



# Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2020 Том 15 № 2

DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-2

agrojournal.rudn.ru

Научный журнал  
Издается с 2006 г.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77–61171 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

## Главный редактор

**Плющиков В.Г.**, д-р с.-х. наук, профессор, директор АТИ РУДН, Москва, Российская Федерация  
E-mail: pliushchikov-vg@rudn.ru

## Заместитель главного редактора

**Докукин П.А.**, канд. техн. наук, доцент Агроинженерного департамента АТИ РУДН, Москва, Российская Федерация  
E-mail: dokukin-pa@rudn.ru

## Ответственный секретарь

**Терехин А.А.**, канд. с.-х. наук, доцент АТИ РУДН, Москва, Российская Федерация  
E-mail: terekhin-aa@rudn.ru

## Члены редакционной коллегии

**Аббоуд-Аби Сааб М.**, д-р филос. (биология), ведущий научный сотрудник, Национальный центр исследований морской фауны Ливана, Бейрут, Ливан

**Акимов В.А.**, д-р тех. наук, проф., главный научный сотрудник, ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, Москва, РФ

**Алтишулер А.М.**, д-р мед. и общ. наук, проф., Научно-исследовательский институт по чрезвычайным ситуациям, Израиль

**Аун Жорж Э.**, профессор, Государственный университет Ливана, Бейрут, Ливан

**Ашайеризаде О.**, PhD, доцент, Горганский университет сельскохозяйственных наук и природных ресурсов, Горган, Иран

**Бабински Л.**, PhD, проф., Дебреценский университет, Дебрецен, Венгрия

**Балестра Д.М.**, д-р филос. (биология), проф., ведущий научный сотрудник, Университет Тушии, Италия

**Бородычев В.В.**, д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, Волгоградский филиал ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, Волгоград, РФ

**Валентини Р.**, д-р биол. наук, проф., Университет Тушии, Витербо, Италия

**Ватников Ю.А.**, д-р вет. наук, проф., РУДН, Москва, РФ

**Гитас И.**, PhD, проф., Университет Аристотеля г. Салоники, Греция

**Донник И.М.**, академик РАН, вице-президент РАН, Москва, РФ

**Дубенко Н.Н.**, д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ

**Еланский С.Н.**, д-р биол. наук, проф., МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, РФ

**Зволинский В.П.**, д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, директор, Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, п. Соленое Займище, Астраханская обл., РФ

**Игнатов А.Н.**, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник, НЦ «Биоинженерия» РАН, Москва, РФ

**Карвальо П.А.**, PhD, проф., Университет Бразилиа, Бразилиа

**Ковеос Д.**, PhD, проф., декан факультета сельского хозяйства и природных ресурсов, Университет Аристотеля г. Салоники, Греция

**Комитов Б.**, PhD, проф., Институт астрономии Болгарской академии наук, София, Болгария

**Кузнецов Вл.В.**, д-р биол. наук, проф., чл.-кор. РАН, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ

**Левин Е.А.**, канд. техн. наук, доц., Мичиганский технологический университет, Мичиган-Сити, США

**Мадзалья А.**, д-р филос. (биология), проф., научный сотрудник, Университет Тушии, Италия

**Медавэр С.**, проф., декан сельскохозяйственного факультета, Ливанский государственный университет, Бейрут, Ливан

**Новиков А.Е.**, д-р техн. наук, проф., Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, РФ

**Овчинников А.С.**, д-р с.-х. наук, профессор, чл.-кор. РАН, Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, РФ

**Савин И.Ю.**, д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, РФ

**Статакис Д.**, PhD, проф., департамент планирования и регионального развития, Университет Фессалии, Волос, Греция

**Сычёв В.Г.**, д-р с.-х. наук, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, Москва, РФ

**Уша Б.В.**, д-р вет. наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАН, Институт ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Московский государственный университет пищевых производств, Москва, РФ

**Чамурлиев Г.О.**, зам. отв. секретаря редколлегии, канд. с.-х. наук, РУДН, Москва, РФ

**Шаад Н.В.**, д-р филос. (биология), проф., ведущий бактериолог, Министерство сельского хозяйства США, Вашингтон, США

**Вестник Российского университета дружбы народов.  
Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО**

ISSN 2312–7988 (online); 2312–797X (print)

4 выпуска в год.

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: [agroj@rudn.ru](mailto:agroj@rudn.ru)

Языки: русский, английский.

Индексируется в РИНЦ (НЭБ), RSCI, Cyberleninka, DOAJ, CABI, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

**Цели и тематика.** Журнал *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство* (*Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство*) — периодическое рецензируемое научное издание в области сельского хозяйства. Журнал является международным как по составу авторов и тематике публикаций, отражающей проблематику научных исследования в различных регионах мира, так и по составу редакционной коллегии и экспертного совета (рецензентов). Журнал предназначен для публикаций результатов фундаментальных и прикладных научных исследований российских и зарубежных ученых в виде оригинальных научных статей, обзорных научных материалов, научных сообщений, библиографических обзоров по определенным темам научных исследований. Также журнал публикует и распространяет результаты фундаментальных и прикладных исследований, проводимых в коллаборации отечественных и зарубежных ученых по приоритетным проблемам сельскохозяйственной отрасли. В журнале могут быть опубликованы материалы, научная ценность которых и пригодность для публикации оценена рецензентами и редакционной коллегией журнала. Во всех материалах должны соблюдаться этические нормы научных публикаций.

Редакционная коллегия принимает к рассмотрению материалы по направлениям: агрономия, животноводство, ветеринария, зоотехния, ветеринарно-санитарная экспертиза, техносферная безопасность, землеустройство и кадастры, ландшафтная архитектура — для подготовки тематических выпусков с участием приглашенных редакторов.

Журнал рекомендован диссертационными советами РУДН; входит в перечень изданий, публикации которых учитываются Высшей аттестационной комиссией России (ВАК РФ) при защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям: 03.02.01 Ботаника, 03.02.13 Почвоведение, 06.01.01 Общее земледелие растениеводство, 06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель, 06.01.04 Агрохимия, 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений, 06.01.06 Луговоеводство и лекарственные эфирномасличные культуры, 06.01.07 Защита растений, 06.01.09 Овощеводство, 06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки), 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология (ветеринарные науки), 06.02.04 Ветеринарная хирургия (ветеринарные науки), 06.02.07 Разведение селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные науки), 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки).

Требования к статьям и правила рецензирования, электронный архив в открытом доступе и иная дополнительная информация размещены на сайте журнала: <http://agrojournal.rudn.ru>.

---

Редакторы: О.В. Горячева, М.И. Яблонская  
Компьютерная верстка: М.В. Рогова

**Адрес редакции:**

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3  
Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)

**Почтовый адрес редакции**

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2  
Тел.: (495) 434-70-07; e-mail: [agroj@rudn.ru](mailto:agroj@rudn.ru)

Подписано в печать 10.06.2020. Выход в свет 16.06.2020. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Tinos, Roboto».  
Усл. печ. л. 31,62. Тираж 500 экз. Заказ № 456. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов» (РУДН)  
117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 6  
Отпечатано в типографии ИПК РУДН  
115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3,  
тел. (495) 952-04-41; [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)



# RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2020 VOLUME 15 No. 2  
DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-2  
agrojournal.rudn.ru  
Founded in 2006

**Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA**

## EDITOR-IN-CHIEF

*Prof. Dr V.G. Plyushchikov*  
RUDN University, Moscow, Russian  
Federation  
**E-mail:** pliuschchikov-vg@rudn.ru

## DEPUTY CHIEF EDITOR

*Dr P.A. Dokukin*  
RUDN University, Moscow, Russian  
Federation  
**E-mail:** dokukin-pa@rudn.ru

## EXECUTIVE SECRETARY

*Dr A.A. Terekhin*  
RUDN University, Moscow, Russian  
Federation  
**E-mail:** terekhin-aa@rudn.ru

## EDITORIAL BOARD

- Marie Abboud-Abi Saab**, Dr of Philosophy (Biology), Leading Researcher, National Centre of Sea Animals Research of Lebanon, Beirut, Lebanon
- Valeriy A. Akimov**, Professor, Dr of Technical Sciences, Chief Researcher, All-Russian Institute for Research of Civil Defense and Emergencies Situations of the Emergencies Ministry of Russia, Moscow, Russian Federation
- Aleksandr M. Altshuler**, Dr of Medical and Social Sciences, Professor, Emergency Research Institute, Israel
- Georges Emilo Aoun**, Professor, Lebanese University, Beirut, Lebanon
- Omid Ashayerizadeh**, PhD, Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran
- Laszlo Babinszky**, PhD, Professor, University of Debrecen, Debrecen, Hungary
- Giorgio M. Balestra**, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), Leading Researcher, University of Tuscia, Viterbo, Italy
- Viktor V. Borodychev**, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd Branch of Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Volgograd, Russian Federation
- Georgiy O. Chamurliiev**, Deputy Executive Secretary, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Agricultural Engineering Department, Agrarian Technological Institute, RUDN University, Moscow, Russian Federation
- Paulo A. Carvalho**, PhD, Professor, University of Brasilia, Brazil
- Irina M. Donnik**, Academician of RAS, Vice-president of RAS, Moscow, Russian Federation
- Nikolay N. Dubenok**, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy of Timiryazev, Moscow, Russian Federation
- Sergey N. Elanskiy**, Professor, Dr Biology science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
- Ioannis Gitas**, PhD, Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- Aleksandr N. Ignatov**, Professor, Dr of Biological Sciences, Leading Researcher, Research Centre "Bioengineering", RAS, Moscow, Russian Federation
- Dimitris Koveos**, Professor, PhD, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- Boris Komitov**, PhD, Professor, Institute of Astronomy of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
- Vladimir V. Kuznetsov**, Professor, Dr of Biological Sciences, Corresponding Member of RAS, Timiryazev Institute of Plant Physiology, Moscow, Russian Federation
- Eugene A. Levin**, Associate professor, PhD in Photogrammetry, Michigan Technological University, United States
- Angelo Mazzaglia**, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), Researcher, University of Tuscia, Viterbo, Italy
- Samir Medawar**, Professor, dean of the Agricultural Faculty, Lebanese University, Beirut, Lebanon
- Andrey E. Novikov**, Dr of Technical Sciences, Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Production, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation
- Aleksey S. Ovchinnikov**, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the RAS, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation
- Igor Y. Savin**, Professor, Dr of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the RAS, Soil Institute of V.V. Dokuchaev, Moscow, Russian Federation
- Viktor G. Sychev**, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the RAS, director, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry RAS, Moscow, Russian Federation
- Norman V. Schaad**, Professor, PhD, Dr of Philosophy (Biology), USA Ministry of Agriculture, Washington, United States
- Dimitris Stathakis**, Professor, PhD, University of Thessaly, Volos city, Greece
- Boris V. Usha**, Honoured Scientist of Russia, Academician of RAS, Dr of Veterinary Sciences, Professor, Institute of Veterinary Expertise, Sanitary and Ecology, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation
- Ricardo Valentini**, Professor, Dr of Biological Sciences, Tuscia University, Italy
- Yuriy A. Vatinikov**, Professor, Dr of Veterinary Sciences, Veterinary Medicine of ATI, RUDN University, Moscow, Russian Federation
- Vyacheslav P. Zvolinskiy**, Dr of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the RAS, director, Caspian Research Institute of Arid Agriculture, Solenoye Zajmishche city, Russian Federation

# RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

Published by the RUDN University  
(Peoples' Friendship University of Russia),  
Moscow, Russian Federation

ISSN 2312–7988 (online); 2312–797X (print)

Publication frequency: 4 issues per year

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: [agroj@rudn.ru](mailto:agroj@rudn.ru)

Languages: Russian, English

Indexed/abstracted by Russian Index of Science Citation, RSCI, Cyberleninka, DOAJ, CABI, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

## Aims and Scope

*RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries* is a peer-reviewed periodical covering the latest research in the field of Agricultural Sciences. The journal is international with regard to its editorial board, contributing authors and thematic foci of the publications reflecting problems of various regions in the world.

The journal publishes original results of Russian and foreign scientific researchers and welcomes research articles, review articles, scientific reports, and bibliographic researches. The journal also publishes and disseminates the results of fundamental and applied research conducted by international collaborations of scientists on the priority problems of the agricultural sector.

The most common topics include Agronomy, Animal industries, Veterinary, Veterinary-sanitary expertise, Land use planning and cadaster, Landscape architecture.

The editors are open to thematic issue initiatives with guest editors. Submitted papers are evaluated by independent reviewers and the Editorial Board members specialized in the article field. All materials must comply with the ethical standards of scientific publications.

In order to expand our readership, we present our journal at scientific conferences, including the annual international conference "Innovation Processes in Agriculture", which is traditionally held at the base of the Agrarian Technological Institute of RUDN University. Each year the conference attracts many agrarian specialists from different parts of the world and continents: Europe, Asia, Africa, North and South America.

Full information for authors, reviewers, and readers (open access to electronic versions and subscription to print editions) can be found at <http://agrojournal.rudn.ru>.

---

Editors *O.V. Goryacheva, M.I. Yablonskaya*  
Computer design *M.V. Rogova*

### Address of the Editorial Board:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation  
Ph. +7 (495) 952-04-41  
e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)

### Postal Address of the Editorial Board:

8/2 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russian Federation  
Ph. +7 (495) 434-70-07; e-mail: [agroj@rudn.ru](mailto:agroj@rudn.ru)

Printing run 500 copies. Open price

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)  
6 Miklukho-Maklaya str., 117198 Moscow, Russian Federation

### Printed at RUDN Publishing House:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation,  
Ph. +7 (495) 952-04-41; e-mail: [publishing@rudn.ru](mailto:publishing@rudn.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

### Растениеводство

**Rebouh N.Y., Polityko P.M., Kapranov V.N., Fedorischev V.N., Garmasch N.J., Atmachian G.P.** Impact of cultivation technologies on yield and grain quality of winter wheat *Triticum aestivum* L. in Moscow region (Влияние трех технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. в условиях Московского региона)..... 113

**Бисчоков Р.М.** Анализ, моделирование и прогноз урожайности сельскохозяйственных культур для Кабардино-Балкарской Республики с использованием аппарата нечеткой логики..... 123

### Защита растений

**Naserzadeh Y., Pakina E.N., Nafchi A.M., Gadzhikurbanov A.Sh.** Specific Identification Method based on PCR for *Drosophila melanogaster* (Идентификация *Drosophila melanogaster* методом полимеразной цепной реакции)..... 134

**Stathas G.J., Kostriwa A., Skouras P.J., Kontodimas D.C., Karipidis C.F.** Data on biology and ecology of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) on fruit trees in the Peloponnese (Особенности биологии и экологии *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae), поражающей плодовые деревья на Пелопоннесе)..... 142

**Mahmoudi N., Nejad D.K., Shayanmehr F.** A new primer set for amplification of ITS-rDNA in *Ditylenchus destructor* (Новый набор праймеров для специфичной амплификации ITS-локусов рДНК *Ditylenchus destructor*)..... 150

### Почвоведение и агрохимия

**Бокатуро Н.Н., Справцев А.А., Асташина А.А., Поцепай С.Н., Шаповалов В.Ф.** Эффективность комплекса защитных мероприятий при возделывании многолетних трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах..... 159

**Мезникова М.В., Борисенко И.Б., Чамурлиев О.Г., Чамурлиев Г.О., Идрисова Л.С.** Снижение поражения сельскохозяйственных растений как способ защиты биосферы от загрязнения химически опасными воздействиями..... 173

**Солдат И.Е.** Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия..... 182

### **Агротехнологии и мелиорация земель**

- Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V.** Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia (Особенности влагопотребления саженцев сливы при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья)..... 191

### **Ветеринария**

- Галиакбарова А.А., Пирожков М.К.** Выявление связи между иммуногенной и антигенной активностью вакцины против колибактериоза животных.... 200

### **Ветеринарно-санитарная экспертиза**

- Серегин И.Г., Баранович Е.С., Никитченко В.Е., Никитченко Д.В., Рысцова Е.О.** Ветеринарно-санитарная характеристика мяса крупного рогатого скота при саркоцистозе..... 210

## CONTENTS

### Crop production

- Rebouh N.Y., Polityko P.M., Kapranov V.N., Fedorischev V.N., Garmasch N.J., Atmachian G.P.** Impact of cultivation technologies on yield and grain quality of winter wheat *Triticum aestivum* L. in Moscow region..... 113
- Bischokov R.M.** Fuzzy logic device for crop analysing, modeling and forecasting in the Kabardino-Balkarian Republic..... 123

### Plant protection

- Naserzadeh Y., Pakina E.N., Nafchi A.M., Gadzhikurbanov A.Sh.** Specific Identification Method based on PCR for *Drosophila melanogaster*..... 134
- Stathas G.J., Kostriva A., Skouras P.J., Kontodimas D.C., Karipidis C.F.** Data on biology and ecology of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) on fruit trees in the Peloponnese..... 142
- Mahmoudi N., Nejad D.K., Shayanmehr F.** A new primer set for amplification of ITS-rDNA in *Ditylenchus destructor*..... 150

### Soil science and agrochemistry

- Bokaturu N.N., Spravtsev A.A., Astashina A.A., Potsepai S.N., Shapovalov V.F.** Efficiency of complex protective measures in cultivating perennial grasses in radioactively contaminated floodplain meadows..... 159
- Meznikova M.V., Borisenko I.B., Chamurliev O.G., Chamurliev G.O., Idrisova L.S.** Reducing plant damage as a way to protect the biosphere from pollution by chemically hazardous effects..... 173
- Soldat I.E.** Reducing the negative impact of soil erosion in the Belgorod region through adaptive landscape farming system..... 182

## **Agricultural technologies and land reclamation**

**Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V.** Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia..... 191

## **Veterinary science**

**Galiakbarova A.A., Pirozhkov M.K.** Relationship between immunogenic and antigenic activity of the vaccine against colibacteriosis of animals..... 200

## **Veterinary sanitary inspection**

**Seregin I.G., Baranovich E.S., Nikitchenko V.E., Nikitchenko D.V., Rystsova E.O.** Veterinary and sanitary characteristics of sarcocystosis infected cattle meat..... 210



## Растениеводство Crop production

DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-113-122  
UDC 633.111.1(470.311)

Research article / Научная статья

### Impact of cultivation technologies on yield and grain quality of winter wheat *Triticum aestivum* L. in Moscow region

Nazih Y. Rebouh<sup>1\*</sup>, Petr M. Polityko<sup>2</sup>, Vladimir N. Kapranov<sup>2</sup>,  
Viktor N. Fedorischev<sup>2</sup>, Nina J. Garmasch<sup>2</sup>, Gaik P. Atmachian<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Nemchinovka Federal Research Center, Moscow region, Russian Federation

\*Corresponding author: [n.rebouh@outlook.fr](mailto:n.rebouh@outlook.fr)

**Abstract.** The current study is aimed at evaluating the reaction of winter wheat varieties according to cultivation technologies at a different level of intensity i.e. basic, intensive and high intensive. The cultivation technologies included fertilizers, pesticides and growth regulators at different combinations and concentrations. The experiment was established in order to determine the optimum conditions of winter wheat cultivation. Three winter wheat varieties were studied: Moskovskaya 40 (V1), Nemchinovskaya 17 (V2) and Nemchinovskaya 85 (V3). Yield performances and grain quality (measured through protein and gluten content) were determined according to the tested cultivation technologies. The results showed that the cultivation technology affected grain wheat productivity and quality on all varieties studied, since the highest yields were obtained using high intensive cultivation technology for all varieties studied, Moskovskaya 40 — 9.65 t/h, Nemchinovskaya 17 — 8.58 t/h and Nemchinovskaya 85 — 9.87 t/h. However, according to the basic technology, the yield was lower by 20...64 %. The tested cultivation technologies demonstrated that high intensive cultivation technology increased wheat quality. The highest protein content (18 %) was recorded in Nemchinovskaya 85 variety. The present results give real opportunities for a large-scale application of the tested cultivation technologies in different agricultural lands of Russia.

**Keywords:** cultivation technology, fertilizer, pesticides, wheat productivity, wheat varieties

#### Article history:

Received: 27 March 2020. Accepted: 15 April 2020

#### For citation:

Rebouh NY, Polityko PM, Kapranov VN, Fedorischev VN, Garmasch NJ, Atmachian GP. Impact of cultivation technologies on yield and grain quality of winter wheat *Triticum aestivum* L. in Moscow region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2): 113—122. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-113-122

© Rebouh N.Y., Polityko P.M., Kapranov V.N., Fedorischev V.N., Garmasch N.J., Atmachian G.P., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

## Introduction

Winter wheat occupies a significant proportion in the whole agricultural system, this crop is grown in an area of 10 million hectares in the Central Non-black region [1]. This crop is considered as the most important food crop in Russia, providing daily protein and food calories [2]. The new cultivation technologies used provide to obtain 10 t/ha yield or more through decreasing pests damage, disease infections and weed populations, since, direct yield losses caused by phytopathogens are between 30 and 65 % of global agricultural productivity [3].

Modern cultivation technologies include a set of agricultural techniques aimed at reducing the negative effects of climate conditions, development of diseases and pests [4]. In this case, new approaches are used in application of scientific modern methods for regulating growth and plant development. They include the use of mineral fertilizers, considering the need for basic plant nutritive elements based on soil and plant diagnostics, the use of modern plant protection products, compliance with optimal grain seeding standards for the cultivated variety, and the use of retardants [5].

Influence of different cultivation technologies on winter wheat varieties grown on sod-podzolic soils of the Central non Chernozem region was studied [5, 6]. It was found that using optimal cultivation technologies improves soil agrochemical and agrophysical indicators, phytosanitary condition of fields and plants, and increases fertility of sod-podzolic soil [4–14].

The rational use of agrotechnical methods, mineral fertilizers and plant protection chemicals contributes to obtaining desired yield with high grain quality [9–10]. In this case, such technological approaches as fertilization based on soil and plant diagnostics, development of an integrated plant protection system, use of biological agrochemicals and other technological solutions are considered.

Thus, the research was aimed to study the impact of three cultivation technologies on winter wheat varieties. Three different cultivation technologies identified as basic, intensive and high intensive with different pesticide combinations, fertilizers and growth regulators were investigated. Yield and protein content were measured in three winter wheat varieties.

## Materials and methods

*Plant Material.* In the experiment, three winter wheat varieties were studied: Moskovskaya 40 (V1), Nemchinovskaya 17 and Nemchinovskaya 85 (V3).

*Experimental Field.* Intensive farming was conducted during 2016–2019 under the conditions of nonchernozem zone at Nemchinovka Research Institute of Agriculture located in Moscow region, Odintsovskiy district, Russia. (55° 45' N, 37° 37' E and 200 m altitude).

