарубежных стран. Он обладал выдающимися способностями организатора научных исследований.

П.П. Вавилов приложил максимум усилий к созданию прочной материально-производственной базы учебного процесса на кафедре растениеводства и в целом по Академии, в приобретении современных приборов и оборудования, в совершенствовании учебных пособий, расширении библиотечного фонда, установлении контактов с центральными научными учреждениями и крупными учёными. При нём были начаты радиоэкологические исследования в области радиационной генетики и биогеоценологии в контакте с Н.В. Тимофеевым-Ресовским, работы по интродукции кормовых культур южного происхождения.

П.П. Вавиловым подготовлено более 70 кандидатов и 12 докторов наук, опубликовано свыше 300 его научных работ. При нём академия превратилась в крупный учебно-научный центр и получила статус ведущего сельскохозяйственного вуза страны.

Помимо выдающихся учёных и педагогов, руководивших кафедрой, отметим также тех, кто уже окончил свой жизненный путь. Это заслуженные учёные, профессора кафедры растениеводства И.С. Шулов, В.А. Харченко, М.М. Лапин, В.Н. Доброхотов, Г.В. Устименко, В.И. Лукьянюк, В.Н. Степанов, И.Ф. Копыл, Л.Н. Балышев, В.В. Гриценко, Г.С. Посыпанов, В.И. Филатов, Н.С. Архангельский, доценты А.Г. Циклаури, А.Ф. Шемякин, М.А. Каргузов, С.И. Бебин, В.С. Кузнецов, П.А. Черномаз, Л.Н. Филимонова, Ф.М. Перекальский, Е.А. Зыкова, Н.С. Бацанов, А.К. Синева, М.Г. Обьедков, А.А. Кондратьев, Т.Н. Тришкина, С.С. Буко, лаборанты К.Е. Насонова и Н.Н. Худякова.

Период с 1991 по 2015 гг. был очень сложным в деятельности всех сельскохозяйственных вузов страны. Ликвидация СССР и сложившейся системы образования, фактическая ликвидация учхозов как основы практического обучения студентов, переход на 2-уровневую систему обучения и в связи с этим – необходимость реорганизации учебного процесса, создания новых учебных планов, программ; усилившиеся требования получения «прибыли» от научной деятельности, чрезмерное увеличение педагогической нагрузки при низкой заработной плате во многом определили отток молодых педагогических и научных кадров из вузов. Но на кафедре растениеводства продолжалась интенсивная научно-исследовательская работа, были подготовлены молодые научные и педагогические кадры. Заведующие кафедрой растениеводства в эти годы (профессор А.Н. Постников, доцент П.Д. Бугаев, профессор Н.Н. Лазарев) справлялись с возросшими, часто непреодолимыми трудностями, подерживая научный и педагогический уровень коллектива кафедры.

Интеграция научного поиска и учебно-педагогического процесса всегда была традицией кафедры растениеводства.

В настоящее время кафедрой руководит академик РАН В.М. Лукомец. Здесь работают и активно ведут исследования профессора А.Н. Постников, Г.Г. Гагаулина, В.Е. Долгодворов, Р.И. Словцов, В.А. Шевченко, доценты П.Д. Бугаев, Л.А. Буханова, А.В. Корниенко, Н.А. Заренкова, В.Н. Мельников, А.Ф. Шаров, А.В. Шитикова, О.В. Кухаренкова, О.А. Щуклина, М.Е. Бельшикина, С.С. Никитина, Н.Г. Тазина, А.Б. Бусурманкулов по таким направлениям, как:

- теория и практика получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в центральных районах Нечернозёмной зоны;

- прогрессивные технологические процессы производства продукции полевых культур;

- пути регуляции онтогенеза и продукционного процесса полевых культур при интенсивных технологиях возделывания;

- прогрессивные методы селекции и семеноводства полевых культур, создание высокопродуктивных сортов и гибридов;

- использование биологических методов повышения урожайности полевых культур.