*Soil Characteristics.* Samples were taken randomly from different spots at 0...15 cm to record the initial soil characteristics. The soil was typically loamy with 1.73 % organic matter. Soil pH was within the limits of 5.6...6.1. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> concentration was from 105 to 350 mg/kg and K<sub>2</sub>O from 65 to 125 mg/kg characterizing the soil as mid and high provided with phosphorus and mid and low provided with potassium.

**Climatic Conditions.** The climate in the Moscow region is mid-continental with soft winter, occasional flaw and warm damp summer. The average annual temperature is +4.20 °C. The average temperature of warm season (May — October) is +14.40 °C; and the average monthly temperature in January and July is –10.40 °C and +18, 10 °C, respectively. The average time of a positive air temperature period is near 215 days. The average period with temperature more than +10 °C (vegetation season) is 130 days. The average temperature of cool season (November — March) is –6.70 °C. The average annual precipitation is 628 mm: 56 % in spring-summer season and 26 % in autumn. The average precipitation rate from May to September is 339 mm (Fig. 1).

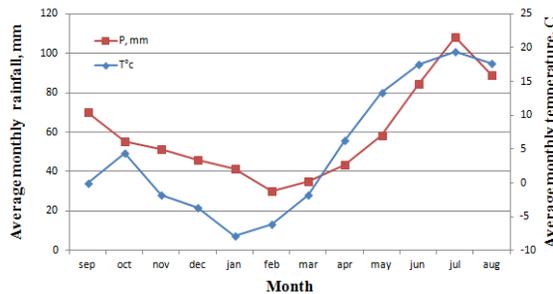


Fig. 1. Average monthly rainfall and temperature during 2016–2019 in the Moscow region

**Cultivation technologies.** Experiments were conducted during three years from 2016 to 2019. Three different cultivation technologies were tested: basic, intensive and highly intensive which included fertilizers, fungicides, herbicides, insecticides and growth regulators at different combinations and concentrations (Table 1).

Table 1

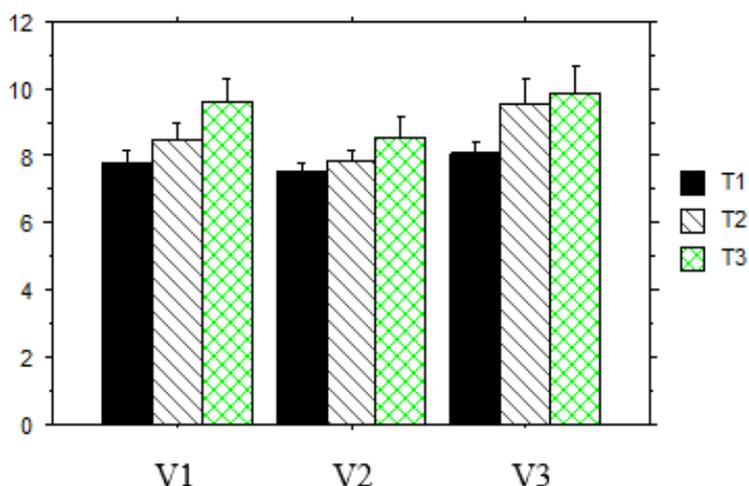
**Applied treatments in cultivation technologies**

Cultivation technology	Fertilizers, kg ha <sup>-1</sup>	Crop protection details
1. Basic T1	Basal application N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , in pre-sowing and N <sub>30</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , in the germination phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fungicide</i>: Vincyt Forte 1.25 l/t + Fundazol 0.5 kg /h</li> <li>• <i>Insecticide</i>: Picus 1 l/t+DITOX 1.0 l/ h</li> <li>• <i>Herbicide</i>: Lintur 180 g/h</li> </ul>
2. Intensive T2	Basal application N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , in pre-sowing, Top dressing, at germination and tillering phases, N <sub>60</sub> and N <sub>30</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , respectively	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fungicide</i>: Vincyt Forte 1.25 l/t (+ Impact 0.5 l/h + Super Alto 0.5 l/h + Consul 1 l/h</li> <li>• <i>Insecticide</i>: Picus 1 l/t + Danadim Expert 1.0 l/h + Danadim Power 0.6 l/h + Danadim Expert 0.6 l/h</li> <li>• <i>Herbicide</i>: Ditox 1.0 l/h + Accurate Extra 25 g/h</li> <li>• <i>Growth regulator</i>: Perfect 0.3 l/h + Perfect Retarders</li> </ul>
3. High Intensive T3	Basal application N <sub>30</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , in pre-sowing, Top dressing, at germination, tillering and elongation of stem phases, N <sub>60</sub> , N <sub>30</sub> and N <sub>30</sub> , kg ha <sup>-1</sup> , respectively	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fungicides</i>: Vincit Forte 1.25 l/t +Exclusive Impact 0.5 l/h + Super Impact 0.75 l/h + CONSUL 1.0 l/h • <i>Herbicide</i>: Accurate Extra 35 g/h +Foxtrot 1.0 l/h</li> <li>• <i>Insecticide</i>: Picus 1 l/t + Danadim Power 0.6 l/h + Vantex 60 ml/h</li> <li>• <i>Growth regulator</i>: SAPRESS0.3 l/h + Perfect 0.3 l/h</li> </ul>

The experiment was carried out in a systematic way, repetition blocks consisted of 160 m<sup>2</sup> plots, replication was triple, with seeding rate of 5 million grains/ha. After the previous harvest (2015—2016), tillage was done by a BDT-10 disc truck in a single lane. Seeding was realized with a SN16 PM seeder. The harvesting was carried out with Sampo-500 tractor.

## Results and discussions

*Yield and productivity of the winter wheat varieties according to the tested cultivation technologies.* Yield performance of the three studied winter wheat varieties according to the three tested cultivation technologies (T1 — basic, T2 — intensive, T3 — highly intensive) was shown in the figure 2. When comparing wheat varieties according to cultivation technology 3 (T3, highly intensive), Nemchinovskaya 85 (V3) showed the highest values (9.87 t/ha), Moskovskaya 40 (V1), Nemchinovskaya 17 (V2), yielded 9.65 t/ha 8.58 t/ha, respectively. However lowest yield was achieved using basic technology for all studied varieties — Nemchinovskaya 85 (V3) (7.81 t/ha), Moskovskaya 40 (V1) (7.72 t/ha), Nemchinovskaya 17 (V2) (7.28 t/ha).



**Fig. 2.** Yields of winter wheat varieties (V1 (Moskovskaya 40), V2 (Nemchinovskaya 17), V3 (Nemchinovskaya 85)) according to the tested cultivation technologies (T1 (basic), T2 (intensive) and T3 (high-intensive)) in 2016–2019

The results showed that the cultivation technologies had a significant effect on yield in 2017, 2018 and 2019:  $P \leq 0,01$ ,  $P \leq 0,001$ ,  $P \leq 0,001$ , respectively. It was shown that the variety also affected grain yield, since P-values were  $P \leq 0.01$ ,  $P \leq 0.01$  and  $P \leq 0.001$  for 2017, 2018 and 2019, respectively. However, the interaction cultivation technologies-variety had a significant effect on yield in all studied years 2017, 2018 and 2019 —  $P = 0.04$ ,  $P \leq 0.01$  and  $P = 0.03$  respectively (Table 2).

**Yield of durum wheat varieties under different cultivation technologies.**  
**Values represent the average of 4 replicates  $\pm$  SE (standard errors). *P*-values**  
**from ANOVA (cultivation technology, variety and cultivation technology  $\times$  variety)**

Cultivation technology	Variety	Y2017	Y2018	Y2019
T1	V1	6.8 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup>	6.7 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	6 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup>
	V2	9 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	9.5 $\pm$ 0.06 <sup>bc</sup>	7.2 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>
	V3	8.3 $\pm$ 0.05 <sup>cd</sup>	10.5 $\pm$ 0.04 <sup>bc</sup>	8.2 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>
T2	V1	11 $\pm$ 0.02 <sup>bc</sup>	8.3 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	6.7 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>
	V2	10.6 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	10.7 $\pm$ 0.05 <sup>bc</sup>	8.4 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>
	V3	10.8 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	11.4 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	10.9 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>
T3	V1	11.7 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	9.5 $\pm$ 0.04 <sup>bc</sup>	7.6 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>
	V2	12.3 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	12.7 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	9.01 $\pm$ 0.01 <sup>bc</sup>
	V3	13.6 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	13.3 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	13.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
p value	C.tech	$\leq$ 0.01	$\leq$ 0.001	$\leq$ 0.001
	Variety	$\leq$ 0.01	$\leq$ 0.01	$\leq$ 0.001
	C. tech $\times$ Var	0.04	$\leq$ 0.01	0.03

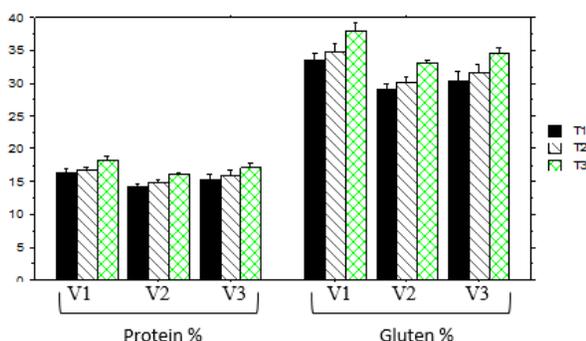
Winter wheat crop occupies the largest area among other crops worldwide; it is one of the leading food sources [15–22]. Increasing grain yields to supply food to the world's ever growing population is one of the main goals [8]. Many researchers have determined that achieving high winter wheat grain yields depends on the use of fertilizers, growth regulators, and crop protection products [4, 6, 7, 16–22, 24].

To obtain a high winter wheat yield, it is necessary to use the optimal nitrogen fertilizer doses in the soil. Ma C. et al. [21] recommends the combined use of organic fertilizers with 150 kg/ha of nitrogen fertilizers. Our results were similar to those reported by this author, since we used 150 kg/ha of nitrogen fertilizers in cultivation technology 3 (high intensive technology), this allowed to obtain high yield for all studied varieties 9.65 t/ha (V1T3), 8.58t/ha (V2T3) and 9.87 t/ha (V3T3), this is probably due to the influence of nitrogen fertilizers on photosynthesis physiology [17]. However, compared to the high insensitive technology, the obtained wheat yield recorded using the basic technology (T1) was lowest when applying 60 kg/ha of nitrogen — 7.76 t/ha (V1T1), 7.48 t/ha (V2T1) and 8.034 t/ha (V3T1).

Many studies showed that growth regulators significantly improved root growth and leaf biomass. They also increased photosynthesis, stomatal conductivity, transpiration rate, and water use efficiency [20]. In our study, the growth regulator (perfect (phase GS21–22), Sapress (phase GS31–32)) from the active molecule Trinexapac ethyl was used in intensive and high-intensity technologies, which explains the high yield compared to the yield obtained by applying the basic technology, without growth regulators. On the other hand, it was previously shown that high-intensive technology is most effective for controlling phytopathogens in winter wheat crops, which explains the high yield achieved with this technology, since optimal protection from phytopathogen increases grain quality and productivity [9].

*Protein Content of the winter wheat varieties according to the tested cultivation technologies.* The grain quality was evaluated on the basis of protein and gluten content in the different varieties according to the tested cultivation technologies. The results showed that no significant difference was observed using cultivation technology 1 and 2 regardless of the investigated variety (Fig. 3). However, cultivation technology 3 seems to increase systematically protein content in the three winter wheat varieties studied.

According to the tested technologies, the protein content in the grain of winter wheat varieties was the highest using the high intensive technology, since 18.33 % (V1T3), 16.14 % (V2T3) and 17.16 % (V3T3). However, the lowest protein content was observed using the basic technology 16.45 % (V1T1), 14.30 % (V2T1) and 15.30 % (V3T1) (Fig. 3).



**Fig. 3.** Protein and gluten content of winter wheat varieties (V1 (Moskovskaya 40), V2 (Nemchinovskaya 17), V3 (Nemchinovskaya 85)) according to the tested cultivation technologies (T1 (basic), T2 (intensive) and T3 (high-intensive)). 2016–2019

The ‘cultivation technology’ and ‘variety’ had a significant effect on protein and gluten contents in the three year trials ( $P \leq 0.001$ ), however the analysis reveals that the interaction ‘variety-cultivation technology’ is not significant for protein and gluten content in 2017 ( $P = 0.9$ ), while on 2018 and 2019 the effect was significant on the protein and gluten content ( $P \leq 0.001$ ) ( $P = 0.02$ ), respectively (Table 3).

Table 3

**Protein content observed in wheat varieties under different studied cultivation technologies.** Values represent the average of 4 replicates  $\pm$  SE (standard errors). *P*-values from ANOVA (cultivation technology, variety and cultivation technology  $\times$  variety)

Cultivation technology	Variety	Y2017	Y2018	Y2019
T1	V1	16.45 $\pm$ 0.4 <sup>ab</sup>	15.80 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	15.95 $\pm$ 0.6 <sup>ab</sup>
	V2	14.30 $\pm$ 0.4 <sup>cd</sup>	14.70 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	14.60 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>
	V3	15.30 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>	15.90 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>	16.10 $\pm$ 0.2 <sup>ab</sup>
T2	V1	16.66 $\pm$ 0.7 <sup>cd</sup>	16.10 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	16.78 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>
	V2	14.76 $\pm$ 1.1 <sup>c</sup>	14.20 $\pm$ 0.7 <sup>c</sup>	14.96 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>
	V3	15.86 $\pm$ 0.6 <sup>cd</sup>	15.95 $\pm$ 0.3 <sup>d</sup>	16.10 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>
T3	V1	18.33 $\pm$ 0.9 <sup>c</sup>	18.10 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	18.65 $\pm$ 0.001 <sup>c</sup>
	V2	16.14 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>	16.26 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	16.75 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>
	V3	17.16 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>	17.15 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	17.60 $\pm$ 0.001 <sup>c</sup>

Cultivation technology	Variety	Y2017	Y2018	Y2019
p value	C.tech	≤0.001	≤0.001	≤0.001
	Variety	≤0.001	≤0.001	≤0.01
	C. tech×Var	0.9	≤0.001	0.02

Grain quality (especially protein and gluten content) and high yield are the main goals in the wheat crop production [1, 3—11, 15—24] achievable by managing water resources, applying nitrogen, and controlling plant pathogens. The results showed that using basic and intensive technology, no significant differences were observed regardless of the studied varieties (Fig. 3). However, under high-intensive technology, it seems that the protein and gluten content in the three studied varieties of winter wheat increased systematically.

The results obtained (Fig. 3) showed that the high content of protein and gluten in the grain for all studied varieties was observed in high-intensive technology, where the use of nitrogen (N) was increased in pre-sowing processing, during tillering, stem elongation of and earing stage. Therefore, the obtained results are similar to those reported by Marino et al. [24] and Ercoli et al. [19] testing the effect of nitrogen application on protein and amino acid composition of wheat. These authors showed that increasing doses of nitrogen could significantly increase protein content of wheat grains. However, recent research by Curci et al. [18] where they studied wheat performance under nitrogen deficiency showed that quality of wheat grain evaluated on the basis of protein content was mediocre. This is similar to the results obtained, since the protein content in wheat was significantly reduced in plants grown under the basic technology.

Vaccino et al. [12] also reported that grains infested by pests record low content of protein and gluten. In our previous study, where we investigated the impact of three cultivation technologies on pest infestation rate, protein content in wheat decreased significantly at the highest percentages of pest infestation [10], this was associated with negative effects on plant growth and development, as reported by Wratten [13] which explains the high protein content value obtained under high intensive technology in the current study.

## Conclusions

With an increase in intensity of cultivation of winter wheat varieties, grain quality and yield performance increased by 3.8 t/ha. This was observed in all varieties studied. The results showed that setting up a production system, normative method should consider varietal features, conditions of plant nutrition, agrochemical characteristics of soil and meteorological factors. The current results open real opportunities for a large-scale application of the tested cultivation technologies in different regions of Russia and pointed out new varieties — Nemchinovskaya 85 that could offer high productivity.

## References

1. Sandukhadze BI, Zhuravleva EV, Kochetygov GA. *Ozimaya pshenitsa Nechernozem'ya v reshenii prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsi* [Non-chernozem winter wheat in addressing the food security of the Russian Federation]. Moscow, Voshod — A publ., 2011; 156. (In Russ.)  
*Сандухадзе Б.И., Журавлева Е.В., Кочетыгов Г.А.* Озимая пшеница Нечерноземья в решениях продовольственной безопасности Российской Федерации. М.: Восход — А, 2011. 156 с.
2. Alcamo J, Dronin N, Endejan M, Golubev G, Kirilenko A. A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. *Global Environmental Change*. 2007; 17(3–4):429–444. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.12.006
3. Savary S, Ficke A, Aubertot JN, Clayton Hollier. Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security. *Food Sec*. 2012; 4(4):519–537. doi: 10.1007/s12571-012-0200-5
4. Pakhomov VI, Rykov VB, Kambulov SI, Kambulov IA, Demina EB, Kolesnik VV. The quality of winter wheat grain in dependence to the cultivation technologies. *Grain Economy of Russia*. 2016; 48(6):55–59. (In Russ.)  
*Пахомов В.И., Рыков В.Б., Камбулов С.И., Камбулов И.А., Демина Е.Б., Колесник В.В.* Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от технологий возделывания // Зерновое хозяйство России. 2016. № 48(6). С. 55–59.
5. Polityko PM, Zhilyaev AM, Parygina MN, Volpe AA. Influence of growing conditions on germination, overwintering and productivity of new varieties of winter wheat. *Herald of Russian State Agrarian Correspondence University*. 2007; (4):48–51. (In Russ.)  
*Политыко П.М., Жильяев А.М., Парыгина М.Н., Вольпе А.А.* Влияние условий выращивания на всхожесть, перезимовку и урожайность новых и перспективных сортов озимой пшеницы // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2008. № 4. С. 48–51.
6. Polityko PM, Matyuta SV, Zyalova MN, Kiselev EF, Volpe AA, Bogdanov AY, et al. Varietal agrochemical and phytosanitary technologies of winter wheat cultivation in the central region of Russia. *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2012; (4):22–28. (In Russ.)  
*Политыко П.М., Матюта С.В., Зяблова М.Н., Киселев Е.Ф., Вольпе А.А., Богданов А.Ю., Тоноян С.В.* Сортовые агрохимические и фитосанитарные технологии возделывания озимой пшеницы в Центральном регионе России // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 4. С. 22–28.
7. Oliinyk KM, Davydiuk GV, Blazhevych LY, Khudoliy LV. Impact of cultivation technologies elements on winter wheat grain productivity and quality. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016; (4):45–50. (In Ukrainian) doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88671
8. Ray DK, Mueller ND, West PC, Foley JA. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE*. 2013; 8(6): e66428. doi: 10.1371/journal.pone.0066428
9. Rebouh NY, Polityko PM, Pakina E, Plushikov VG, Norezzine A, Gadzhikurbanov A, et al. Impact of three integrated crop protection treatments on the varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in Moscow area, Russia. *Research on Crops*. 2019; 20(1):161–168. doi: 10.31830/2348-7542.2019.022
10. Rebouh NY, Polityko P, Latati M, Pakina E, Kapranov V, Imbia A, et al. Influence of three-pest management treatments against aphid, *Sitobion avenae* in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under Moscow area conditions. *Research on Crops*. 2019; 20(2):381–388. doi: 10.31830/2348-7542.2019.056
11. Shi R, Zhang Y, Chen X, Sun Q, Zhang F, Roemheld V. Influence of longterm nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci*. 2010; 51(1):165–170. doi: 10.1016/j.jcs.2009.11.008
12. Vaccino P, Corbellini M, Reffo G, Zoccatelli G, Migliardi M, Tavella L. Impact of *Eurygaster maura* (Heteroptera: Scutelleridae) feeding on quality of bread wheat in relation to attack period. *J Econ Entomol*. 2006; 99(3):757–763. doi: 10.1093/jee/99.3.757
13. Wratten SD. The nature of the effects of the aphids, *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum* on the growth of wheat. *Ann Appl Biol*. (1975). 79(1):27–34. doi: 10.1111/j.1744-7348.1975.tb01518.x
14. Zargar M, Polityko P, Pakina E, Bayat M, Vandyshev V, Kavhiza N, et al. Productivity, quality and economics of four spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars as affected by three cultivation technologies. *Agronomy Research*. 2018; 16(5):2254–2264. doi: 10.15159/AR.18.204
15. Belamkar V, Guttieri MJ, Hussain W, Jarquín D, El-basyoni I, Poland J, et al. Genomic selection in preliminary yield trials in a winter wheat breeding program. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2018; 8(8):2735–2747. doi: 10.1534/g3.118.200415
16. Chen XX, Zhang W, Liang XY, Liu YM1, Xu SJ, Zhao QY, et al. Physiological and developmental traits associated with the grain yield of winter wheat as affected by phosphorus fertilizer management. *Sci Rep*. 2019; 9(1):16580. doi: 10.1038/s41598-019-53000-z
17. Cramer MD, Lewis OAM. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. *Ann Bot*. 1993; 72(4):359–365. doi: 10.1006/anbo.1993.1119
18. Curci PL, Cigliano RA, Zuluaga DL, Janni M, Sanseverino W, Sonnante G. Transcriptomic response of durum wheat to nitrogen starvation. *Scientific Reports*. 2017; 7:1176. doi: 10.1038/s41598-017-01377-0

19. Ercoli L, Masoni A, Pampana S, Mariotti M, Arduini I. As durum wheat productivity is affected by nitrogen fertilization management in Central Italy. *European J Agron*. 2013; 44:38–45. doi: 10.1016/j.eja.2012.08.005
20. Jaleel CA, Gopi R, Panneerselvam R. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Comptes Rendus Biologies*. 2008; 331(4):272–277. doi: 10.1016/j.crv.2008.01.004
21. Ma C, Liu YN, Liang L, Zhai BN, Zhang HQ, Wang ZH. Effects of combined application of chemical fertilizer and organic manure on wheat yield and leaching of residual nitrate-N in dryland soil. *The Journal of Applied Ecology*. 2018; 29(4):1240–1248. (In Chinese) doi: 10.13287/j.1001-9332.201804.023
22. Makino A. Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat. *Plant Physiology*. 2010; 155(1):125–129. doi: 10.1104/pp.110.165076
23. Anderson WK. Closing the gap between actual and potential yield of rainfed wheat. The impacts of environment, management and cultivar. *Field Crops Research*. 2010; 116(1-2):14–22. doi: 10.1016/j.fcr.2009.11.016
24. Marino S, Tognetti R, Alvino A. Effects of varying nitrogen fertilization on crop yield and grain quality of emmer grown in a typical Mediterranean environment in central Italy. *European J Agron*. 2011; 34(3):172–180. doi: 10.1016/j.eja.2010.10.006

#### About authors:

*Rebouh Nazih Yacer* — PhD student, Agrobiotechnological Department, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: n.rebouh@outlook.fr

*Polityko Petr Mikhailovich* — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops, Nemchinovka Federal Research Center, 6 Agrikhimikov str., Novoivanovskoye village, Odinzovo district, Moscow region, 143026, Russian Federation; e-mail: niicrnz@mail.ru

*Kapranov Vladimir Nikolaevich* — Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops, Nemchinovka Federal Research Center, 6 Agrikhimikov str., Novoivanovskoye village, Odinzovo district, Moscow region, 143026, Russian Federation; e-mail: niicrnz@mail.ru

*Fedorischev Victor Nikolaevich* — Doctor of Agricultural Sciences, Nemchinovka Federal Research Center, 6 Agrikhimikov str., Novoivanovskoye village, Odinzovo district, Moscow region, 143026, Russian Federation; e-mail: fer.@gmail.ru

*Garmasch Nina Jurievna* — Doctor of Biological Sciences, Nemchinovka Federal Research Center, 6 Agrikhimikov str., Novoivanovskoye village, Odinzovo district, Moscow region, 143026, Russian Federation; e-mail: ni.juriev.@yandex.ru

*Atmachian Gaik Pavlovich* — PhD candidate, Agroengineering Department, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: atmachian@gmail.com

## Влияние трех технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. в условиях Московского региона

Н.Я. Ребух<sup>1\*</sup>, П.М. Политыко<sup>2</sup>, В.Н. Капранов<sup>2</sup>, В.Н. Федорищев<sup>2</sup>,  
Н.Ю. Гармаш<sup>2</sup>, Г.П. Атмачьян<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,  
Московская область, Российская Федерация

\*n.rebouh@outlook.fr

**Аннотация.** В условиях Московского региона на дерново-подзолистой почве изучена реакция сортов озимой пшеницы на три уровня минерального питания и систем защиты растений — базовая, интенсивная и высокоинтенсивная технологии, которые включали удобрения, средства защиты растений и регуляторы роста в различных комбинациях и концентрациях. Эксперимент был поставлен с целью

создания оптимальных условий возделывания разных сортов озимой пшеницы. Были изучены три сорта — Московская 40 (V1), Немчиновская 17 (V2) и Немчиновская 85 (V3). Показатели урожайности и качества зерна, измеряемые по содержанию белка и клейковины, определялись в соответствии с испытанными технологиями возделывания. Результаты показали, что урожайность и качество зерна пшеницы изменились, самые высокие урожаи получены при применении высокоинтенсивной технологии у сорта Немчиновская 85 — в среднем за последние три года она составила 9,87 т/га, с потенциалом — 14,8 т/га, у сорта Московская 40 — 9,65 т/га, Немчиновская 17 — 8,58 т/га. По базовой технологии урожайность была ниже на 20...64 %. При высокоинтенсивной технологии у сорта Немчиновская 85 содержание белка достигало 18 %. Представленные результаты дают реальные возможности для масштабного применения апробированных технологий возделывания в различных сельскохозяйственных угодьях России.

**Ключевые слова:** технологии возделывания, сорта, удобрения, средства защиты растений, урожайность, белок, клейковина

#### **История статьи:**

Поступила в редакцию: 27 марта 2020 г. Принята к публикации: 15 апреля 2020 г.

#### **Для цитирования:**

Rebouh N.Y., Polityko P.M., Kapranov V.N., Fedorishev V.N., Garmasch N.J., Atmachian G.P. Impact of cultivation technologies on yield and grain quality of winter wheat *Triticum aestivum* L. in Moscow region // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 113—122. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-113-122

#### **Об авторах:**

*Ребух Назих Ясер* — аспирант агробиотехнологического департамента, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: n.rebouh@outlook.fr

*Политыко Петр Михайлович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией сортовых технологий озимых зерновых культур, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Российская Федерация, 143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6, e-mail: niicrnz@mail.ru

*Капранов Владимир Николаевич* — доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория сортовых технологий озимых зерновых культур, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Российская Федерация, 143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6; e-mail: niicrnz@mail.ru

*Федорищев Виктор Николаевич* — доктор сельскохозяйственных наук, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Российская Федерация, 143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6, e-mail: fer.@gmail.ru

*Гармаш Нина Юрьевна* — доктор биологических наук, Федеральный научный центр «Немчиновка», Российская Федерация, 143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6; e-mail: ni.juriev.@yandex.ru

*Атмачьян Гаик Павлович* — аспирант агроинженерного департамента, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; e-mail: atmachian@gmail.com

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-123-133

УДК 551.501 (470.64)

*Научная статья / Research article*

## Анализ, моделирование и прогноз урожайности сельскохозяйственных культур для Кабардино-Балкарской Республики с использованием аппарата нечеткой логики

**Р.М. Бисчоков\***

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова,  
г. Нальчик, Российская Федерация  
\*rusbis@mail.ru

**Аннотация.** С применением ранее созданных компьютерных нечетко-логических моделей на основе погодно-климатических данных метеостанций Кабардино-Балкарской Республики предгорной (Нальчик и Баксан) и степной (Прохладный и Терек) зон и урожайности сельскохозяйственных культур (озимая и яровая пшеница, кукуруза, подсолнечник, просо, овес), выращиваемых на территориях, контролируемых этими станциями, проанализированы зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от вариаций природно-климатических факторов и дан конкретный прогноз урожайности на сельскохозяйственный год вперед для предгорной зоны, хотя некоторые прогнозные рекомендации действительны и для других зон. Оригинальность метода состоит в том, что в виде входных параметров модели предикторов использованы рассчитанные ранее прогнозные значения метеопараметров на следующий сельскохозяйственный год, а на выходе в качестве предиктантов получены прогнозные значения урожайности культур.

**Ключевые слова:** урожайность, осадки, температура воздуха, влажность воздуха, статистический анализ, год-аналог, нечеткая логика, сезон, интегральное эмпирическое распределение, оценка случайных погрешностей, сроки вегетации, прогноз, Кабардино-Балкария

**Заявление о конфликте интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **История статьи:**

Поступила в редакцию: 25 марта 2020 г. Принята к публикации: 14 мая 2020 г.

### **Для цитирования:**

Бисчоков Р.М. Анализ, моделирование и прогноз урожайности сельскохозяйственных культур для Кабардино-Балкарской Республики с использованием аппарата нечеткой логики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2020. Т. 16. № 2. С. 123–133. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-123-133

© Бисчоков Р.М., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

## Fuzzy logic device for crop analysing, modeling and forecasting in the Kabardino-Balkarian Republic

**Ruslan M. Bischokov\***

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov,  
Nalchik, Russian Federation

\*Corresponding author: rusbis@mail.ru

**Abstract.** Using computer fuzzy-logical models based on empirical values of climatic characteristics (rainfall, temperature and humidity) of long-term observations (1955—2018) from meteorological stations in the Kabardino-Balkarian Republic (Nalchik, Baksan, Prokhladny and Terek) and crop yields (winter wheat, spring wheat, corn, sunflower, millet, oats), dependence of crop yields on variations of climatic factors were analyzed and a specific forecast was given. Setting expected values of climatic characteristics in computer model, we received possible values of productivity for the next season. Uniformity assessment (Dixon and Smirnov — Grabbsa's criterion), stability (Student and Fischer's criterion), statistical importance of parameters of distribution and accidental errors were determined. Originality of the method is in the fact that in the form of input parameters of the model predictors, the previously calculated forecast values of the meteorological parameters for the next agricultural year were used, and at the output, the predicted values of crop productivity were obtained as predictants. Furthermore, recommendations on adoption of management decisions were developed.

**Keywords:** productivity, precipitation, air temperature, humidity, statistical analysis, analogous year, fuzzy logic, season, integral empirical distribution, random error estimation, growing season, forecast, Kabardino-Balkariya

### Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

### Article history:

Received: 25 March 2020. Accepted: 14 May 2020

### For citation:

Bischokov RM. Fuzzy logic device for crop analysing, modeling and forecasting in the Kabardino-Balkarian Republic. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):123—133. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-123-133

## Введение

Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от природно-климатических факторов не является новой проблемой, но остается и будет актуальной, так как связана с обеспечением продовольственной безопасности страны, любого ее региона, населенного пункта и каждого человека [1, 2].

Отметим, что от значительных климатических возмущений, таких как частые градовые осадки, ливневые дожди и другие погодные явления, которые охватывают иногда несколько населенных пунктов, в Кабардино-Балкарской республике (КБР) и других субъектах РФ на территории Северного Кавказа, уничтожаются сотни гектаров урожая сельскохозяйственных культур, погибают домашние птицы, гибнет даже крупный рогатый скот. При этом в последние десятилетия ранней весной наблюдаются аномальные повышения температуры воздуха и у косточковых деревьев распускаются почки, а затем происходит резкое похолодание, от

которого почки осыпаются и деревья урожая не дают. Часто в течение короткого времени наблюдаются всплески температуры воздуха, что также отражается на жизнедеятельности и урожайности растений. Зимой, если снега мало, а температура воздуха очень низкая, то нередко погибают озимые культуры. А из-за жары в период вегетации кукурузы ее листья сворачиваются и останавливается рост, в итоге значительно снижается урожай как кормовой зеленой массы, так и зерновой продукции [3, 4].

**Цель исследования** — провести анализ влияния вариаций климатических характеристик на урожайность сельскохозяйственных культур на посевных площадях КБР и осуществить конкретный прогноз урожайности посредством оригинального моделирования с использованием аппарата нечеткой логики.

### Материалы и методы исследования

Необходимый набор климатических характеристик был получен в Кабардино-Балкарском республиканском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, данные по антропогенным процессам и природным катаклизмам на территории КБР — в Главном управлении МЧС России, данные об урожайности всех сельскохозяйственных культур на территории КБР — в Министерстве сельского хозяйства КБР [4, 5].

Вариации метеопараметров среднемесячной температуры и относительной влажности воздуха, а также осадков за период наблюдений 1955—2018 гг. исследовались с учетом данных расположенных на территории КБР метеостанций предгорной (Нальчик и Баксан) и степной (Прохладный и Терек) зон, в качестве базовой для данного исследования избрана метеостанция «Нальчик».

Стандартные методы прогнозирования требуют филигранной работы с данными, начиная от фильтрации и выделения гармоник до построения уравнений регрессии, как это продемонстрировано, например, в [6]. Особую роль играют выбор репрезентативных входных параметров, предикторов, для прогнозного «черного ящика», которыми у нас явились прогностические характеристики будущей погоды, и адекватное задание ожидаемых характеристик выходных параметров, предиктантов [7, 8], которыми и будут индексы урожайности. Известно, что при долгосрочном прогнозе важнейшим и определяющим требованием, предъявляемым к системе характеристик, среди которых отыскиваются предвестники будущей погоды, является полнота информации. В [8] констатируется, что неустойчивость прогностических связей для температуры и районных осадков, особенно, зон недостаточного увлажнения, создает поле неопределенности предикторов, которые должны использоваться для следующей цепочки прогнозирования. Одним из приемов уменьшения неопределенности из-за недостаточной устойчивости предикторов может служить применение аппарата нечеткой логики.

В нашем случае для рядов исследуемых метеопараметров выполнялась стандартная последовательность операций статистической обработки: ранжирование ряда; построение эмпирических функций распределения (ЭФР); расчет статистических моментов ЭФР (среднее значение, дисперсия, асимметрия, коэффициент автокорреляции); определялись их особенности. Кроме того, выполнены оценка

случайных погрешностей и статистической значимости параметров распределения; построение интегрального эмпирического распределения, расчет его параметров; оценка однородности интегральных эмпирических распределений по статистическим критериям Диксона и Смирнова — Граббса [9] и выделение резко отклоняющихся экстремумов; оценка стационарности средних значений и дисперсий двух частей временного ряда по критериям Стьюдента и Фишера.

В [10, 11] исследована связь между теорией нечетких множеств и аппаратом нечеткой логики, на основе которой автор ранее строил свою модель, пригодную для прогнозирования [12, 13].

## Результаты и обсуждение

В табл. 1 приведены результаты статистической обработки данных согласно вышеуказанной последовательности по климатическим сезонам.

Таблица 1

**Физико-статистические характеристики временных рядов сезонных значений метеопараметров по данным метеостанции «Нальчик» за период 1955–2018 гг. [12] и урожайности пшеницы за 2008–2018 гг.**

Сезон	Среднее значение	Дисперсия	Коэффициент асимметрии	Коэффициент автокорреляции	Минимум	Максимум	Размах
Среднемесячная температура воздуха, °С							
Зима	-1,85	3,31	-0,32	1,08	-6,67	1,70	8,4
Весна	9,42	1,64	-0,28	1,07	6,37	11,93	5,6
Лето	21,10	1,37	0,21	1,07	18,90	24,03	5,1
Осень	10,26	1,80	-0,38	1,10	6,50	13,30	6,8
Год	9,74	0,98	-0,17	1,05	7,66	11,67	4,0
Суммарное количество осадков, мм							
Зима	70,88	304,98	0,542	0,970	31,0	115,3	84,3
Весна	189,83	3182,44	0,115	0,968	63,3	348,0	284,7
Лето	235,78	5002,62	0,016	0,978	97,0	378,0	281
Осень	134,93	2408,46	1,059	0,952	59,8	325,0	265,2
Год	631,58	12069,52	0,040	0,976	404,0	893,3	489,3
Урожайность озимой пшеницы, ц/га							
2008–2018	26,14	27,74	-0,34	0,45	14,44	35,48	21,04

Table 1

**Physico-statistical characteristics of time series of seasonal parameters according to Nalchik meteorological station in 1955–2018 [12] and wheat productivity in 2008–2018**

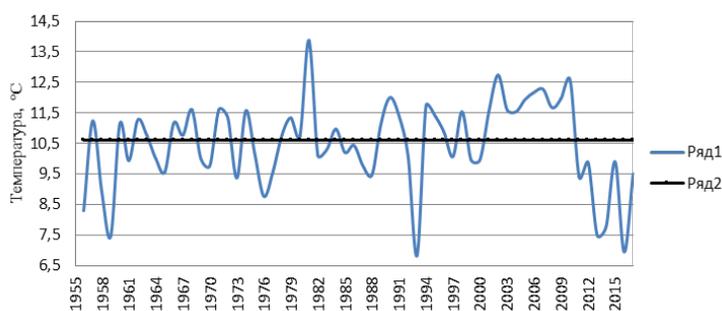
Season	Mean value	Dispersion	Asymmetry coefficient	Autocorrelation coefficient	Minimum	Maximum	Scope
Average monthly temperature, °C							
Winter	-1.85	3.31	-0.32	1.08	-6.67	1.70	8.4
Spring	9.42	1.64	-0.28	1.07	6.37	11.93	5.6
Summer	21.10	1.37	0.21	1.07	18.90	24.03	5.1
Autumn	10.26	1.80	-0.38	1.10	6.50	13.30	6.8
Year	9.74	0.98	-0.17	1.05	7.66	11.67	4.0
Total precipitation, mm							
Winter	70.88	304.98	0.542	0.970	31.0	115.3	84.3
Spring	189.83	3182.44	0.115	0.968	63.3	348.0	284.7
Summer	235.78	5002.62	0.016	0.978	97.0	378.0	281
Autumn	134.93	2408.46	1.059	0.952	59.8	325.0	265.2

Season	Mean value	Dispersion	Asymmetry coefficient	Autocorrelation coefficient	Minimum	Maximum	Scope
Year	631.58	12069.52	0.040	0.976	404.0	893.3	489.3
Winter wheat yield, c/ha							
2008–2018	26.14	27.74	-0.34	0.45	14.44	35.48	21.04

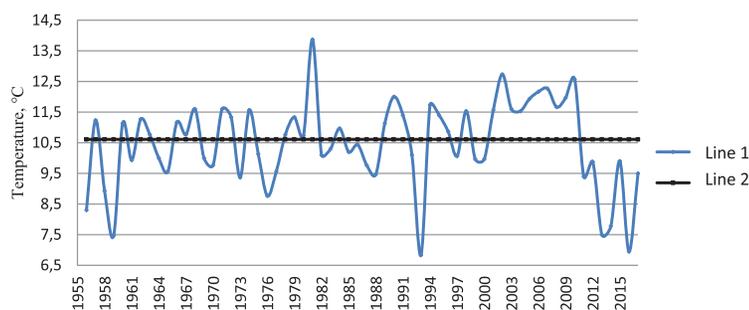
Из табл. 1 видно, что среднемесячная температура воздуха в зимний период ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и рассеяние вокруг среднего значения выше, чем в другие сезоны. При этом асимметрия кроме летнего сезона принимает отрицательные значения. Коэффициенты автокорреляции принимают значения  $\sim 1$  и с незначительными отклонениями почти равны во всех сезонах, что указывает на наличие стабильного тренда внутри исследуемых рядов.

Наибольшее количество осадков наблюдается в летний период, а значение дисперсии указывает на большой разброс данных относительно среднего. Коэффициент асимметрии принимает положительные значения, а коэффициент автокорреляции близок к 1, что указывает на стабильность тренда внутри ряда. В то же время большой разброс данных по всем сезонам указывает на нестабильность значений погодно-климатических параметров.

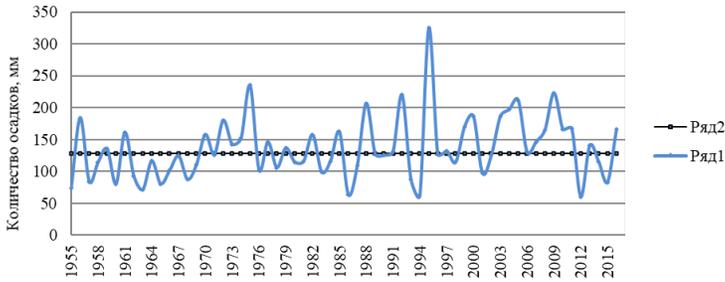
На рис. 1 и 2 приведены вариации температуры воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , и осадков, мм, по данным метеостанции «Нальчик» за период 1955—2017 гг. (ряд 1) относительно средних многолетних значений (ряд 2).



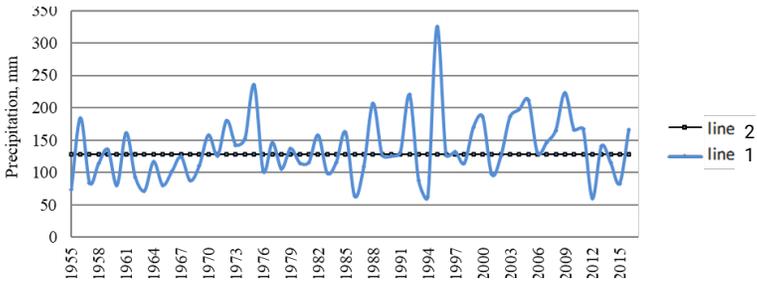
**Рис. 1.** Ежегодные вариации температуры воздуха по данным метеостанции «Нальчик» (ср = 10,67; max = 13,87; min = 6,83;  $R^2 = 0,0021$ ;  $y = 0,0036x + 3,2998$ ) [12]



**Fig. 1.** Annual air temperature variations according to Nalchik meteorological station (mean = 10.67; max = 13.87; min = 6.83;  $R^2 = 0.0021$ ;  $y = 0.0036x + 3.2998$ ) [12]



**Рис. 2.** Ежегодные вариации осадков по данным метеостанции «Нальчик»  
 $(y = 0,7172x - 1288,1)$  [12]

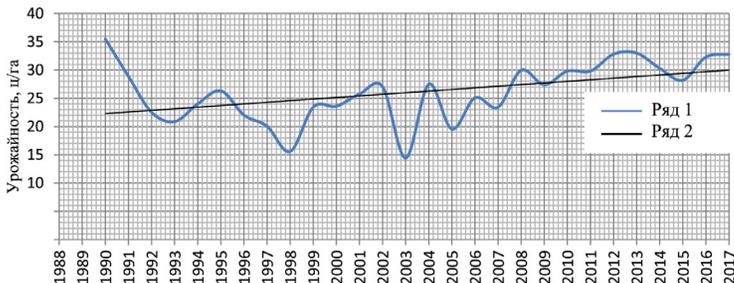


**Fig. 2.** Annual precipitation variations according to Nalchik meteorological station  
 $(y = 0.7172x - 1288.1)$  [12]

Согласно рис. 1 резкие экстремальные отклонения температуры относительно климатической нормы наблюдались в периоды 1957—1960, 1981, 1982, 1993, 1994, 2010, 2013 и 2016 гг., что указывает на возможность в эти годы природных катаклизмов с негативным влиянием на урожайность сельскохозяйственных культур.

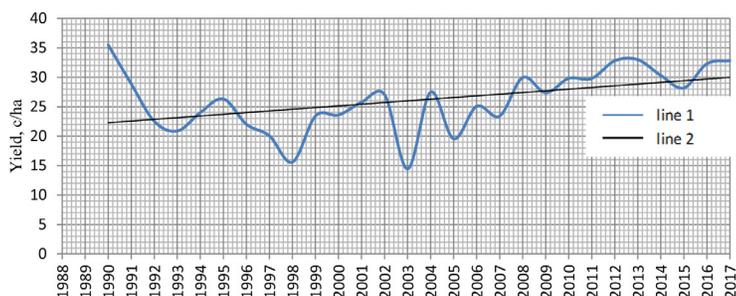
Строгой корреляции аномальных отклонений температуры с изменчивостью осадков нет, однако в 1975 и 1995 гг. происходили резкие экстремальные отклонения осадков от климатической нормы, что указывает на обильные осадки с последующим затоплением территории, также снижающие урожаи зерновых.

На рис. 3 приведены значения урожайности озимой пшеницы, ц/га, на посевных площадях территории, контролируемой метеостанцией «Нальчик».



**Рис. 3.** Динамика изменения урожайности озимой пшеницы за 1990–2017 гг.  
 $(y = 0,2849x - 544,58)$

**Примечание.** В подписях к рисункам приведены статистические параметры, необходимые для прогноза (рис. 1), а также сами прогностические уравнения линейной регрессии для каждого параметра (прямые ряда 2 на рис. 1–3).



**Fig. 3.** Changes in yield of winter wheat in 1990–2017 ( $y = 0.2849x - 544.58$ )

**Note.** Captions to the figures show the statistical parameters necessary for the forecast (Fig. 1), and prognostic equations of linear regression for each parameter (line 2 in Figs. 1–3).

Рисунки показывают, что в 1981 г. наблюдается повышение температуры воздуха на  $3,3^{\circ}\text{C}$ , а в 1993 г. снижение на  $3,8^{\circ}\text{C}$  относительно климатической нормы и 1992 г. Осадки в 1995 г. увеличились на 263 мм по отношению к 1994 г. и на 198 мм относительно климатической нормы, что указывает на возможность в эти годы природных катаклизмов [12].