Успешное функционирование учебного процесса обеспечивают высококвалифицированные инженеры, которые в течение длительного времени работают на кафедре. Это Л.И. Деремед, Н.В. Голиницкая, Е.М. Куренкова, старший лаборант Е.В. Зольникова.

Кафедра является ответственной за подготовку:

– бакалавров по направлению «Агрономия», профиль «Агробизнес»;

– магистров по направлению «Агрономия» по двум программам («Технология производства продукции растениеводства» и «Управление агробизнесом в растениеводстве»);

– аспирантов по направлению 35.06.01 «Сельское хозяйство» по научным специальностям 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство, 06.01.06 – луговое хозяйство и лекарственные, эфиромасличные культуры.

На кафедре успешно продолжают заложенные традиции по практическому внедрению достижений, по консультативной, научно-исследовательской и учебно-методической работе. Сотрудники кафедры, обладая современными научными знаниями, опытом и большим творческим потенциалом, продолжают активные поиски решения актуальных проблем растениеводства – теории высоких и устойчивых урожаев.

В.М. Лукомец,

д.с.-х.н., академик РАН,

ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Г.Г. Гагаулина,

д.с.-х.н., профессор кафедры растениеводства

и луговых экосистем

Н.Н. Лазарев,

д.с.-х.н., профессор кафедры растениеводства

и луговых экосистем

А.В. Шитикова,

к.с.-х.н., доцент кафедры растениеводства

и луговых экосистем

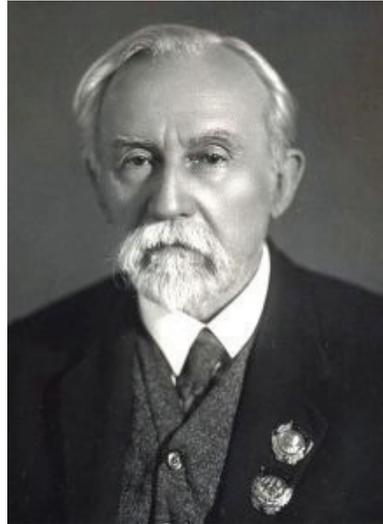
М.Е. Бельшикина,

к.с.-х.н., доцент кафедры растениеводства

и луговых экосистем



**Иван Александрович СТЕБУТ
(1833-1923) –**
основоположник кафедры
растениеводства



**Дмитрий Николаевич ПРЯНИШНИКОВ
(1865-1948) –**
классик русской агрономической науки,
ученик И.А. Стебута и К.А. Тимирязева.
С 1895 по 1929 гг. заведовал кафедрой
растениеводства



**Иван Вячеславович ЯКУШКИН
(1885-1960)**
возглавлял кафедру растениеводства
с 1932 по 1957 гг.



**Николай Александрович МАЙСУРЯН
(1896-1967) –**
член-корреспондент АН Армении,
академик ВАСХНИЛ.
Возглавлял кафедру растениеводства
с 1958 по 1967 гг.



Иван Семенович Шатилов
руководил кафедрой
с 1967 по 1973 гг., с 1985 по 1991 гг.



Пётр Петрович ВАВИЛОВ (1818-1984) –
академик, член-корреспондент АН СССР,
президент ВАСХНИЛ.
Возглавлял кафедру растениеводства
с 1973 по 1984 гг.

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

- Раскатов В.А., Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Писарева А.В.* Экологическое состояние почвенного покрова городских ландшафтов различного функционального использования (на примере г. Москвы) 5

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

- Михловски М., Раджабов А.К., Хафизова А.* Новые перспективные технические гибридные формы селекции Винселект Михловски для биологического виноградарства 19

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Шейх Гохарризи Бейг М.А., Киселева А.В., Хрусталева Л.И.* Скрининг ВАС-библиотеки лука батуна (*Allium fistulosum* L.) на прицентромерный повтор с помощью ДНК-зонда и Fish-анализа 29