По результатам расчета оценка однородности может быть принята только для эмпирических данных летних и годовых значений. Например, критерии Диксона для осенних данных равны:  $D1N(0.339;0.22)$ ,  $D2N(0.342;0.22)$ ,  $D3N(0.388;0.29)$ ,  $D4N(0.389;0.3)$ ,  $D5N(0.385;0.28)$ . Для установления причин отклонения гипотез однородности нужно провести генетический анализ, т. е. находим статистические характеристики и их случайные ошибки. По предложенной ранее модели  $y = \alpha_0x + \beta_0 + \sum_{i=1}^N \left( \alpha_i \cos \frac{2\pi x}{T_i} + \beta_i \sin \frac{2\pi x}{T_i} \right) + R_N(\alpha_i, \beta_i, x)$  [2, 3, 5–9, 14], учитывая природно-антропогенные, природные и природно-случайные процессы, получаем восстановленные временные ряды метеопараметров. После тестирования разработанной модели получим и прогнозные значения на предстоящие годы.

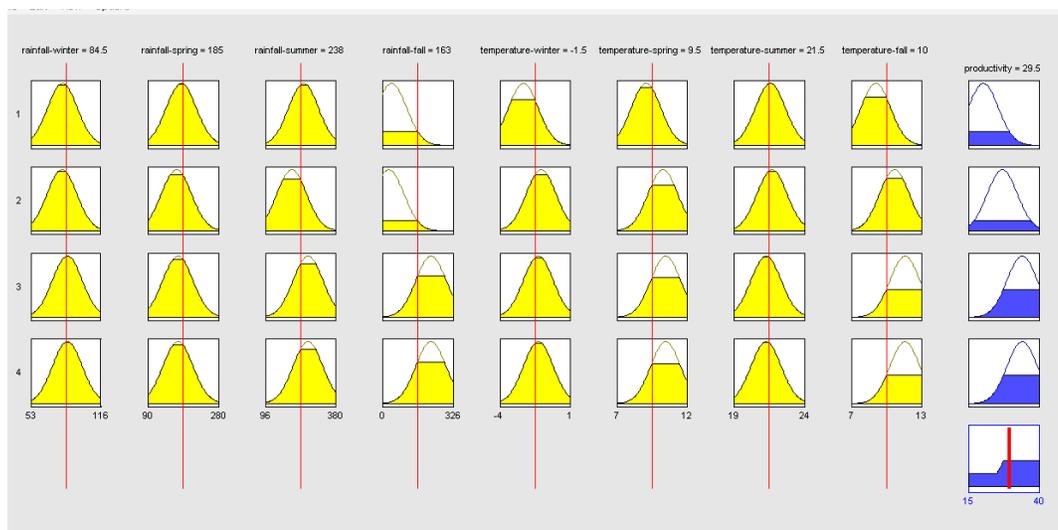
Дальше строим нечетко-логическую модель зависимости урожайности от изменения природных факторов по данным прошлых лет (рис. 4, 5).

По вертикальным линиям (красные в желтых фигурах) выставлены прогнозные сезонные значения метеопараметров, и при этом автоматически определяется возможное значение урожайности озимой пшеницы на следующий сельскохозяйственный год.

Здесь показано, что при низких осадках и температуре воздуха урожайность повышается, а при остальных зависимостях снижается. Данные выводы характерны для исследованных угодий КБР и относятся как к предгорным, так и к степным (низинным) районам [4, 5].

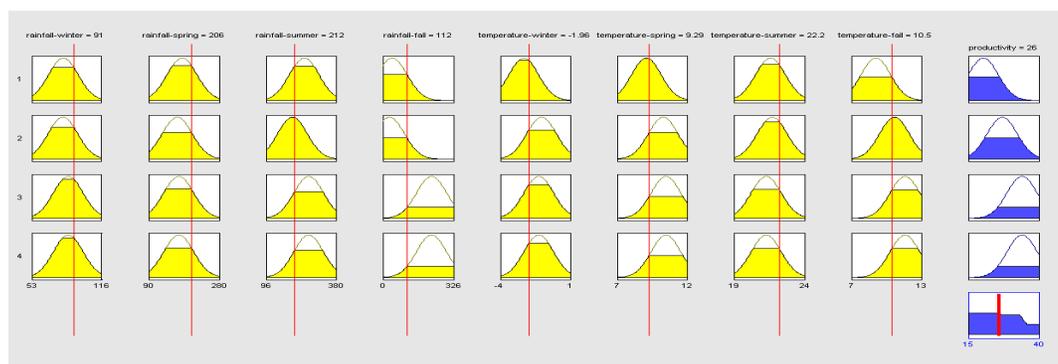
Более детальным подтверждением этих выводов могут служить варианты нечетко-логистической модели, построенные в 3D-интеграции.

На рис. 6 приводится такая динамика зависимости урожайности от приведенных выше данных по изменчивости осадков и температуры воздуха каждого сезона (зима, весна, лето, осень).



**Рис. 4.** Нечетко-логическая модель зависимости урожайности озимой пшеницы от изменения сезонных осадков и температуры воздуха

**Fig. 4.** A fuzzy-logical model of dependence of winter wheat productivity on changes in seasonal precipitation and temperature

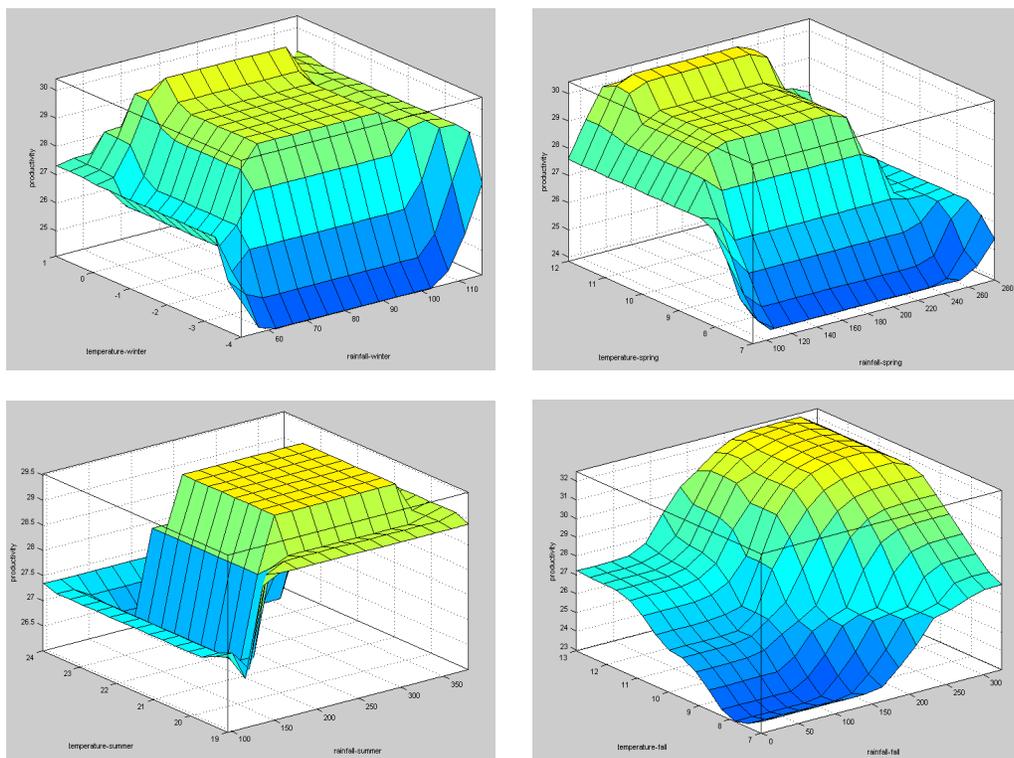


**Рис. 5.** Нечетко-логическая модель зависимости урожайности озимой пшеницы от изменения сезонных осадков и температуры воздуха как прогноз на следующий год

**Fig. 5.** A fuzzy-logical model of dependence of winter wheat productivity on changes in seasonal precipitation and temperature as a forecast for next year

Подобные расчеты сделаны не только для озимой пшеницы, но и для таких сельскохозяйственных культур, как кукуруза, просо, овес, подсолнечник. На основании полученного прогноза в следующем сельскохозяйственном году в предгорной зоне при соблюдении агротехнических технологий повысится урожайность кукурузы, а в степной зоне можно рекомендовать выращивание пшеницы, проса, овса и подсолнечника.

По результатам исследований также разрабатываются рекомендации по минимизации риска снижения производства продукции сельского хозяйства.



**Рис. 6.** Графическое представление по 4 сезонам соответствия осадков  $x$  и температуры воздуха  $y$  как аргументов и урожайности  $z$  как результирующей функции  
**Fig. 6.** Seasonal graphical representation of correspondence in rainfall  $x$  and temperature  $y$  as arguments and productivity  $z$  as the resulting function

Если полученные значения не удовлетворяют пользователя, то нужно выяснить причины такой низкой урожайности. Для этого находится аналог-год из предыдущих лет и определяется возможность аномальных процессов для принятия управленческих решений. Можно использовать культуры с коротким сроком вегетации и высевать их до наступления аномалии или после [5].

### Заключение

Таким образом, проведен анализ зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от колебаний погодно-климатических характеристик. Сформирована и адаптирована к тиражированию схема и действующие приемы моделирования на основе некоторых элементов аппарата нечеткой логики. Целью любого моделирования, как правило, является прогноз по алгоритму: предикторы как входные параметры, «черный ящик» как аппарат преобразования модели в прогноз и предиктанты как выходные параметры прогноза.

Теоретические разработки опробованы на конкретной задаче прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур для предгорных и степных (низинных) угодий КБР.

## Выводы

— на территории Кабардино-Балкарской республики климатические характеристики температурного режима и режима осадков стабильны без резких отклонений в следующем сельскохозяйственном году;

— в предгорной зоне можно расширить посевные площади для выращивания кукурузы на зерно и на силос;

— в степной зоне в следующем сельскохозяйственном году климат будет благоприятствовать выращиванию озимой пшеницы и получения высокого урожая;

— из-за устойчивой теплой погоды в южной части степной зоны подсолнечник даст высокий урожай.

## Библиографический список

1. Борисенков Е.П. Связь температуры и осадков с урожайностью // Труды ГГО. 1984. Вып. 471. С. 46—50.
2. Замятин С.А., Измestьев В.М., Виноградов Г.М., Лапшин Ю.А., Виноградова И.А. Тенденции в изменении климата, влияющие на земледелие // Земледелие. 2010. № 4. С. 13—14.
3. Fukui H. Climatic variability and agriculture in tropical moist regions // Proceedings of the world climate Conference. 1979. World Meteorological Association Report № 537. P. 426—479.
4. Бисчоков Р.М., Аджиева А.А., Кудаев Р.Х., Тукова Ф.Х., Тхайцухова С.Р. Методика минимизации риска снижения производства продукции сельского хозяйства. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2014. 290 с.
5. Бисчоков Р.М. Климатические особенности предгорной, степной и горной зон Кабардино-Балкарской республики в зимний период // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 2(26). С. 18—23.
6. Мирмович Э.Г. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций и рисков как научно-практическая задача // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. М.: ВИНТИ, 2003. Вып. 1. С. 142—146.
7. Юдин М.И., Мещерская А.В. Некоторые оценки естественных составляющих как предикторов, так и предиктантов // Тр. ГГО. 1972. Вып. 273. С. 3—15.
8. Юдин М.И., Блажевич В.Г., Репинская Р.П. Некоторые вопросы отбора значимых предикторов // Труды ГГО. 1972. Вып. 273. С. 16—28.
9. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М.: Знание, 1974. С. 5—19.
10. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Режим доступа: <http://www.matlab.exponenta.ru> Дата обращения: 26.02.2020.
11. Мирмович Э.Г., Жаренов А.Б. Анализ проблемы поддержки выработки решений на действия в кризисных ситуациях в условиях неопределенности // Технологии гражданской безопасности. 2007. № 3(13). С. 82—89.
12. Bischokov R., Apazhev A., Trukhachev V., Didanova E. Method of minimizing the risk of reducing the production of agricultural products by means of fuzzy logic // Advances in Intelligent Systems Research. International Scientific and Practical Conference «Digitization of Agriculture — Development Strategy». 2019. Vol. 167. P. 401—404. doi: 10.2991/ispc-19.2019.89
13. Бисчоков Р.М., Аджиева А.А., Тхайцухова С.Р. Применение нечеткой логики для анализа рисков в аграрном секторе // Вестник Курганской ГСХА. 2014. № 3(11). С. 57—60.
14. Waongo M., Laux P., Traore S.B., Sanon M., Kunstmann H. A crop model and fuzzy rule based approach for optimizing maize planting dates in Burkina Faso, West Africa // Journal of applied meteorology and climatology. 2014. V. 53. P. 598—613. doi: 10.1175/JAMC-D-13-0116.1

## References

1. Borisenkov EP. Communication of temperature and rainfall with productivity. In: *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory. Issue 471*. Leningrad: Gidrometeoizdat publ.; 1984; (471):46—50. (In Russ.)
2. Zamyatin SA, Izmayev VM, Vinogradov GM, Lapshin YA, Vinogradova IA. Tendency in climate change influencing agriculture. *Zemledelie*. 2010; (4):13—14. (In Russ.)
3. Fukui H. Climatic variability and agriculture in tropical moist regions. In: *Proceedings of the World Climate Conference, World Meteorological Association Report № 537*. Geneva; 1979. p.426—479.
4. Bischokov RM, Adzhiyeva AA, Kudayev RH, Tukova FH, Tkhaytsukhova SR. *Metodika minimizatsii riska snizheniya proizvodstva produktsii sel'skogo khozyaistva* [Minimization of risk of decrease in agriculture production]. Nalchik: Kabardino-Balkarian SAU publ.; 2014. (In Russ.)
5. Bischokov RM. Climate features of the piedmont, steppe and mountain zones of the Kabardino-Balkarian republic in winter period. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2018; (2):18—23. (In Russ.)
6. Mirmovich EG. Forecasting of emergency situations and risks as a scientific and practical task. In: *Problemy bezopasnosti pri chrezvychaynykh situatsiyakh. Vypusk 1* [Security concerns at emergency situations. Issue 1]. Moscow: VINITI publ.; 2003. p.142—146. (In Russ.)
7. Yudin MI, Mescherskaya AV. Some estimates of the natural components of both predictors and predictants. In: *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory. Issue 273*. Leningrad: Gidrometeoizdat publ.; 1972. p.3—15. (In Russ.)
8. Yudin MI, Blazhevich VG, Repinskaya RP. Some questions of selection of significant predictors. In: *Proceedings of Voeikov Main Geophysical Observatory. Issue 273*. Leningrad: Gidrometeoizdat publ.; p.16—28. (In Russ.)
9. Zadeh L. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. In: *Matematika segodnya* [Math today]. Moscow: Znanie publ.; 1974. p.5—19. (In Russ.)
10. Shtovba SD. *Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku* [Introduction to the theory of fuzzy sets and fuzzy logic]. Available from: <http://www.matlab.exponenta.ru> [Accessed 26th February 2020]. (In Russ.)
11. Mirmovich EG, Zharenov AB. Analyses of the decision making support problem on actions in crisis situations in conditions of uncertainty. *Civil security technology*. 2007; (3):82—89.
12. Bischokov R, Apazhev A, Trukhachev V, Didanova E. Method of minimizing the risk of reducing the production of agricultural products by means of fuzzy logic. In: *Advances in Intelligent Systems Research. International Scientific and Practical Conference «Digitization of Agriculture — Development Strategy»*, Vol. 167. Atlantis Press; 2019. p.401—404. doi: 10.2991/ispc-19.2019.89
13. Bischokov RM, Adzhiyeva AA, Tkhaytsukhova SR. Application of fuzzy logic for risk analysis in agrarian sector. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2014; (3):57—60.
14. Waongo M, Laux P, Traore SB, Sanon M, Kunstmann H. A crop model and fuzzy rule based approach for optimizing maize planting dates in Burkina Faso, West Africa. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2014; 53(3):598—613. doi: 10.1175/JAMC-D-13-0116.1

---

### Об авторе:

Бисчочков Руслан Мусарбиевич — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики и информатики, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Российская Федерация, 360030, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 1в; e-mail: rusbis@mail.ru

### About author:

Bischokov Ruslan Musarbievich — Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Higher Mathematics and Computer Science, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v, Lenina avenue, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russian Federation; e-mail: rusbis@mail.ru

## Защита растений Plant protection

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-134-141  
UDC 595.772:577.21

Research article / Научная статья

### Specific Identification Method based on PCR for *Drosophila melanogaster*

Yousef Naserzadeh<sup>1, 2\*</sup>, Elena N. Pakina<sup>1</sup>, Abdorreza M. Nafchi<sup>3</sup>,  
Anvar Sh. Gadzhikurbanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation  
<sup>2</sup>All-Russian Plant Quarantine Centre, Moscow region, Russian Federation  
<sup>3</sup>University Sains Malaysia, Penang, Malaysia  
\*Corresponding author: [unaserzadeh@gmail.com](mailto:unaserzadeh@gmail.com)

**Abstract.** *D. melanogaster* is one of the most harmful citrus fruit flies having a large number of host plants. The molecular diagnostic method has been created for identification the *D. melanogaster* from another non-quarantine species *Drosophila* spp. The proposed method for differentiation is to use the mitochondrial DNA cytochrome oxidase I gene region 709-bp. We amplified samples of DNA with primers Droso-S391 and Droso-A381 by *D. melanogaster*, *D. suzukii*, and *D. Simulans* collections in the laboratory samples from many countries and contrasted with sequences of other GenBank *Drosophila* taxa. The findings of a polymerase chain reaction (PCR) based on DNA sequence polymorphisms showed that these primers accurately identify the area of the gene as well as the unique primers of *Drosophila melanogaster*.

**Keywords:** Identification, diagnosis, *Drosophila melanogaster*, PCR, plant quarantine

**Acknowledgment. Funding.** The research has been conducted with the support of the RUDN University Program «5—100».

#### Article history:

Received: 15 February 2020. Accepted: 18 March 2020

#### For citation:

Naserzadeh Y, Pakina EN, Nafchi AM, Gadzhikurbanov ASh. Specific Identification Method based on PCR for *Drosophila melanogaster*. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):134—141. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-134-141

---

© Naserzadeh Y., Pakina E.N., Nafchi A.M., Gadzhikurbanov A.Sh., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

## Introduction

The *Drosophilidae* family consists of more than 4200 species worldwide, of which more than 2000 are *Drosophila* species [1, 2]. *Drosophila* species are well known for their extensive use in genetic studies of *Drosophila melanogaster* and as common vinegar flies associated with over-ripe and rotting fruit. Many exotic species of fruit fly pose a serious threat to the union of Asia, Australia, the United States, Europe and Russia. Most fruit flies are able to infest and cause significant damage to a wide range of commercial and native fruits and vegetables, although the degree of infestation and damage varies between species. Fruit flies are important too [3—5]. On the positive side, they may act as agents for biological pest control, and the species *Drosophila melanogaster*, as a major research model organism, unlocks genetic and even certain disease-related secrets in humans. On the negative side, fruit flies can be a major agricultural threat, with the potential to destroy up to 100 percent of some crops. For the latter reason, countries without fruit fly infestations may enforce heavy quarantine restrictions or even bans in fruit imported from countries where fruit fly is endemic. Human responsibility in caring for nature extends to showing the utmost concern about introducing foreign species into new areas. History is full of cases of invasive species (*Drosophila melanogaster*, *Drosophila suzukii*, Mediterranean fruit fly, sea lamprey, ctenophore *Mniopsis leidy*, gypsy moth, etc.) that wreak havoc in the habitats into which they were introduced, either intentionally or accidentally [6, 7]. *Drosophila* species are well-known pests in restaurants, grocery stores, and fruit and home markets. *Drosophila* spp. are also identified as a nuisance pest during winemaking and fruit fermentation. *D. melanogaster* identified as a major risk and poses a major challenge to the production of fruit. *D. melanogaster* is a major quarantine pest for growers, gardeners and researchers in Russia's quarantine centers and other farmers around the world. Since there are many environments where opportunistic invasive species can flourish, there is a need to quarantine transported goods and items capable of carrying dormant or active pest species phases [8—12]. The quarantine strategies include regional and international import and export prohibitions, removal of potentially contaminated goods and decontamination in the form of fumigation, steam cleaning and chemical irradiation [13, 14]. Such pathogens and *Drosophila melanogaster* are a major concern and risk for the fruit industry as it is no longer possible to remove or contain them. To reduce the economic impact on fruit production in the Russian Federation, the implementation of targeted integrated pest management (IPM) is crucial. Besides, farmers need to quickly decide if the larvae in harvested berries are *Drosophila melanogaster* [15]. There is no way to distinguish *D. melanogaster* at the moment. The main objective of this research is to classify the molecular species *Drosophila melanogaster* [5, 16—20]. Our goal was to create an alternative identification technique for *Drosophila melanogaster* to improve morphological identification and allow for rapid identification of immature phases without the expense of sequencing DNA. The polymerase chain reaction was created to identify insects as a reliable and cost-effective method.

## Materials and Methods

*DNA extraction, amplification and sequencing.* DNA was extracted from the material under study (insect and larvae) which was performed by treating the specimens with Proteinase K followed by removal of proteins with no extraction with organic solvents

and using DNA Ekstran-2 kit, set № NG-511—100 (“Synthol”, Russian Federation) as per manufacturer’s instructions. Since drosophilids are very small size, physical disruption of tissue was performed by finely chopping with sterile scissors. This is a rapid method of DNA extraction and provides a time advantage, especially for urgent diagnostic needs. DNA extracts were quantified on a NanoDrop 2000 spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific Inc., USA).

#### *Polymerase chain reaction*

Table 1

**Qualitative time PCR assay for the identification of *Drosophila melanogaster*: Reaction composition and temperature cycling conditions**

Target genes	Primer	Primer sequence (5'-3')	
<i>Drosophila melanogaster</i>	Droso-S391	AAATAACAATACAGGACTCATATcc	Sint et al. 2014
	Droso-A381	gTAATACGCTTACATACATaAAGGTATA	Sint et al. 2014

A denotes the forward and S the reverse primer. Lower-case letters in the group primer sequences indicate modifications of the original primers [21]

Primer Droso-S391 (5-AAATAACAATACAGGACTCATATcc –3') as a forward and Droso-A381 (5-gTAATACGCTTACATACATaAAGGTATA –3') as a reverse were used. In order to make PCR mix we used 0.5 µl (10 p mol) µl of each primer, 5 µl of screen-mix (HS-5x), 17 µl H<sub>2</sub>O and 1 µl DNA (table 2). The total volume should be 25 µl. After that put tubes in PCR machine, in a Veriti™ thermocycler (Applied Biosystems, USA). The reaction mixture was as follows: ready-to-use PCR mixture Screen Mix-HS (Evrogen, Russia). PCR conditions: denaturation at 95 °C for 90 sec. followed by 40 cycles, including 15 sec. at 90 °C; primer annealing for 30 sec. at 63 °C; elongation for 30 sec. at 72 °C; final elongation for 5 min at 72 °C. The *Drosophila spp.* primers, Droso-S391 and Droso-A381, are targeting several *Drosophila* species and generate an amplicon of 220-bp length. PCR conditions were identical for both primer pairs: each 25 µL reaction included 2 µl of DNA extract (10 pmol), 5x PCR Master Mix, Screen-mix (HS-5x), 0.5 µM each primer, 17 µl water.

*PCR-products purification.* Added a 1:1 volume of Binding Buffer to completed PCR mixture (e.g. for every 100 µL of the reaction mixture, add 100 µL of Binding Buffer). Mixed thoroughly. Transferred up the solution to the GeneJET purification column. Centrifuged for 30—60 s. discarded the flow-through. Added 700 µL of Wash Buffer to the GeneJET purification column. Centrifuged for 30—60 s. discarded the flow-through and place the purification column back into the collection tube. Then centrifuged the empty GeneJET purification column for an additional 1 min after that transferred the GeneJET purification column to a clean 1.5 mL micro centrifuged tube. Added 50 µL of Elution Buffer to the center of the GeneJET purification column membrane and centrifuged for 1 min.

*Sequencing.* Sequencing was done by the generally accepted protocol with the use of Genetic Analyzer AB-3500 (Applied Biosystems, USA). Primary comparison for the results of the sequence with the GeneBank genetic sequence database was performed by the NCBI BLAST web site (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). BioEdit v.7.0.5.3, sequence alignment editor was used for sequence checking, alignment, and editing.

Sanger Dideoxy directly sequenced PCR products in both directions. Sequences of forward and reverse DNA strands were then edited and aligned manually using SEAVIEW

software. MEGA6 and SEAVIEW were used for sequence analysis. Blast searches at NCBI were performed for species identification. For multiple sequence alignment, complete COI gene sequences of some dipteran insects were collected from NCBI and their list is shown in Table 2. Sequences were aligned using CLUSTAL W. For phylogenetic analysis, MEGA6 and SEAVIEW were used. A neighbor-joining tree was constructed using MEGA6 to observe phylogenetic relationships of this fly with another dipteran genus. For protein coding nucleotide sequences, genetic code was selected for “invertebrate mitochondrial” and a number of bootstrap replicons was set to 100.

Table 2

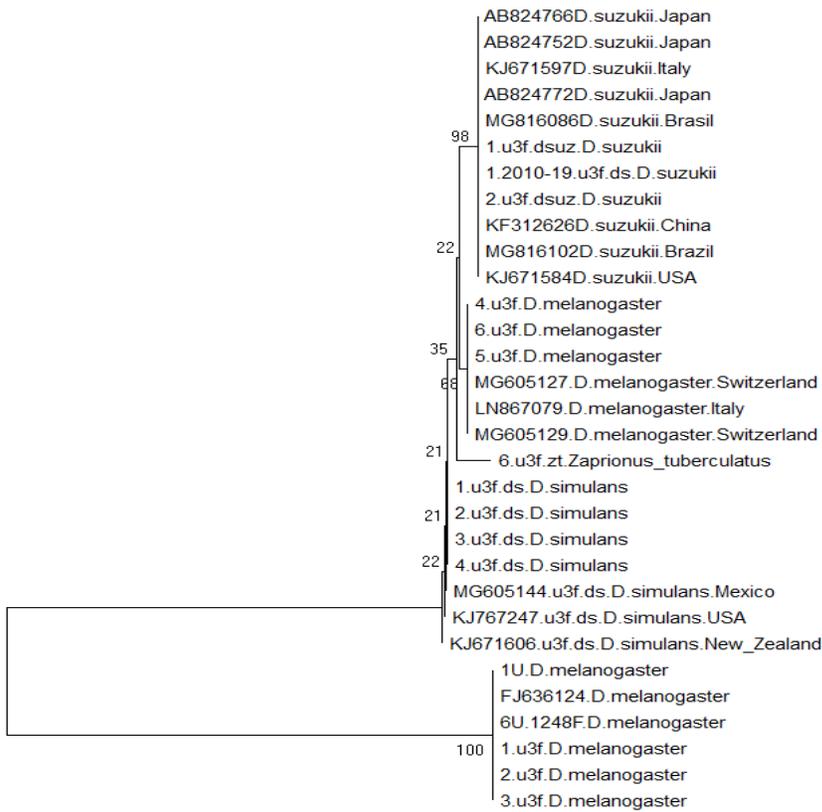
A list of sequences for the present study

No	Species and Accession number	Country	Data from laboratory of Russian quarantine	Data from GenBank
1	<i>1U.D. Melanogaster</i>	Turkey	✓	
2	<i>6U.1248F.D.melanogaster</i>	Egypt	✓	
3	<i>1.u3f.D.melanogaster</i>	Turkey	✓	
4	<i>2. u3f.D.melanogaster</i>	Egypt	✓	
5	<i>3. u3f.D.melanogaster</i>	Turkey	✓	
6	<i>4. u3f.D.melanogaster</i>	Turkey	✓	
7	<i>5. u3f.D.melanogaster</i>	Turkey	✓	
8	<i>6. u3f.D.melanogaster</i>	Mexico	✓	
9	<i>MG605127.D.melanogaster</i>	Switzerland		✓
10	<i>LN867079.D.melanogaster</i>	Italy		✓
11	<i>MG605129.D.melanogaster</i>	Switzerland		✓
12	<i>FJ636124.D.melanogaster</i>	Switzerland		✓
13	<i>1.u3f.ds.D.Simulans</i>	Turkey	✓	
14	<i>2.u3f.ds.D.Simulans</i>	Iran	✓	
15	<i>3.u3f.ds.D.Simulans</i>	Turkey	✓	
16	<i>4.u3f.ds.D.Simulans</i>	Mexico	✓	
17	<i>MG605144.u3f.ds.D.Simulans</i>	Mexico		✓
18	<i>KJ767247.u3f.ds.D.Simulans</i>	USA		✓
19	<i>KJ671606.u3f.ds.D.Simulans</i>	New Zealand		✓
20	<i>1.u3f.dsuz.D.Suzukii</i>	Canada	✓	
21	<i>2.u3f.dsuz.D.Suzukii</i>	Turkey	✓	
22	<i>1.2010–19.u3f.ds.D.Suzukii</i>	Mexico	✓	
23	<i>AB824772D.Suzukii</i>	Japan		✓
24	<i>KJ671597D.Suzukii</i>	Italy		✓
25	<i>AB824766D.Suzukii</i>	Japan		✓
26	<i>AB824752D.Suzukii</i>	Japan		✓
27	<i>KF312626D.Suzukii</i>	China		✓
28	<i>MG816102D.Suzukii</i>	Brazil		✓
29	<i>MG816086D.Suzukii</i>	Brazil		✓
30	<i>KJ671584D.Suzukii</i>	USA		✓
31	<i>6.u3f.zt.Zaprionus Tuberculatus</i>	Mexico	✓	

## Results and Discussion

*Drosophila melanogaster* is a small, common fly found near unripe and rotten fruit. It has been in use for over a century to study genetics and behavior [1, 22–27]. Thomas Hunt Morgan was the preeminent biologist studying *Drosophila* early in the 1900s. He was the first to discover sex linkage and genetic recombination, which placed the small fly at the forefront of genetic research. Due to its small size, ease of culture and short generation time, geneticists have been using *Drosophila* ever since. Fruit flies are easily obtained from the wild and many biological science companies carry a variety of different mutations [8–29]. In addition, these companies sell any equipment needed to culture

the flies. Costs are relatively low and most equipment can be used year after year. There is a variety of laboratory exercises one could purchase, although the necessity to do so is questionable. Compared to GenBank entries using BLAST, the sequences produced from PCR products obtained by testing field-collected predators were used to verify target DNA amplification. All matches for the *Drosophila* spp [30]. Primers consisted of *Drosophila* sequences with a similarity of 98...100 %. As mentioned, correct identification of them is almost unlikely unless they are brought up to adults. This can be a high-risk operation, as many facilities around the world may not have the quarantine protection needed to rear pests like *D. melanogaster* and egg rearing failure may be very high. However, the long-term portion of identification rearing may be challenging when fresh produce worth hundreds of thousands to millions of dollars is at stake. In such cases, the solution may be given by molecular recognition techniques [7, 31, 32]. For several decades, polymerase chain reaction (PCR)-based approaches have been used to classify pests and diseases worldwide. Results showed that these primers accurately identify the area of the gene as well as the particular region of *D. melanogaster*. When samples are too poorly maintained for adequate morphological identification or when only immature specimens are available, the suggested PCR molecular diagnosis can be used as a quick and efficient identification method. For this economically important invasive species, a different identification strategy may allow for more precise monitoring and detection and may prevent misidentification (fig.).



Phylogenetic tree for *Drosophila* sp

## Conclusion

In conclusion, with our selection of DNA, we optimized the PCR process with Russian chemistry. Created here is suitable for regular use by diagnostic and research organizations to promote exports and imports, as well as globally reducing and monitoring the spread of this pest by border security organizations. This assay provides a quick, accurate and precise alternative methods to the identification *D. melanogaster*. Because PCR machines are accessible in a 96-well or other configuration, this technique is suitable for high-performance applications that are often needed during large-scale studies of infestation during an incursion. This assay has been fully optimized for instant jobs in the Russian Federation. We recommend pre-deployment testing in places outside Moscow to guarantee that no false positive is detected, although this would be extremely unlikely.

## References

1. Asplen MK, Anfora G, Biondi A, Choi DS, Chu D, Daane KM, et al. Invasion biology of spotted wing *Drosophila (Drosophila suzukii)*: a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*. 2015; 88(3):469–494. doi: 10.1007/s10340-015-0681-z
2. Kanzawa T. Studies on *Drosophila suzukii* mats. Kofu: Yamanashi Agricultural Experimental Station; 1939.
3. Burrack HJ, Fernandez GE, Spivey T, Kraus DA. Variation in selection and utilization of host crops in the field and laboratory by *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), an invasive frugivore. *Pest Management Science*. 2013; 69(10):1173–1180. doi: 10.1002/ps.3489
4. Parchami-Araghi M, Pont AC, Gilasian E, Basavand F, Mousavi H. First Palaearctic record of the genus *Pygophora* Schiner, 1868 (Diptera: Muscidae) from Iranian Baluchestan. *Zoology in the Middle East*. 2017; 63(3):280–282. doi: 10.1080/09397140.2017.1331589
5. Naserzadeh Y, Mahmoudi N, Pakina E, Wase M, Anne I, Heydari M, et al. Parameters Affecting the Biosynthesis of Gold Nanoparticles Using the Aquatic Extract of *Scrophularia striata* and their Antibacterial Properties. *Journal of Nanoanalysis*. 2019; 6(2):105–114. doi: 10.22034/JNA.2019.667091
6. Mans DR, Sairras S, Ganga D, Kartopawiro J. Exploring the global animal biodiversity in the search for new drugs–insects. *J Transl Sci*. 2016; 3(1):371–386. doi: 10.15761/JTS.1000164
7. Walsh DB, Bolda MP, Goodhue RE, Dreves AJ, Lee J, Bruck DJ, et al. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*. 2011; 2(1): G1–G7. doi: 10.1603/IPM10010
8. Nikolouli K, Colinet H, Renault D, Enriquez T, Mouton L, Gibert P, et al. Sterile insect technique and *Wolbachia* symbiosis as potential tools for the control of the invasive species *Drosophila suzukii*. *Journal of pest science*. 2018; 91(2):489–503. doi: 10.1007/s10340-017-0944-y
9. Rota-Stabelli O, Ometto L, Tait G, Ghirrotto S, Kaur R, Drago F, et al. Distinct genotypes and phenotypes in European and American strains of *Drosophila suzukii*: implications for biology and management of an invasive organism. *Journal of Pest Science*. 2020; 93(1):77–89. doi: 10.1007/s10340-019-01172-y
10. Diepenbrock LM, Burrack HJ. Variation of within crop microhabitat use by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blackberry. *Journal of Applied Entomology*. 2016; 141(1–2):1–7. doi: 10.1111/jen.12335
11. Poyet M, Eslin P, Héraude M, Le Roux V, Prévost G, Gibert P, et al. Invasive host for invasive pest: when the Asiatic cherry fly (*Drosophila suzukii*) meets the American black cherry (*Prunus serotina*) in Europe. *Agricultural and forest entomology*. 2014; 16(3):251–259. doi: 10.1111/afe.12052
12. Correa SC, Wille CL, Hoffer H, Boff MI, Franco CR. Oviposition preference and biology of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on grape vine genotypes. *Revista Caatinga*. 2018; 31(4):850–859. doi: 10.1590/1983-21252018v31n407rc
13. Hauser M. A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest management science*. 2011; 67(11):1352–1357. doi: 10.1002/ps.2265
14. Landolt PJ, Adams T, Rogg H. Trapping spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. *Journal of Applied Entomology*. 2012; 136(1-2):148–154. doi: 10.1111/j.1439-0418.2011.01646.x

15. Nestel D, Nemny-Lavy E, Chang CL. Lipid and protein loads in pupating larvae and emerging adults as affected by the composition of Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) mericid larval diets. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 2004; 56(3):97–109. doi: 10.1002/arch.20000
16. Chang CL. Effect of amino acids on larvae and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 2004; 97(3):529–535. doi: 10.1603/0013-8746(2004)097[0529:EOAOL]2.0.CO;2
17. Rashid MA, Andongma AA, Dong YC, Ren XM, Niu CY. Effect of gut bacteria on fitness of the Chinese citrus fly, *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae). *Symbiosis*. 2018; 76(1):63–69. doi: 10.1007/s13199-018-0537-4
18. Green L, Battlay P, Fournier-Level A, Good RT, Robin C. Cis- and trans-acting variants contribute to survivorship in a naïve *Drosophila melanogaster* population exposed to ryanoid insecticides. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019; 116(21):10424–10429. doi: 10.1073/pnas.1821713116
19. Lachaise D, Cariou ML, David JR, Lemeunier F, Tsacas L, Ashburner M. Historical biogeography of the *Drosophila melanogaster* species subgroup. In: Hecht MK, Wallace B, Prance GT. (eds). *Evolutionary biology*. Boston, MA: Springer; 1988. p.159–225. doi: 10.1007/978-1-4613-0931-4\_4
20. Lee CH, Rimesso G, Reynolds DM, Cai J, Baker NE. Whole-genome sequencing and iPLEX MassARRAY genotyping map an EMS-induced mutation affecting cell competition in *Drosophila melanogaster*. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 2016; 6(10):3207–3217. doi: 10.1534/g3.116.029421
21. Lillesaar C, Gaspar P. Serotonergic Neurons in Vertebrate and Invertebrate Model Organisms (Rodents, Zebrafish, *Drosophila melanogaster*, *Aplysia californica*, *Caenorhabditis elegans*). In: Pilowsky PM. (ed.) *Serotonin*. Academic Press; 2019. p.49–80. doi: 10.1016/B978-0-12-800050-2.00003-6
22. Lynch ZR, Schlenke TA, de Roode JC. Evolution of behavioural and cellular defences against parasitoid wasps in the *Drosophila melanogaster* subgroup. *Journal of Evolutionary Biology*. 2016; 29(5):1016–1029. doi: 10.5061/dryad.5t5m4
23. Mahmoudi N, Naserzadeh Y, Pakina EN, Limantceva LA, Nejad DK. Molecular identification of *Ditylenchus destructor* nematode with PCR Species-Specific primers in the Moscow region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(4):430–436. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-430-436
24. Melcarne C, Ramond E, Dudzic J, Bretscher AJ, Kurucz É, Andó I, et al. Two Nimrod receptors, NimC1 and Eater, synergistically contribute to bacterial phagocytosis in *Drosophila melanogaster*. *The FEBS Journal*. 2019; 286(14):2670–2691. doi.org/10.1111/febs.14857
25. Naserzadeh Y, Kartoolinejad D, Mahmoudi N, Zargar M, Pakina E, Heydari M, et al. Nine strains of *Pseudomonas fluorescens* and *P. putida*: Effects on growth indices, seed and yield production of *Carthamus tinctorius* L. *Research on Crops*. 2018; 19(4):622–632. doi: 10.31830/2348-7542.2018.0001.39
26. Naserzadeh Y, Nafchi AM, Mahmoudi N, Nejad DK, Gadzhikurbanov ASH. Effect of combined use of fertilizer and plant growth stimulating bacteria *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter* and *Pseudomonas* on the quality and components of corn forage in Iran. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(3):209–224. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-3-209-224
27. Yassin A, Debat V, Bastide H, Gidaszewski N, David JR, Pool JE. Recurrent specialization on a toxic fruit in an island *Drosophila* population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016; 113(17):4771–4776. doi: 10.1073/pnas.1522559113
28. Naserzadeh Y, Mahmoudi N, Pakina E. Antipathogenic effects of emulsion and nanoemulsion of cinnamon essential oil against *Rhizopus* rot and grey mold on strawberry fruits. *Foods and Raw Materials*. 2019; 7(1):210–216. doi: 10.21603/2308-4057-2019-1-210-216.

#### About authors:

*Naserzadeh Yousef* — Researcher, Agro-Biotechnological Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; All-Russian Plant Quarantine Centre, 32, Pogradnaya st., Bykovo vil., Ramensky district, Moscow region, 140150, Russian Federation; e-mail: unaserzadeh@gmail.com

*Pakina Elena Nikolaevna* — Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Agro-Biotechnological Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: e-pakina@yandex.ru

*Nafchi Abdorrezza Mohammadi* — Professor, University Sains Malaysia, E42, Chancellory II st., Penang, 11800, Malaysia; e-mail: amohammadi@usm.my

*Gadzhikurbanov Anvar Shikhragimovich* — Agroengineering Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: gadcgikurbanow@mail.ru

## Идентификация *Drosophila melanogaster* методом полимеразной цепной реакции

Ю. Насерзаде<sup>1, 2 \*</sup>, Е.Н. Пакина<sup>1</sup>, А.М. Нафчи<sup>3</sup>, А.Ш. Гаджикурбанов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Всероссийский центр карантина растений, Московская область, Российская Федерация

<sup>3</sup>Научный университет Малайзии, Пенанг, Малайзия

\*unaserzadeh@gmail.com

**Аннотация.** *D. melanogaster* — одна из наиболее вредоносных плодовых мух, повреждающих цитрусовые и многие другие сельскохозяйственные растения. Молекулярный метод диагностики был создан для идентификации *D. melanogaster* от другого некарантинного вида *Drosophila* spp. Предложенный метод дифференциации заключается в использовании фрагмента гена цитохромоксидазы субъединицы 1 митохондриальной ДНК размером 709 п. н. С помощью праймеров Droso-S391 и Droso-A381 были амплифицированы образцы ДНК *D. melanogaster*, *D. suzukii* и *D. Simulans* в лабораторных образцах из разных стран, далее их сравнили с последовательностями других таксонов *Drosophila* из базы GenBank. Результаты проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) на основе полиморфизма нуклеотидных последовательностей показали, что данные праймеры точно идентифицируют участок гена, также как и специфические праймеры *Drosophila melanogaster*.

**Ключевые слова:** идентификация, диагностика, *Drosophila melanogaster*, полимеразная цепная реакция, ПЦР, карантин растений

**Финансирование. Благодарности:** Исследование проведено при финансовой поддержке Программы РУДН «5—100».

### История статьи:

Поступила в редакцию: 15 февраля 2020 г. Принята к публикации: 18 марта 2020 г.

### Для цитирования:

Naserzadeh Y., Pakina E.N., Nafchi A.M., Gadzhikurbanov A.Sh. Specific Identification Method based on PCR for *Drosophila melanogaster* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 134—141. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-134-141

### Об авторах:

*Насерзаде Юсеф* — научный сотрудник агробиотехнологического департамента, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; Всероссийский центр карантина растений, Российская Федерация, 140150, Московская область, Раменский район, с. Быково, ул. Пограничная, д. 32; e-mail: unaserzadeh@gmail.com;

*Пакина Елена Николаевна* — кандидат биологических наук, доцент, агробиотехнологический департамент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: e-pakina@yandex.ru

*Нафчи Абдорреза Мохаммади* — профессор, Научный университет Малайзии, Малайзия, 11800, Пенанг, ул. Канцлера II, E42; e-mail: amohammadi@usm.my

*Гаджикурбанов Анвар Шихрагимович* — агроинженерный департамент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: gadgikurbanow@mail.ru

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-142-149  
UDC 591.531.15(495)

Research article / Научная статья

## Data on biology and ecology of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) on fruit trees in the Peloponnese

George J. Stathas<sup>1\*</sup>, A. Kostriva<sup>1</sup>, Panagiotis J. Skouras<sup>1</sup>,  
Dimitrios C. Kontodimas<sup>2</sup>, Ch.F. Karipidis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Peloponnese, Antikalamos, Greece

<sup>2</sup>Benaki Phytopathological Institute, Kifissia, Greece

<sup>3</sup>University of Ioannina, Arta, Greece

\*Corresponding author: [gstathas@teikal.gr](mailto:gstathas@teikal.gr)

**Abstract.** The study was conducted in Kalamata, Messinia, province of the Peloponnese, where infestations of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) were found on kiwi trees *Actinidia deliciosa* (Actinidiaceae), peach trees *Prunus persica* (Rosaceae) and mulberry trees *Morus alba* (Moraceae). Data on biology and ecology of the scale were recorded by samplings of infested branches of mulberry trees and by examining them in the laboratory, during the years 2016—2018. *Pseudaulacaspis pentagona* is an oviparous and amphigonic species. The fecundity of the scale fluctuated between 97 and 133 eggs per female. In the area of Kalamata it completed 3 generations per year and overwintered as mated pre-ovipositing female. The main natural enemies of *P. pentagona* recorded in the area of Kalamata are the coccinellid predators: *Chilocorus bipustulatus* (L.) and *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell.

**Keywords:** fecundity, natural enemies, predators, *Pseudaulacaspis pentagona*

### Article history:

Received: 27 February 2020. Accepted: 15 March 2020

### For citation:

Stathas G.J., Kostriva A., Skouras P.J., Kontodimas D.C., Karipidis Ch.F. Data on biology and ecology of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) on fruit trees in the Peloponnese. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):142—149. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-142-149

## Introduction

The scale insect *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) is a polyphagous species, which originated from Asia (Japan or China) and it is widespread worldwide. It has been recorded in 110 countries on 221 host plant species, belonging to 85 plant families. In many regions of the world, such as in the

© Stathas G.J., Kostriva A., Skouras P.J., Kontodimas D.C., Karipidis Ch.F., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
Introduction <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

United States of America: Florida, Carolina, Virginia, in Mediterranean coast and adjacent areas, in Asia: Taiwan, it is considered as one of the main insect pests of fruit trees and ornamental plants, causing serious economic damage [1]. It completes 2 to 4 generations per year in several countries, depending on the climatic conditions and the host plant species. Regarding the phenology of *P. pentagona*, the scale completes 2 generations per year in Switzerland [2], 4 generations in northern Florida [3], 3 in Virginia and 3 in Maryland [4], 4-5 in Bermuda [5], 3 in the Mediterranean part of France and Italy [1, 6], 3 in Romania [1], 3-4 in Turkey [1, 7]; 3 in Russia [8] and 3 in Japan [9].