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Лазарев Н.Н., Пятинский Д.В.* Продуктивное долголетие новых сортов люцерны (*Medicago sativa* L.) при интенсивном скашивании 39
- Попов С.Я., Пономаренко Е.К.* Прогностическая оценка сортов земляники на устойчивость (восприимчивость) к паутинному клещу 55
- Приходько Е.С., Селицкая О.В., Смирнов А.Н.* Влияние фунгицидов и культуральной жидкости ризобактерии *Klebsiella planticola* на развитие фитопатогена *alternaria alternata* на картофеле 68

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

- Кидов А.А., Коврина Е.Г., Тимошина А.Л., Матушкина К.А.* Паразито-хозяйственные отношения иксодового клеща (*Ixodes ricinus* L.) и терской ящерицы (*Lacerta boemica* S.) в северной Осетии 81

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- Бредихин С.А. Бредихин А.С., Червецов В.В.* Кристаллизация лактозы молочной сыворотки в потоке 91
- Родионов Г.В., Белоухов С.Л., Хоружева О.Г., Бадуанова С.Д., Пронина Е.В.* Влияние электромагнитного излучения и электрохимически активированной воды на качество молока и мечниковской простокваши 99

ЭКОНОМИКА

- Кошелев В.М., Нургалиев Т.И.* Оценка рисков проектов по производству биогаза в России 108

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Иванов А.А., Хотов В.Х., Петрикеева Л.В.* Показатели крови лошадей чистокровной арабской породы в разные периоды скакового сезона 119

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

- 140 лет кафедре растениеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (1876-2016) 127

CONTENTS

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE AND ECOLOGY

- Raskatov V.A., Stepanova L.P., Yakovleva E.V., Pisareva A.V.* Ecological condition of soil covers in the urban landscape of various functional uses (by the example of Moscow) 5

BOTANY AND POMICULTURE

- Michlovski M., Radzhabov A.K., Khaifzova A.* New promising technical hybrid forms of grape selection for the biological viticulture by Vinselekt Michlovsky 19

GENETICS, SELECTION AND SEED BREEDING, BIOTECHNOLOGY

- Sheikh Beig Goharrizim M.A., Kiseleva A.V., Khrustaleva L.I.* Searching for bac clones containing pericentromeric repeats of bunching onion (*Allium fistulosum* L.) using pcr and fish analysis 29

SOIL MANAGEMENT, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

- Lazarev N.N., Pyatinskly D.V.* Productive longevity OF NEW ALFALFA VARIETIES (*Medicago sativa* L.) under intensive cutting 39
- Popov S.Ya., Ponomarenko E.K.* Prognostic estimation of strawberry varieties for resistance (susceptibility) to strawberry spider mite 55
- Prikhodko E.S., Selitskaya O.V., Smirnov A.N.* Influence of fungicides and culture liquid of rhizobacterium *Klebsiella planticola* on the development of phytopathogene *alternaria alternata* on potatoes 68

ANIMAL HUSBANDRY, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

- Kidov A.A., Kovrina E.G., Timoshina A.L., Matushkina K.A.* Parasite-host relationship of a common ixodid tick (*Ixodes ricinus* Linnaeus) and a terek lizard (*Lacerta boemica* Suchow) in north Ossetia 81

STORAGE AND PROCESSING TECHNOLOGY OF AGRICULTURAL PRODUCTION

- Bredikhin S.A., Bredikhin A.S., Chervetsov V.V.* Whey lactose crystallization in the stream 91
- Rodionov G.V., Belopukhov S.L., Khoruzheva O.G., Baduanova S.D., Pronina E.P.* Influence of electromagnetic radiation and electrochemically activated water on the quality of milk and curdled milk 99

ECONOMICS

- Koshelev V.M., NUrGaliev T.I.* Risks assesment of biogas projects in Russia 108

REPORTS

- Ivanov A.A., Khotov V.Kh., Petrikeeva L.V.* Haematological parameters of arabian racehorses in different periods of horse racing season 119

OUR CONGRATULATIONS

- To the 140-th anniversary of Plant Growing Department of RTSAU-MAA named after K.A. Timiryazev 127