Many natural enemies of *P. pentagona* have been recorded in several regions of the world, such as Hymenoptera of the families Aphelinidae, Encyrtidae, Eulophidae, Halictidae, Signiphoridae, Trichogrammatidae, Diptera of the family Cecidomyiidae, Neuroptera of the family Chrysopidae, Lepidoptera of the families Noctuidae and Arctiidae, Coleoptera of the family Coccinellidae, mites of the families Hemisarcoptidae and Tetranychidae and entomopathogenic fungus of the family Cordycipitaceae [1].

The presence of *P. pentagona* has been recorded in Greece by Balachowsky [10], Paloukis and Mentzelos [11], Paloukis [12, 13] and Argyriou *et al.* [14]. The phenology of the scale has been studied in Northern Greece, in Central Macedonia on peach trees, where 3 generations were recorded per year, according to the male flight monitoring, using sex pheromone traps [15]. The records of the scale in Northern Greece according to the above mentioned studies are presented in figure 1.

Due to the impact of *P. pentagona* as insect pest of fruit trees in many countries, and due to the lack of information on its ecology in Messinia province, Southern Greece (fig. 1), where serious damages were recorded by the scale on several fruit trees, such as on *Actinidiadeliciosa*, *Prunuspersica* and *Morus alba*, it was considered significant to study its phenology, biology and ecology in this area. The knowledge of the above characteristics of any harmful insect is very important to plan an effective Integrated Control Program.

## Materials and methods

The study was made on the population of the scale insect *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) infesting *Morus alba* (Moraceae) in Kalamata, Messinia, province of the Peloponnese, during January 2016 — December 2018.

For the study of the phenology, samples of infested shoots were collected from trees every two weeks and were transferred in plastic bags to the laboratory. The samples were consisted of 10...15 infested shoots having a length of about 10 cm. The samples were examined under the stereoscope and the number of each developmental stage of the scale and the numbers of parasitized and predated scales were recorded.

The total number of each developmental stage and the numbers of parasitized and predated scales were expressed as the percentage,%, of the total number of the scale found per each sampling. As for parasitized, scales containing larvae and nymphs of parasitoids and scales with exit holes of parasitoids were counted. As for predated, scales having damaged scale cover were counted.

The fecundity was studied by counting the total number of eggs found under the scale cover of 25 ovipositing female adults on 20/9/2017.



**Fig. 1.** Records of *Pseudaulacaspis pentagona*: + – in the provinces of Northern Greece; X – in Messinia province (Southern Greece), during the present study

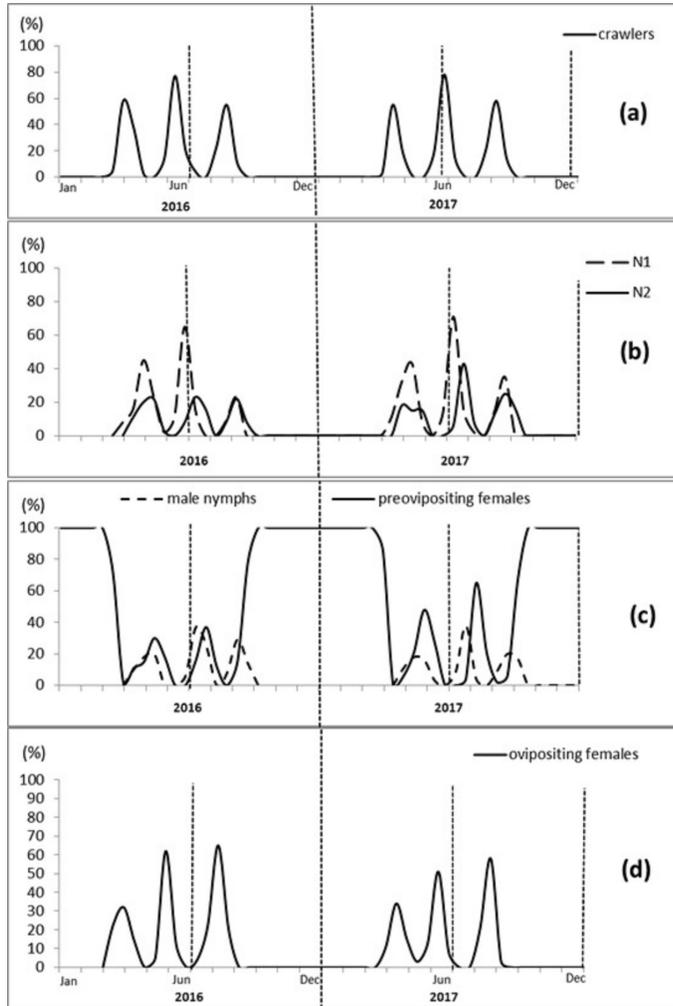
## Results

*Pseudaulacaspis pentagona* was found in the area of Kalamata infesting kiwi trees *Actinidia deliciosa* (Actinidiaceae), peach trees *Prunus persica* (Rosaceae) and mulberry trees *Morus alba* (Moraceae). It is an oviparous biparental species.

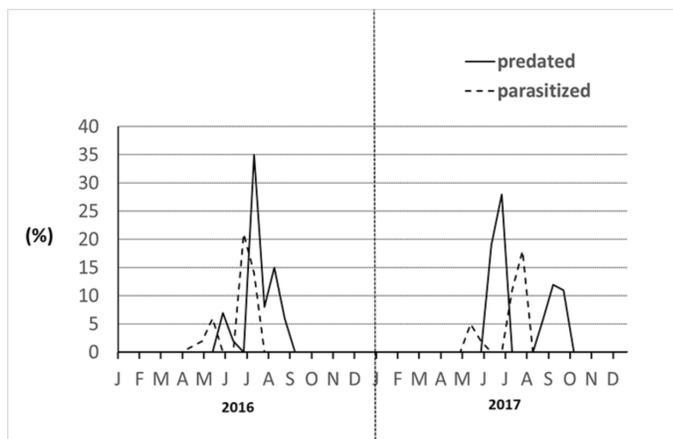
The phenology of *P. pentagona* on *M. alba* in Kalamata during the two year study is presented in fig. 2. As it seems in this figure, the scale completed 3 generations per year, in both years of the study. The peaks of the numbers of the crawlers appeared by the end of April, the beginning of July and the middle of September, in both years (fig. 2a). Later, appeared the settled 1<sup>st</sup> instar nymphs and the 2<sup>nd</sup> instar nymphs (fig. 2b). Fig. 2c shows the fluctuation both of the male nymphs of the scale developed under their scale cover and the pre-ovipositing female adults. In fig. 2d, are seemed the three peaks of the ovipositing female adults.

The number of eggs laid per female fluctuated between 97 and 133 eggs and the average fecundity was estimated to  $118.5 \pm 25.7$  eggs per female.

In fig. 3 the percentage of parasitized and predated scales are presented. The parasitism rate reached to 21 % in July of 2016 and to 18 % in August of 2017. It was not possible to identify the ectoparasite species found on the samples. The percentage of predated scales reached to 35 % on 2/8/2016 and to 28 % on 4/7/2017. Individuals of larvae and adults of the coccinellid predators *Chilocorus bipustulatus* (L.) and *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell were observed on the examined infested samples during June and September in both years of the study.



**Fig. 2.** Percentage of developmental stages of *Pseudaulacaspis pentagona* on *Morus alba* in Kalamata during 2016–2017



**Fig. 3.** Parasitized and predated *Pseudaulacaspis pentagona*, %, on *Morus alba* in Kalamata during 2016–2017

## Discussion

*Pseudaulacaspis pentagona* on *Morus alba* completed 3 generations per year in Kalamata during 2016 and 2017. Similar results are referred to other studies of the scale in several countries. In Northern Greece on peach trees [15], in Virginia and in Maryland [4], in the Mediterranean part of France, in Italy and in Romania [1, 6], in Russia [8] and in Japan [9], *P. pentagona* is referred that it completed 3 generations per year. Nevertheless, 2 generations per year referred to in Switzerland [2] and 3–4 generations in Turkey. The above differences in the number of generations per year completed by *P. pentagona* could be attributed to differences in climatic conditions in the areas where the scale was studied. Beardsley & Gonzalez [16] refer that in particular species, the rate of development and the number of generations per year may vary substantially in different regions. Climatic conditions, particularly temperature, humidity, and rainfall, appear to be the principal controlling factors.

As it seems in fig. 2c, the peaks of male nymphs appeared some days earlier than the appearance of preovipositing female adults to all generations of the scale. In the present study the flights of males were not recorded. But the earlier appearance of male nymphs in comparison to the female adults could indicate that male flights (after their development under the scale covers) occurred at the same time as the female adults' appearance. The presence of males in mid-September to mid-October, followed by the presence of adult females in both years of the study, indicates that the scale overwintered as mated female adult. The same way of overwintering (as mated female) is also reported to other countries as well, such as in Japan: Murakami [9] referred that males of the last generation appeared in early November to mate with the females which overwintered.

As far as it concerns the fecundity of *P. pentagona*, Danzing [17, 18] refers that each female lays about 140 eggs and Varga [18, 19] noted that 80...100 eggs were laid per female. The average number of eggs laid per female on *M. alba* in Kalamata found  $118.5 \pm 25.7$ . The number of eggs recorded in the present study, could be considered only indicative of the fecundity. It represents only the number of eggs found under the scales lifting the scale covers at the specific moment of the examination of the samples and not the total number of eggs that the females could give during their whole longevity. To measure the total fecundity of a scale, the females should be examined isolated during their whole longevity, using the micro-cage technique, under controlled conditions in the laboratory [20].

The parasitism of *P. pentagona* recorded to the present study was attributed to an unidentified ectoparasite. Argyriou, et al. [14] recorded the endoparasite *Prospaltella berleseii* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) as natural enemy of *P. pentagona* in Northern Greece. In the bibliography, many endoparasite and ectoparasites of the family Aphelinidae are referred in several countries as the natural enemies of the scale [1]. The predators of the scale found in Kalamata in this study, were the coccinelids *C. bipustilatus* and *R. lophanthae*. These species are referred as natural enemies of *P. pentagona* in other countries as well [1]. In Northern Greece, the predatory species *Chilocoru ssp.* and *Rhyzobius (Lindorus) lophanthae* are referred as predators of *P. pentagona* [14].

The knowledge of biology, phenology and natural enemies of the scales is necessary to plan an effective program of their Integrated Control. The above characteristics

compose the ecology of the scale in a region and they could vary according to the climatic conditions and the host plant species. The present study held in Southern Greece on *M. alba*, gives some additional information about *P. pentagona* that could be useful to control of the scale in the region of Messinia, Peloponnese.

## Conclusions

*Pseudaulacaspis pentagona* infesting *Morus alba* (Moraceae) in Southern Greece (Kalamata) was found to be an oviparous biparental species, completing 3 generations per year. The peaks in crawler numbers of the three generations were recorded at the end of April, beginning of July and middle of September. The differences in voltinism of the scale recorded in other countries (2-4 generations per year) could be attributed to the differences of the climatic conditions of the countries where the scale was studied.

The mean number of eggs of the scale found under the females in September of 2017 was  $118.5 \pm 25.7$ . This number could be considered as an indicative number of the total fecundity of the scale.

The parasitism rate of *P. pentagona* in Kalamata occurred due to the action of an unidentified ectoparasite species reaching to 21 %. No endoparasite was found on *P. pentagona* in Kalamata, as it was found in Northern Greece. In Kalamata, the main natural enemies of the scale were the coccinellid predators *C. bipustulatus* and *R. lophantae*, reaching a percentage of predated scales up to 35 %.

The data presented in this study, concerning phenology and ecology of *P. pentagona*, could attribute to the application of an effective Integrated Control program of the scale in Southern Greece.

## References

1. Morales MG, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. *Database*. 2016; Volume 2016: bav118. doi: 10.1093/database/bav118
2. Mani E, Kozár F, Schwaller F, Hippe C. The occurrence and biology of the mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Homoptera: Diaspididae), in Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 1997; 70(3-4):399–408. (In German)
3. Van Duyn J, Murphey M. Life history and control of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Homoptera: Coccoidea). *The Florida Entomologist*. 1971. 54(1):91–95. doi: 10.2307/3493794
4. Bobb ML, Weidhaas JA, Ponton LF. White peach scale: Life history and control studies. *Journal of Economic Entomology*. 1973; 66(6):1290–1292. doi: 10.1093/jee/66.6.1290
5. Bennett FD, Brown SW. Life history and sex determination in the diaspine scale *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ.) (Coccoidea). *Canadian Entomologist*. 1958; 90(6):317–324. doi: 10.4039/Ent90317-6
6. Battaglia D, Di Leo A, Malinconico P, Rotundo G. Osservazioni sulla cocciniglia bianca del pesco e del gelso in Basilicata. *Informatore Agrario*. 1994; 50(3):77–80.
7. Bodenheimer FS. The Coccoidea of Turkey III. *Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul*. 1953; 18:91–164.
8. Kunincka GM. *Pseudaulacaspis pentagona* Targ. *Pseudaonia paeoniae* Kkll. Handbook of Quarantine and Other Dangerous Pests, Diseases and Weedy Plants. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle Kolos Moscow*. 1970.
9. Murakami Y. A review of biology and ecology of Diaspine scales in Japan (Homoptera, Coccoidea). *Mushi*. 1970; 43:65–114.
10. Balachowsky AS. *Les cochenilles Paléarctiques de la tribu des Diaspidini*. Memmoires Scientifiques de l'Institut Pasteur. Paris; Institut Pasteur publ., 1954. (In French)
11. Paloukis SS, Mentzelos I. Contribution à l'étude de la bio-écologie et de la lutte de *Pseudaulacaspis (Diaspis) pentagona* Targ. (Homoptera: Diaspididae) ennemi du pêcher en Macedoine Centrale (Grèce). Station

de Recherche pour la Protection des Plantes, Thessalonique, Grèce, Bull. I. 1971.

12. Paloukis SS. *The main scale insects of the fruit trees in Northern Greece*. (In Greek). Plant Protection Institute of Thessaloniki. Thessaloniki, 1976; 148p.

13. Paloukis S. Studies on the bioecology and chemical control of scale insect pests of pome and stone fruit trees in Northern Greece. In: *Proc. X Intern Symp. on Entomofaunistics. Central Europe, Budapest*. 1983. p. 353—357.

14. Argyriou LC, Stavraki HG, Mourikis PA. *A list of recorded entomophagous insects of Greece*. Athens: Benaki Phytopathological Institute; 1976.

15. Kyparissoudas DS. Flight of White Peach Scale, *Pseudaulacaspis pentagona*, Males and Time of Crawler Appearance in Northern Greece. *Entomologia Hellenica*. 1992; 10:21—24.

16. Beardsley Jr JW, Gonzalez RH. The Biology and Ecology of Armored Scales. *Annu. Rev. Entomol.* 1975; 20(1):47—73.

17. Danzing EM. Coccoidea-Scale Insects. In: *Nasekomye i kleshchi-vrediteli sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Insects and tick pests of agricultural crops] Leningrad: Nauka Publ.; 1972. p.189—221. (In Russ). Данциг Е.М. Подотряд Соссоидеа-Червецы или кокциды // Насекомые и клещи-вредители сельскохозяйственных культур. Ленинград: Наука, 1972. Т. 1. С. 189—221.

18. Kosztarab M, Kozár F. *Scale Insects of Central Europe*. Budapest, Hungary: Akademiai Kiado; 1988.

19. Varga I. Present distribution of mulberry scale (*Pseudaulacaspis pentagona* Targ.) in Hungary. *Novenyvedelem* 1971; 7(9):424—426. (In Hungarian)

20. Souissi R, Panis A. Estimation de la fécondité de deux cochenilles des arbres fruitiers *Aspidiotus nerii* Bouchéet *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) par la technique d'isolement sous micro-cages (Hemiptera: Diaspididae). *Annales de la Société Entomologique de France*. 1999; 35:87—92.

#### About authors:

Stathas George J. — Professor Laboratory of Agricultural Entomology and Zoology, Department of Agriculture, School of Agriculture and Food, University of Peloponnese, Antikalamos, Kalamata, 24100, Greece, e-mail: gstathas@teikal.gr

Kostriva A. — Laboratory of Agricultural Entomology and Zoology, Department of Agriculture, School of Agriculture and Food, University of Peloponnese, Antikalamos, Kalamata, 24100, Greece

Skouras Panagiotis J. — Phd, Laboratory of Agricultural Entomology and Zoology, Department of Agriculture, School of Agriculture and Food, University of Peloponnese, Antikalamos, Kalamata, 24100, Greece

Kontodimas Dimitrios C. — Phd, Head of Laboratory of Agricultural Entomology, Department of Entomology and Agricultural Zoology, Benaki Phytopathological Institute, 8 Stefanou Delta, Kifissia, 14561, Greece; e-mail: d.kontodimas@bpi.gr

Karipidis Ch.F. — Laboratory of Productive Agriculture and Plant Health, School of Agriculture, University of Ioannina, Arta, 47100, Greece

## Особенности биологии и экологии *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae), поражающей плодовые деревья на Пелопоннесе

Дж.Дж. Статас<sup>1\*</sup>, А. Кострива<sup>1</sup>, П.Дж. Скоурас<sup>1</sup>, Д.С. Контодимас<sup>2</sup>,  
Ч.Ф. Карипидис<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Университет Пелопоннеса, Антикаламос, Греция

<sup>2</sup>Бенакиский институт фитопатологии, г. Кифисия, Греция

<sup>3</sup>Университет Янины, г. Арта, Греция

\*gstathas@teikal.gr

**Аннотация.** Исследования были проведены в Каламате (Мессения, провинция Пелопоннес), где были обнаружены поражения тутовой щитовкой *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (отряда Hemiptera, семейства Diaspididae) деревьев киви *Actinidia deliciosa* (Actinidiaceae), персика *Prunus persica*

(Rosaceae) и шелковицы *Morus alba* (Moraceae). Данные по биологии и экологии щитовки были собраны путем отбора проб зараженных ветвей тутовых деревьев и исследования их в лаборатории в 2016—2018 гг. Размножается *Pseudaulacaspis pentagona* половым путем, после чего каждая самка откладывает от 97 до 133 яиц. В области Каламата за год развивается 3 поколения *Pseudaulacaspis pentagona*, зимуют оплодотворенные самки. В данном районе основными естественными врагами *P. pentagona* являются хищные кокциnellиды: *Chilocorus bipustulatus* (L.) и *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell.

**Ключевые слова:** плодовитость, естественные враги, хищники, *Pseudaulacaspis pentagona*, тутовая щитовка

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 27 февраля 2020 г. Принята к публикации: 15 марта 2020 г.

**Для цитирования:**

Stathas G.J., Kostriwa A., Skouras P.J., Kontodimas D.C., Karipidis C.F. Data on biology and ecology of *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Hemiptera: Diaspididae) on fruit trees in the Peloponnese // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 142—149. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-142-149

**Об авторах:**

Статас Джордж Дж. — профессор, лаборатория сельскохозяйственной энтомологии и зоологии, Департамент сельского хозяйства, Школа сельского хозяйства и продовольствия, Университет Пелопоннеса, 24100, Греция, Каламата, Антикаламос; e-mail: gstathas@teikal.gr

Кострива А. — лаборатория сельскохозяйственной энтомологии и зоологии, Департамент сельского хозяйства, Школа сельского хозяйства и продовольствия, Университет Пелопоннеса, Греция, 24100, Каламата, Антикаламос

Скурас Панайотис Дж. — Phd, лаборатория сельскохозяйственной энтомологии и зоологии, департамент сельского хозяйства, Школа сельского хозяйства и продовольствия, Университет Пелопоннеса, Греция, 24100, Каламата, Антикаламос

Контодимас Димитрос С. — Phd, заведующий лабораторией сельскохозяйственной энтомологии, департамента энтомологии и сельскохозяйственной зоологии, Бенакиский институт фитопатологии, Греция, 14561, г. Кифисия, ул. Стефану Дельта, д. 8; e-mail: d.kontodimas@bpi.gr

Карипидис Ч.Ф. — лаборатория продуктивного сельского хозяйства и здоровья растений, Школа сельского хозяйства, Университет Янины, Греция, 47100, г. Арта



DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-150-158  
UDC 633.491:632.651:577.21

Research article / Научная статья

## A new primer set for amplification of ITS-rDNA in *Ditylenchus destructor*

Niloufar Mahmoudi<sup>1,\*</sup>, Davoud K. Nejad<sup>3</sup>, Fatemeh Shayanmehr<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>All-Russian Plant Quarantine Centre, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>Semnan University, Semnan, Iran

<sup>4</sup>Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

\*Corresponding author: niloofarmahmoodi@ymail.com

**Abstract.** A technique was developed for the identification of *Ditylenchus destructor* nematode belonging to the *Ditylenchus* genus, based on the use of different primers for polymerase chain reaction (PCR). Two universal ribosomal primers were amplified to the internal transcribed spacer region ITS-rDNA. The sequencing of PCR products confirmed the polymorphism between species. The primers were sensitive to generate a particular band of the correct size (300bp) from the DNA template of a single, separate *D. destructor* stage of development. Screening populations of *D. destructor* from Iran and the Russian Federation have tested the reliability of the primers, and the expected size of the band was produced for all test populations. *Ditylenchus destructor* closely related species have also been tested and no specific band was amplified. Such results showed that the primers currently developed are useful for quantifying the *D. destructor* density in potato tuber.

**Keywords:** Potato nematode, ITS-rDNA, *Ditylenchus destructor*, Primer design

**Acknowledgment. Funding:** The research has been conducted with the support of the RUDN University Program «5—100».

### Article history:

Received: 12 March 2020. Accepted: 10 April 2020

### For citation:

Mahmoudi N, Nejad DK, Shayanmehr F. A new primer set for amplification of ITS-rDNA in *Ditylenchus destructor*. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):150—158. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-150-158

## Introduction

Since the advent of polymerase chain reaction (PCR) and a large amount of genetic data produced with DNA sequencing, molecular-based detection tools have been widely developed and successfully used for plant parasite nematodes diagnosis. Molecular detection

© Mahmoudi N., Nejad D.K., Shayanmehr F., 2020



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

tools have the following advantages compared to other approaches, (i) can be used in a high throughput manner, (ii) DNA information can be easily acquired with a large number of databases and sequencing information, (iii) inexpensive, fast and accurate, (iv) DNA markers are independent of phenotypic variation and nematode developmental stage [1]. DNA-based detection tools make excellent nematode diagnostic methods because they are simple, accurate and quick [2, 3] and can be used with a wide variety of sample types, including host tissue, eggs, egg masses, soil extracts and fixed samples [4]. The sequences contain readily detectable genetic markers in the form of tandem repeats used to create phylogenetic trees [5] for the evaluation and diagnosis of genetically related populations [6]. Because nematodes species descriptions have historically been focused on the idea of morphological or typological organisms, molecular techniques have recently shown that many assumed monospecific species are siblings or cryptic species, genetically distinct but shared common morphological diagnostic characteristics [7–9]. [10, 11] and [12] used and recommended the specific primers to identify *D. destructor* rDNA ITS regions have also been reported to be used successfully for phylogenetic analysis [11–14]. Nonetheless, the definition of nematode species has been debated recently, indicating that species delimitation should be based primarily on an amalgamation of polyphasic taxonomy concepts, which assembles and assimilates all available data and information (phenotypic, genotypic and phylogenetic) used to delimit taxa at all levels [8, 9, 15]. The main accessible strategy that possibly can separate among the haplotypes is those of [12, 16, 17] *D. gigas* have been developed [12, 13, 18, 19]. This method is suitable for the identification of species in monospecific samples but cannot be used if the sample contains more than one nematode species using species-specific SCAR or ITS-rRNA primers [11, 12, 20–22]. This study aimed to develop a PCR species-specific primers with sensitivity and reliability based on the sequence analysis for the molecular identification of *D. destructor* from other *Ditylenchus* species.

## Materials and methods

**DNA extraction.** Nematodes were extracted from potatoes (*Solanum tuberosum* L.) collected from different regions in the Russian Federation and Iran. Several nematode specimens from the population were put into a drop of water and cut by a scalpel under a camera-equipped ZEISS Axioskop50® microscope. DNA extraction from the material under this research was laid out by treating the specimens with Proteinase K that was followed by removing proteins with no extraction with organic solvents. For this purpose, a DNA-Ekstran-2 set No EX-511–100 (Synthol, Moscow) was used.

**PCR with Species-specific primers.** The first PCR amplification mixture (final volume 25 µl) was prepared as follows in a PCR tube (Table 1).

Table 1

PCR reaction mixture composition	
Reagents	Volume µl
Master Mix	5 µl
Primer DITdesR	0.6 µl
Primer DITuniF	0.6 µl
H2O	13.8 µl
DNA	5 µl
Total	25 µl

The primer DITdesR and DITuniF were used for PCR Species-specific amplification. The contents were mixed gently by overtaking. The reaction was performed in a thermal cycler, which involved the following stepwise procedure: denaturation of the template at 95 °C for 3 minutes, annealing at 95 °C for 35 seconds followed by extension at 63.5 °C for 30 seconds, 72 °C, 30 seconds and 5 minutes at 72 °C for 35 cycles. Negative control was included with each set of amplification. Then, The PCR products were subsequently partitioned according to their size on 1 % agarose gel electrophoresis and visualized by Gel documentation or purified for sequencing.

**Sequencing and Phylogenetic analysis.** The amplified PCR product obtained after purification by Thermo Scientific Gene JET Gel Extraction Kit was sequenced by Sanger's dideoxy cycle by Genetic Analyzer AB-3500 (Applied Biosystems, USA). Primitive comparison of sequencing results with the GeneBank genetic sequence database was done by the NCBI BLAST web site (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). The results are presented in percentage values, the DNA sequence available in the GeneBank homologous to those examined were analyzed along with the newly sequenced one.

**Design of Species-specific Primers.** The ITS sequences of *D. destructor* including MN122076, MN307126, MN307128, MN493767, MN658597, MN658599, MN658637, MN658638 and *D. dipsaci*: MG676655, MG676656, MG676656, *D. gigas*: KJ653270, KJ653267 which were retrieved from NCBI and were used for the design of specific primers (Table 2). The specific forward and reverse primers were designed from the ITS regions using Primer Premier DITdesR and DITuniF to generate an expected fragment of about 126 bp in length and verified using BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>) to exclude nonspecific reactions with other closely related species.

Table 2

Sequence information from GenBank for designing species-specific primers

Accession Number	Species	Country
GQ469492	<i>Ditylenchus destructor</i>	China
GQ469491	<i>Ditylenchus destructor</i>	Czech Republic
KJ653270	<i>Ditylenchus gigas</i>	Iran
KJ653267	<i>Ditylenchus gigas</i>	Iran
MG676655	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Japan
MG676656	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Japan
MG676657	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Japan

## Results and discussion

***Ditylenchus destructor* DNA sequence analysis.** The sequenced ITS-rRNA gene, deposited in NCBI GenBank under accession numbers; MN122076, MN307126, MN307128, MN493767, MN658597, MN658599, MN658637, MN658638 (Table 3) are 1013 bp, 1160 bp, and 1108 bp, 637bp, 553bp, 501bp, 624bp long, respectively. BLAST search at NCBI revealed that all molecular markers of *D. destructor* from Russia Federation

and Iran, newly obtained in this study, matched with the corresponding sequences of *D. destructor* present in the database (Table 4). The sequence analysis revealed sequence variability between different geographical populations of *D. destructor* isolated from different host plants.

Table 3

Submitted Sequences in NCBI GenBank

Region	Accession Number
Moscow region	MN122076
Hamedan region	MN307126
Hamedan region	MN307128
Hamedan region	MN493767
Briansk region	MN658597
Briansk region	MN658599
Nizhny Novgorod region	MN658637
Nizhny Novgorod region	MN658638

Table 4

Reference sequences of *D. destructor* used in the phylogenetic analysis (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)

Accession Number of <i>D. destructor</i>	Country	Host Plant
MH992393	China	Potato
EU400636	China	Sweet potato
EU400627	South Korea	Sweet potato
EF208213	China	Potato
HQ235698	Iran	Potato
FJ707365	Czech Republic	Potato
MG673926	China	Carrot
EU400638	China	Sweet potato
MG675235	China	Carrot
EU400643	China	Sweet potato
KY435979	China	Carrot
EU400639	China	Sweet potato
GQ469490	USA	Potato
JX162205	Canada	Garlic
DQ328727	Russia	Potato
JN166693	Iran	Potato
MK979365	China	Potato
MG673926	China	Carrot
KX766417	China	Potato
LC030371	Japan	Potato
GQ469491	Czech Republic	Potato
DQ471335	China	Potato

*Design of Species-specific Primers.* A first primer named dsn.1 (Table 5) was designed to have some nucleotides mismatches observed when comparing *D. destructor*, *D. dipsaci*, and *D. gigas* (Fig 1, 2). At present, a set of species-specific primers for *D. destructor* were developed based on the sequence differences in the rDNA-ITS region of *D. destructor*. The PCR amplification by the species-specific primers demonstrated that it could amplify

a single, stable and clear band for a single adult and different geographical populations of *D. destructor*. The specificity and reliability of the primers were also demonstrated in vitro conditions. Given the specificity, sensitivity, and reliability of the primers for *D. destructor*, the diagnostic primers could provide a rapid and reliable molecular marker for identification or detection of *D. destructor*. Typically, testing diagnostic primers usually need more samples with similar morphological characteristics and more geographically disparate locations [23]. Possibly, the species-specific primers designed in the present work may cross-react with other species in the genus of *Ditylenchus* and mismatches at the primer-binding site to produce the same specific band.

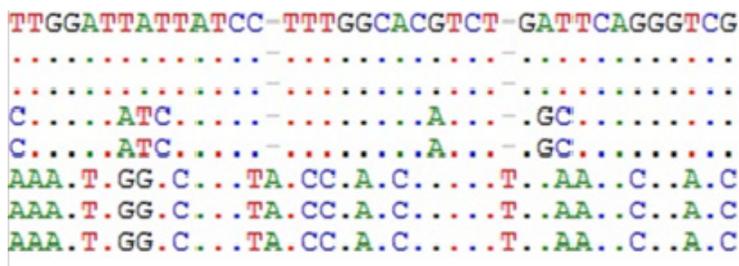


Fig 1. Multi-alignment generated of the rDNA-ITS sequences of *D. destructor* and other *Ditylenchus* species from GenBank used to develop the species-specific forward primer

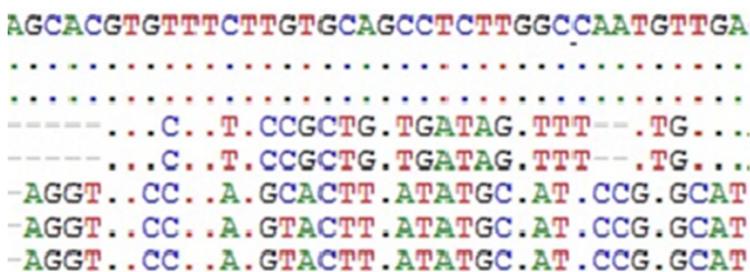


Fig 2. Multi-alignment generated of the rDNA-ITS sequences of *D. destructor* and other *Ditylenchus* species from GenBank used to develop the species-specific reverse primer

Table 5

**Primer design for *D. destructor***

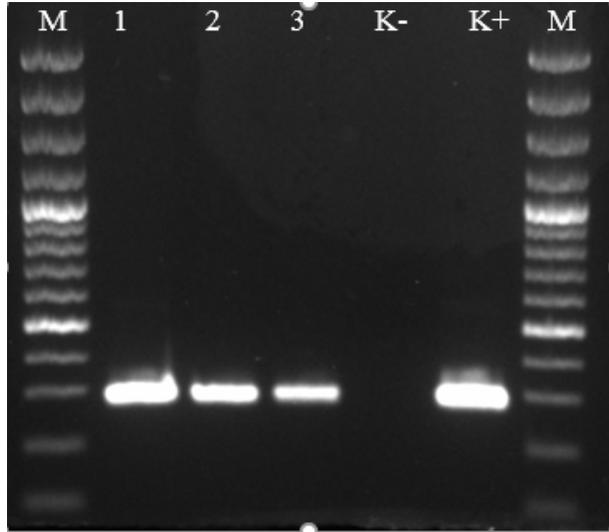
Primer.dsn.1	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%
Forward primer	TTGGCACGTCTGATTCAGGG	Plus	20	193	212	60.32	55.00
Reverse primer	GTCAACATTGGCCAAGAGGC	Minus	20	318	299	59.76	55.00
Product length	126						

Table 6

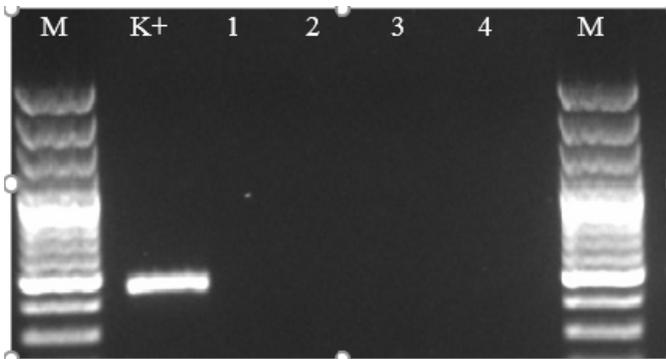
**Primer design for *D. destructor* by NCBI Primer-Blast**

Primer.dsn.2	Sequence (5'→3')	Template strand	Length	Start	Stop	Tm	GC%
Forward primer	TTTCGAATGCACATTGCGCC	Plus	20	157	176	60.73	50.00
Reverse primer	CTAGGCCAAAGAGACAGCGG	Minus	20	281	262	60.46	60.00
Product length	125						

**Test of Species-specific Primers.** To evaluate the sensitivity of the species-specific primers, the PCR amplified products for different numbers of *D. destructor* amplified using the primers (dsn.1 and dsn.2) were shown in (Fig 3). A single band with a length of 300 bp was obtained from DNA templates extracted *D. destructor*. The method proved suitable for *D. destructor* sensitive identification of DNA samples. The specificity and reliability of the specific primers were confirmed by yielding the expected fragment sizes (300 bp) for all the populations of *D. destructor* and no products were detected for the tested of the species *D. dipsaci* and *D. gigas* (Fig 4).



**Fig 3.** Gel with amplification products obtained in PCR with species-specific primer from the *D. destructor* population. Lanes: M = 100 bp DNA ladder; K+=Positive control with *D. destructor* DNA; K- = control without DNA



**Fig 4.** Gel with amplification products obtained in PCR with species-specific primer. Lanes: M = 100 bp DNA ladder; K+=Positive control with *D. destructor* DNA; 1,2 = with *D. dipsaci* DNA; 3, 4 = with *D. gigas* DNA

### Conclusions

In this study, a set of species-specific primers (named dsn.1 /dsn.2) was designed firstly for molecular identification of *D. destructor* based on the sequence analysis of rDNA-ITS. The specificity, sensitivity, and reliability of the primers were repeatedly

demonstrated. Therefore, the developed specific primers should be a rapid and accurate molecular protocol for the diagnosis of *D. destructor* and also be fundamental for effective management of the nematode.

## References

1. Abebe E, Mekete T, Thomas WK. A critique of current methods in nematode taxonomy. *African Journal of Biotechnology*. 2011; 10(3):312–323.
2. Blok VC, Powers TO. Biochemical and molecular identification. In: Perry RN, Moens M, Star J. (eds.) *Root Knot Nematodes*. 1st ed. London: CABI International; 2009. p. 98–112.
3. Castagnone-Sereno P. *Meloidogyne enterolobii* (= *M. mayaguensis*): profile of an emerging, highly pathogenic, root-knot nematode species. *Nematology*. 2012; 14(2):133–138. doi: 10.1163/156854111X601650
4. Nega A. Review on nematode molecular diagnostics: From bands to barcode. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2014; 4(27):129–153.
5. Jeszke A, Budziszewska M, Dobosz R, Stachowiak A, Protasewicz D, Wiczorek P, et al. Comparative and Phylogenetic Study of the *Ditylenchus dipsaci*, *Ditylenchus destructor* and *Ditylenchus gigas* Populations Occurring in Poland. *Journal of Phytopathology*. 2014; 162(1):61–67. doi.org/10.1111/jph.12161
6. Nowaczyk K, Obrepalska-Stepłowska A, Gawlak M, Throne JE, Olejarski P, Nawrot J. Molecular techniques for detection of *Tribolium confusum* infestations in stored products. *J Econ Entomol*. 2009; 102(4):1691–1695. doi: 10.1603/029.102.0437
7. Subbotin S, Maafi ZT, Moens M. Molecular identification of cyst-forming nematodes (Heteroderidae) from Iran and a phylogeny based on ITS-rDNA sequences. *Nematology*. 2003; 5(1):99–111. doi: 10.1163/156854102765216731
8. Vovlas N, Troccoli A, Palomares-Rius JE, De Luca F, Cantalapiedra-Navarrete C, Liebanas G, et al. A new stem nematode, *Ditylenchus oncogenus* n.sp. (Nematoda: Tylenchida), parasitizing sowthistle from Adriatic coast dunes in southern Italy. *Journal of Helminthology*. 2016; 90(2):152–165. doi: 10.1017/S0022149X14000947
9. Gutierrez-Gutierrez C, Palomares-Rius JE, Cantalapiedra-Navarrete C, Landa BB, Esmenjaud D, Castillo P. Molecular analysis and comparative morphology to resolve a complex of *cryptic Xiphinema* species. *Zoologica Scripta*. 2010; 39(5):483–498. doi: 10.1111/j.1463-6409.2010.00437.x
10. Vrain TC, Wakarchuk DA, Levesque AC, Hamilton IR. Intraspecific rDNA restriction fragment length polymorphism in the *Xiphinema americanum* group. *Fundam Appl Nematol*. 1992; 15(6):563–573.
11. Marek M, Zouhar M, Douda O, Mazakova J, Rysanek P. Bioinformatics-assisted characterization of the ITS1–5.8S-ITS2 segments of nuclear rRNA gene clusters, and its exploitation in molecular diagnostics of European crop parasitic nematodes of the genus *Ditylenchus*. *Plant Pathology*. 2010; 59(5):931–943. doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02322.x
12. Subbotin SA, Madani M, Krall E, Sturhan D, Moens MJP. Molecular diagnostics, taxonomy, and phylogeny of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* species complex based on the sequences of the internal transcribed spacer-rDNA. *Nematology*. 2005; 95(11):1308–1315. doi: 10.1094/PHYTO-95-1308
13. Vovlas N, Troccoli A, Palomares-Rius JE, De Luca F, Liébanas G, Landa BB, et al. *Ditylenchus gigas* n. sp. parasitizing broad bean: a new stem nematode singled out from the *Ditylenchus dipsaci* species complex using a polyphasic approach with molecular phylogeny. *Plant Pathol*. 2011; 60(4):762–775. doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02430.x
14. Pethybridge SJ, Gorny A, Hoogland T, Jones L, Hay F, Smart C, et al. Identification and characterization of *Ditylenchus* spp. populations from garlic in New York State, USA. *Tropical Plant Pathology*. 2016; 41(3):193–197. doi: 10.1007/s40858-016-0083-7
15. Subbotin SA, Moens M. Molecular taxonomy and phylogeny. In: Perry R, Moens M. (eds.) *Plant Nematology*. Wallingford, UK: CABI Publishing; 2006; p. 33–58.
16. Fand BB, Nagrare VS, Deshmukh V, Naikwadi BV, Gokte-Narkhedkar N, Waghmare VN. A simple and low-cost laboratory rearing technique for pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) using detached green bolls of cotton. *Phytoparasitica*. 2019; 48:25–33. doi: 10.1007/s12600-019-00779-2
17. Liu B, Mei Y, Zheng J. Species-specific detection of interpopulations of *Ditylenchus destructor*. *J Zhejiang Univ*. 2007; 33:490–496.
18. Wendt KR, Vrain TC, Webster JM. Separation of three species of *Ditylenchus* and some host races of *D. dipsaci* by restriction fragment length polymorphism. *Journal of Nematology*. 1993; 25(4):555–563.

19. Chizhov VN, Borisov BA, Subbotin SA. A new stem nematode, *Ditylenchus weischeri* n. sp. (Nematoda: Tylenchida), a parasite of *Cirsium arvense* (L.) Scop. in the Central Region of the Non-Chernozem Zone of Russia. *Russian Journal of Nematology*. 2010; 18(2):95–102.

20. Esquibet M, Grenier E, Plantard O, Abbad Andaloussi F, Caubel G. DNA polymorphism in the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*: Development of diagnostic markers for normal and giant races. *Genome*. 2003; 46(6):1077–1083. doi: 10.1139/g03–72

21. Kerkoud M, Esquibet M, Plantard O, Avrillon M, Guimier C, Franck M. Identification of *Ditylenchus* species associated with Fabaceae seeds based on a specific polymerase chain reaction of ribosomal DNA-ITS regions. *Eur J Plant Pathol*. 2007; 118:323–332. doi: 10.1007/s10658–006–9092–6

22. Zouhar M, Marek M, Douda O, Mazakova J, Rysanek P. Conversion of sequence-characterized amplified region (SCAR) bands into high-throughput DNA markers based on RAPD technique for detection of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* in crucial plant hosts. *Plant Soil Environ*. 2007; 53(3):97–104.

23. Oliveira RD, Santin ÂM, Seni DJ, Dietrich A, Salazar LA, Subbotin SA, et al. *Ditylenchus gallaeformans* n. sp. (Tylenchida: Anguinidae) — a neotropical nematode with biocontrol potential against weedy Melastomataceae. *Nematology*. 2013; 15(2):179–19.

#### About authors:

**Mahmoudi Niloufar** — PhD candidate, Department of Agro-Biotechnology, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; Researcher, Russian Plant Quarantine Center (VNIIKR), 32, Pogradichnaya st., vill. Bykovo, Ramensky district, Moscow region, 140150, Russian Federation; e-mail: niloofarmahmoodi@ymail.com

**Nejad Davoud Kartooli** — Assistant Professor of Forestry, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Mowlawi Boulevard, Motahari Square, 35196–45399, Semnan, Iran, e-mail: Kartooli58@gmail.com; ORCID 0000-0002-0852-6635

**Shayanmehr Fatemeh** — PhD in Forestry, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modares University, 14155-4838, Tehran, Iran

---

## Новый набор праймеров для специфичной амплификации ITS-локусов рДНК *Ditylenchus destructor*

Н. Махмуди<sup>1, 2\*</sup>, Д.К. Неджад<sup>3</sup>, Ф. Шаянмер<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Всероссийский центр карантина растений, Московская область, Российская Федерация

<sup>3</sup>Семнанский университет, г. Семнан, Иран

<sup>4</sup>Университет Тарбиат Модарес, г. Тегеран, Иран

\*niloofarmahmoodi@ymail.com

**Аннотация.** Разработана методика идентификации нематоды *Ditylenchus destructor*, основанная на использовании различных праймеров для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР). Два универсальных рибосомных праймера были амплифицированы во внутренней транскрибируемой области спейсера ITS-рДНК. Секвенирование продуктов ПЦР подтвердило полиморфизм между видами. Праймеры достаточно чувствительны, чтобы генерировать определенную полосу правильного размера (300 п. н.) из ДНК-матрицы определенной стадии развития *D. destructor*. Скринингом популяций *D. destructor* из Ирана и Российской Федерации проверена надежность праймеров, и ожидаемый размер полосы был получен для всех тестируемых популяций. Близкородственные виды *Ditylenchus destructor* также были протестированы, и специфической имплицитированной полосы не было выявлено. Результаты исследований показали, что данные разработанные праймеры могут использоваться для количественной оценки плотности *D. destructor* в клубнях картофеля.

**Ключевые слова:** картофельная нематода, ITS-рДНК, *Ditylenchus destructor*, праймеры

**Финансирование. Благодарности:** Исследование проведено при финансовой поддержке Программы РУДН «5—100».

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 12 марта 2020 г. Принята к публикации: 10 апреля 2020 г.

**Для цитирования:**

Mahmoudi N., Nejad D.K., Shayanmehr F. A new primer set for amplification of ITS-rDNA in *Ditylenchus destructor* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С.150—158. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-150-158

**Об авторах:**

Махмуди Нилоуфар — аспирант агробиотехнологического департамента, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, г. Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; научный сотрудник, Всероссийский центр карантина растений (ВНИИКР), Российская Федерация, Московская область, 140150, Раменский район, п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; e-mail: niloofarmahmoodi@yandex.ru

Неджд Давуд Картули — доцент кафедры лесоводства, факультет исследований пустынь, Университет Семнан, Иран, 35196–45399, Семнан, площадь Мотahari, бульвар Молави; e-mail: Kartooli58@gmail.com; ORCID 0000–0002–0852–6635

Шаянмер Фатиме — кандидат наук, факультет природных ресурсов, Университет Тарбият Модарес, 14155–4838, Иран, Тегеран

## Почвоведение и агрохимия Soil science and agrochemistry

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-159-172  
УДК 632.93:631:438:633.2.032

Научная статья / Research article

### Эффективность комплекса защитных мероприятий при возделывании многолетних трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах

Н.Н. Бокатуро, А.А. Справцев, А.А. Асташина,  
С.Н. Поцепай\*, В.Ф. Шаповалов

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Российская Федерация  
\*snpotsepai@yandex.ru

**Аннотация.** Изучено действие на радиационно загрязненных естественных кормовых угодьях агротехнических приемов в комплексе с агрохимическими мероприятиями в целях производства экологически чистых грубых кормов (сена), соответствующих действующим нормативам по удельной активности в них радионуклида цезий-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ). При этом определялись размеры транслокации  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва — растение. Наиболее высокая эффективность защитных мероприятий в рамках проводимых исследований получена на заливном лугу центральной поймы одной из рек Брянской области. Осуществлен расчет перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в корм, а из кормов в животноводческую продукцию (молоко, мясо). Получено, что внесение полного минерального удобрения при соотношении в нем N:K равным 1:1,5 на фоне как поверхностного улучшения, так и коренной обработки почвы позволяет снижать интенсивность перехода  $^{137}\text{Cs}$  в продукции животноводства, что соответственно уменьшает риск получения населением, потребляющим эту продукцию, опасной дозы внутреннего облучения, превышающей нормативный уровень радиационной безопасности.

**Ключевые слова:** грубые корма, многолетние травы, радионуклид  $^{137}\text{Cs}$ , урожайность, минеральные удобрения, доза внутреннего облучения

**Заявление о конфликте интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### История статьи:

Поступила в редакцию: 13 февраля 2020 г. Принята к публикации: 26 марта 2020 г.

#### Для цитирования:

Бокатуро Н.Н., Справцев А.А., Асташина А.А., Поцепай С.Н., Шаповалов В.Ф. Эффективность комплекса защитных мероприятий при возделывании многолетних трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 159—172. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-159-172

© Бокатуро Н.Н., Справцев А.А., Асташина А.А., Поцепай С.Н., Шаповалов В.Ф., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

## Efficiency of complex protective measures in cultivating perennial grasses in radioactively contaminated floodplain meadows

Nikolay N. Bokaturо, Aleksandr A. Spravtsev, Alina A. Astashina,  
Svetlana N. Potsepai\*, Viktor F. Shapovalov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation

\*Corresponding author: snpotsepai@yandex.ru

**Abstract.** In a stationary, factorial experiment established in 1994 on radioactively contaminated natural floodplain fodder lands, the effect of cultural practices in combination with agrochemical measures was studied in order to produce organic feed (hay) which complies with the applicable standards of VP 13.5.13/06—01 in terms of specific activity of cesium in them — 137. The translocation sizes of  $^{137}\text{Cs}$  in the soil-plant system were determined by a complex of agrotechnical and agrochemical measures. The highest effectiveness of protective counter-measures in the framework of the research was obtained with amelioration of the flood meadow. Transition of cesium-137 from the soil into the feed, and from the feed into the livestock products (milk, meat) was calculated. Application of full mineral fertilizer with a N:K ratio of 1:1.5 both against surface and root treatment reduces the  $^{137}\text{Cs}$  transition into livestock production, that accordingly reduces the risk of a high internal irradiation dose to people consuming these products to the levels conforming radiation safety standards.

**Key words:** roughage fodder, perennial grasses,  $^{137}\text{Cs}$ , yield, mineral fertilizers, internal irradiation dose

### Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

### Article history:

Received: 13 February 2020. Accepted: 26 March 2020

### For citation:

Bokaturо NN, Spravtsev AA, Astashina AA, Potsepai SN, Shapovalov VF. Efficiency of complex protective measures in cultivating perennial grasses in radioactively contaminated floodplain meadows. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):159—172. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-159-172

## Введение

В Российской Федерации в достаточной степени значимым и относительно дешевым источником кормов для общественного поголовья сельскохозяйственных животных являются кормовые агроландшафты, для которых характерно большое биоразнообразие. Однако в основном массиве они низко продуктивны и мелиоративно не устроены [1, 2].

Следует также учитывать, что в результате глобальной катастрофы на Чернобыльской АЭС, 34 года со дня которой исполнилось в текущем году, радиоактивному загрязнению подверглись естественные кормовые угодья в Брянской области на площади, превышающей 490 тыс. га [3, 4]. Вследствие этого из хозяйственного оборота было выведено более 265 тыс. га сельскохозяйственных угодий [5—8]. Естественные сенокосы и пастбища на территории области занимают площадь

более 546 тыс. га, их продуктивность и без того, как правило, составляет величину, меньшую или равную 0,2 т/га сухого вещества [2]. Поэтому встала проблема реабилитации и использования загрязненных земель [9].

Комплексное проведение защитных мероприятий в условиях радиоактивного загрязнения способствует повышению продуктивности естественных кормовых угодий в 2...4 раза [9]. При этом эффект от применяемых на радиоактивно загрязненных сельхозугодьях минеральных удобрений напрямую зависит от форм, доз и содержания в них элементов питательных веществ, типа почв, ботанического состава травостоев, режима увлажнения почв и других условий [9, 10].

Установлено, что только при научно обоснованном применении расчетных доз минеральных удобрений возможно повышение продуктивности многолетних трав хорошего качества без снижения уровня плодородия почвы и риска загрязнения грунтовых вод и открытых водоприемников [10]. Получению максимального урожая как естественного, так и сеяного травостоя способствовало применение полного минерального удобрения при ведущей роли азота [10, 11].

При этом естественные кормовые угодья имеют более высокую степень загрязнения долгоживущими радионуклидами по отношению к агроценозам на пашне [12, 13]. Производство нормативно чистой продукции растениеводства в этих условиях является приоритетной задачей для сельхозпроизводителей, поскольку в формировании коллективных доз облучения в послеаварийный период преобладает внутренняя составляющая за счет продуктов питания, в которых удельная активность долгоживущих радионуклидов превышает санитарно-гигиенический норматив [14]. Комплекс реабилитационных мероприятий, осуществляемых при радиоактивном загрязнении сельхозугодий, в значительной степени понижает вероятность производства растениеводческой продукции с удельной активностью в ней радионуклида цезий-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) до уровня или ниже санитарно-гигиенического норматива и уменьшает дозу общего облучения (суммарная доза внешнего и внутреннего облучения по норме радиационной безопасности не должна превышать 1000 мкЗв в год) [14, 15]. В этих условиях наибольший эффект обеспечивают мероприятия коренного улучшения в комплексе с агрохимическими, где особая роль отведена калийным удобрениям в дозах, превышающих ранее рекомендованные [15]. Применяя на практике комплексные защитные мероприятия в кормопроизводстве, можно снизить превышение концентрации радионуклидов в производимой продукции и значительно уменьшить риск превышения коллективной дозы [9].

**Цель исследований** — изучить и дать агроэкологическую оценку эффективности применения защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных заливных лугах. Практической целью разработки и применения комплексных мер реабилитации земель является перевод сельхоз площадей из категории земель с высокой плотностью загрязнения в более низкую.

## Материалы и методы исследования

Полевые опыты проводили на участке центральной поймы заливного луга реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области, на аллювиально дерново-оглеянной песчаной почве. До закладки полевого опыта почва характеризовалась следующими показателями: содержание органического вещества (по Тюрину) 3,08...3,33 %,  $pH_{KCl}$  5,2...5,6, подвижный фосфор и обменный калий (по Кирсанову) 620...840 и 173...180 мг/кг соответственно. Плотность загрязнения почвы радионуклидом  $^{137}Cs$  составляла 559...867 кБк/м<sup>2</sup>. В опыте изучали два фактора: 1) способы обработки почвы; 2) минеральные удобрения.

Агротехнические мероприятия включали поверхностную и коренную обработку почвы. Поверхностная обработка представлена дискованием дернины в двух направлениях под углом 90° дисковой бороной БДФ-2,4, коренная вспашка дернины обычным плугом ПЛН-3—35 на глубину пахотного слоя с последующим дискованием пласта бороной БДФ-2,4. Перед посевом многолетних трав почву прикатывали катками ЗКВГ-1,5. Травосмесь многолетних злаковых трав состояла из овсяницы луговой — 6,0 кг/га, двукисточника тростникового — 7 кг/га, лисохвоста лугового — 5,0 кг/га.

Формы применяемых в исследованиях минеральных удобрений представлены аммиачной селитрой (34,4 % N), суперфосфатом двойным (48 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), калием хлористым (56 % K<sub>2</sub>O). Фосфорные удобрения полной дозой вносили весной после схода паводковых вод. Азотные и калийные дробно: половину расчетной дозы под первый укос, другую половину под укос отавы. Опыт заложен в трехкратной повторности с общей площадью опытной делянки 63 м<sup>2</sup>, учетной — 24 м<sup>2</sup>. Размещение делянок — рендомизированное, т. е. по случайному признаку. Первый укос многолетних трав осуществлялся в середине июня, урожай отавы учитывался в конце августа. Схема опыта включала следующие варианты применения удобрений:

- |  |   |  |
|--|---|--|
| 1. Контроль (без удобрений);                         | 4. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> ; | 7. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> ; |
| 2. P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> ;                 | 5. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> ; | 8. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>150</sub> ; |
| 3. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> ; | 6. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> ;                 | 9. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> . |

При проведении исследований руководствовались общепринятыми методиками [16—18]. Экспериментальные данные были подтверждены статистической обработкой методом дисперсионно-корреляционного анализа с использованием программ Microsoft Excel 7.0 и Statistica 7.0 (StatSoft, Inc, США).

## Результаты и обсуждения

В среднем за четыре года исследований минимальная урожайность сена многолетних трав первого укоса с наибольшей удельной активностью в нем  $^{137}Cs$  независимо от фона обработки почвы наблюдалась на контрольном варианте (табл. 1).

**Влияние комплекса защитных мероприятий при сенокосном использовании злаковых травостоев (2015–2018 гг.)**

Варианты		1	2	3	4	5	6	7	8	9	HCP <sub>05</sub>	
1-й укос												
Дискование дернины	Урожайность, т/га	1,52	3,12	5,11	5,41	5,70	3,69	6,11	6,70	7,11	Общая – 0,55. Обр. почвы – 0,19. Удобрений – 0,22	
	Удельная активность, Бк/кг	Сено	3358	481	1116	686	369	350	460	300	242	Общая – 84. Обр. почвы – 27. Удобрений – 59
		Молоко	165	23	52	14	18	16	22	14	11	
		Мясо	673	96	218	139	73	68	91	58	49	
	Доза внутреннего облучения, мкЗв		713	101	240	150	79	72	95	60	49	
Вспашка двухъярусным плугом	Урожайность, т/га	1,58	3,19	5,26	5,58	6,48	3,56	6,73	6,85	7,24		
	Удельная активность, Бк/кг	Сено	2250	348	816	471	254	230	226	219	214	
		Молоко	118	16	39	22	12	11	16	13	10	
		Мясо	446	69	161	93	52	45	72	56	43	
	Доза внутреннего облучения, мкЗв		545	75	166	96	52	48	74	61	45	
2-й укос (отава)												
Дискование дернины	Урожайность, т/га	0,49	1,40	2,67	2,81	3,13	1,69	3,30	3,50	3,78	Общая – 0,13 Обр. почвы – 0,05 Удобрений – 0,03	
	Удельная активность, Бк/кг	Сено	3196	360	849	496	281	385	325	254	110	Общая – 110 Обр. почвы – 36 Удобрений – 76
		Молоко	158	19	44	23	12	12	18	17	12	
		Мясо	639	73	169	98	53	48	73	62	48	
	Доза внутреннего облучения, мкЗв		680	70	152	108	57	53	52	52	50	
Вспашка двухъярусным плугом	Урожайность, т/га	0,52	1,43	2,62	2,78	3,14	1,66	3,44	3,53	3,82		
	Удельная активность, Бк/кг	Сено	2181	351	784	470	262	243	362	283	241	
		Молоко	108	17	38	23	12	11	14	13	12	
		Мясо	434	69	153	96	53	48	51	69	48	
	Доза внутреннего облучения, мкЗв		459	65	163	101	54	50	48	45	43	

**Примечание.** Расшифровка вариантов показана в методах исследования.

Table 1

**Influence of a complex protective measures during hay use of cereal grass stands (2015–2018)**

Variant		1	2	3	4	5	6	7	8	9	LSD <sub>05</sub>	
<b>1<sup>st</sup> hay cutting</b>												
Disking turf	Yield, t/ha	1.52	3.12	5.11	5.41	5.70	3.69	6.11	6.70	7.11	Total –0.55. Tillage –0.19. Fertilizers –0.22	
	Specific Activity, Bq / kg	Hay	3358	481	1116	686	369	350	460	300	242	Total – 84. Tillage –27. Fertilizers – 59
		Milk	165	23	52	14	18	16	22	14	11	
		Meat	673	96	218	139	73	68	91	58	49	
Dose of internal radiation, $\mu$ Sv		713	101	240	150	79	72	95	60	49		
Plowing with double-dig plow	Yield, t/ha	1.58	3.19	5.26	5.58	6.48	3.56	6.73	6.85	7.24		
	Specific Activity, Bq / kg	Hay	2250	348	816	471	254	230	226	219	214	
		Milk	118	16	39	22	12	11	16	13	10	
		Meat	446	69	161	93	52	45	72	56	43	
Dose of internal radiation, $\mu$ Sv		545	75	166	96	52	48	74	61	45		
<b>2nd hay cutting (aftergrass)</b>												
Disking turf	Yield, t/ha	0.49	1.40	2.67	2.81	3.13	1.69	3.30	3.50	3.78	Total – 0.13 Tillage – 0.05 Fertilizers – 0.03	
	Specific Activity, Bq / kg	Hay	3196	360	849	496	281	385	325	254	110	Total – 110 Tillage – 36 Fertilizers – 76
		Milk	158	19	44	23	12	12	18	17	12	
		Meat	639	73	169	98	53	48	73	62	48	
Dose of internal radiation, $\mu$ Sv		680	70	152	108	57	53	52	52	50		
Plowing with double-dig plow	Yield, t/ha	0.52	1.43	2.62	2.78	3.14	1.66	3.44	3.53	3.82		
	Specific Activity, Bq / kg	Hay	2181	351	784	470	262	243	362	283	241	
		Milk	108	17	38	23	12	11	14	13	12	
		Meat	434	69	153	96	53	48	51	69	48	
Dose of internal radiation, $\mu$ Sv		459	65	163	101	54	50	48	45	43		

**Note.** Explanation of the options is shown in the research methods.

В среднем за годы исследований урожайность сена первого укоса на контрольном варианте по фону поверхностной обработки почвы составила 1,52 т/га, по фону коренного улучшения — в среднем 1,58 т/га. Важным результатом является факт, что удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене первого укоса при поверхностном улучшении лугов была выше в сравнении с коренным улучшением.

Внесение фосфорно-калийного удобрения  $\text{P}_{60}\text{K}_{45}$  и  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  способствовало снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в сене первого укоса многолетних трав на фоне поверхностного улучшения в 7,0...9,6 раза, по фону коренного улучшения от 6,5 до 6,3 раза относительно контроля. Полученный корм по уровню удельной активности в нем  $^{137}\text{Cs}$  соответствовал санитарно-гигиеническому нормативу ВП 13.5. 13/06—01 (400 Бк/кг), но урожайность сена в этих вариантах была относительно невысокой и составляла в среднем в зависимости от способа обработки дернины 3,12...3,69 и 3,19...3,56 т/га соответственно.

Внесение азотного удобрения в дозе 30 кг/га д.в. на фоне фосфорно-калийного способствовало повышению урожайности сена травосмеси и одновременно увеличивалась удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в нем в 2 или более раз относительно фосфорно-калийного фона. Внесение калия в дозах  $\text{K}_{60}$  и  $\text{K}_{75}$  совместно с азотно-фосфорным удобрением  $\text{N}_{45}\text{P}_{60}$  способствовало уменьшению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в урожае сена как по фону дискования почвы, так и по фону коренной обработки в сравнении с вариантом  $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$  в 1,6...3,0 и 1,7...3,2 раза соответственно. Полученный корм в этом варианте по уровню в нем удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  соответствовал нормативу.

Внесение азотного удобрения совместно с фосфорно-калийным в дозе  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  увеличивало удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав относительно варианта  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  на фоне поверхностной обработки почвы в 1,31 раза, на фоне коренной обработки почвы — в 1,10 раза. Калийные удобрения в дозах  $\text{K}_{75}$  и  $\text{K}_{90}$ , внесенные совместно с  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$  при соотношении N:K, равном 1:1,25 и 1:1,5, уменьшали потребление  $^{137}\text{Cs}$  травостоем многолетних трав первого укоса, снижая удельную активность в зависимости от фона обработки дернины соответственно в 1,33...1,65 и 1,83...1,87 раза относительно норматива. Максимальная урожайность сена первого укоса независимо от способа обработки почвы была отмечена при внесении полного минерального удобрения при соотношении в нем N:P:K, равном 1:1:1,5 (вариант  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ ), при этом полученный урожай сена по удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в корме соответствует санитарно-гигиеническому нормативу ВП 13.5. 13/06—01.

Переход радиоцезия из почвы [11] в урожай сена второго укоса многолетних трав в зависимости от проводимых реабилитационных комплексных мероприятий практически не отличается от принципа их влияния на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в урожае сена многолетних трав первого укоса.

Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене второго укоса на контрольном варианте при коренном способе обработки почвы была в 1,3 раза меньше, чем при поверхностном. Увеличение дозы калия как при отдельном внесении (вар. 2, 6), так и в составе азотно-калийного удобрения уменьшали удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав второго укоса. Во втором укосе наибольшая урожайность сена

мятликовых трав 3,77...3,85 т/га независимо от фона с удельной активностью в нем  $^{137}\text{Cs}$  отмечена при применении под второй укос азотно-калийного удобрения  $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$  (соотношение N:K, равное 1:1,5).

Расчет транслокации радиоцезия в продукции животноводства при кормлении животных сеном многолетних трав первого укоса свидетельствует о том, что для гарантированного получения молока на уровне санитарно-гигиенического норматива при содержании  $^{137}\text{Cs}$  (100 Бк/л) при поверхностной обработке дернины, а также и при проведении коренного улучшения необходимо вносить весной под первый укос многолетних трав полное минеральное удобрение в дозе  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ , под второй —  $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$ .

В условиях стойлового содержания животных скармливание грубых кормов (сена), выращенных по данной технологии при двухукосном использовании, гарантирует получение мясной продукции на уровне санитарно-гигиенического норматива (160 Бк/кг).

Проведенные исследования подтверждают, что доза внутреннего облучения от потребления животноводческой продукции (молоко, мясо) не превышает 1000 мкЗв в год в том случае, когда корма произведены на радиоактивно загрязненных пойменных лугах при условии проведения комплекса защитных мероприятий, включающего обязательное применение поверхностного или коренного способа обработки почвы, формирование сеяных травостоев многолетних трав и внесение азотно-фосфорного калийного удобрения  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  весной после схода паводковых вод под первый укос и  $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$  под урожай отавы. Использование кормов, соответствующих санитарно-гигиеническому нормативу по удельной активности в них  $^{137}\text{Cs}$ , гарантирует получение экологически безопасной продукции животноводства, потребляя которую проживающее на данной территории население получит годовую дозу внутреннего облучения менее 1000 мкЗв.

Результаты лабораторных и аналитических исследований свидетельствуют о том, что способы обработки почвы оказали слабое влияние на относительное содержание основных макроэлементов в сене первого укоса (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание макроэлементов в сене многолетних трав в зависимости от способов обработки почвы и минеральных удобрений (среднее за 2015–2018 гг.)**

Вариант	Воздушно-сухое вещество, %					Соотношение элементов		
	N	P	K	Ca	Mg	Ca:Mg	Ca:P	K:(Ca+Mg)
Поверхностное улучшение (1-й укос)								
Контроль	1,62	0,23	1,62	0,51	0,40	1,3	2,2	1,8
$\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	1,65	0,28	1,69	0,53	0,38	1,4	1,9	1,9
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	2,26	0,32	1,73	0,55	0,35	1,6	1,7	1,9
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	2,34	0,34	1,75	0,58	0,30	1,9	1,7	2,0
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	2,40	0,36	1,81	0,61	0,28	2,2	1,7	2,0
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	1,86	0,31	1,70	0,53	0,38	1,4	1,7	1,9
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	2,35	0,36	1,78	0,56	0,34	1,6	1,6	2,0
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	2,42	0,38	1,86	0,58	0,28	2,1	1,5	2,2

Окончание таблицы 2

Вариант	Воздушно-сухое вещество, %					Соотношение элементов		
	N	P	K	Ca	Mg	Ca:Mg	Ca:P	K:(Ca+Mg)
$N_{60}P_{60}K_{90}$	2,45	0,44	1,90	0,61	0,24	2,5	1,5	2,2
Коренное улучшение (1-й укос)								
Контроль	1,64	0,24	1,65	0,52	0,40	1,3	2,2	1,8
$P_{60}K_{45}$	1,68	0,28	1,72	0,54	0,36	1,5	1,9	1,9
$N_{45}P_{60}K_{45}$	2,28	0,34	1,78	0,56	0,34	1,6	1,6	2,0
$N_{45}P_{60}K_{60}$	2,36	0,36	1,80	0,58	0,30	1,9	1,6	2,0
$N_{45}P_{60}K_{75}$	2,42	0,38	1,83	0,61	0,28	2,2	1,6	2,0
$P_{60}K_{60}$	1,88	0,32	1,75	0,54	0,36	1,5	1,7	1,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,36	0,36	1,82	0,56	0,32	1,8	1,6	2,1
$N_{60}P_{60}K_{75}$	2,46	0,38	1,88	0,60	0,28	2,1	1,6	2,1
$N_{60}P_{60}K_{90}$	2,49	0,41	1,93	0,62	0,24	2,6	1,6	2,2
Поверхностное улучшение (2-й укос)								
Контроль	1,42	0,24	1,58	0,52	0,39	1,3	2,2	1,7
$K_{45}$	1,53	0,29	1,62	0,54	0,38	1,4	1,9	1,7
$N_{45}K_{45}$	1,69	0,35	1,65	0,56	0,36	1,6	1,6	1,8
$N_{45}K_{60}$	1,95	0,38	1,69	0,57	0,32	1,8	1,5	1,9
$N_{45}K_{75}$	2,38	0,39	1,72	0,61	0,28	2,2	1,6	1,9
$K_{60}$	1,55	0,33	1,68	0,54	0,38	1,4	1,6	1,8
$N_{60}K_{60}$	2,20	0,36	1,73	0,61	0,36	1,7	1,7	1,8
$N_{60}K_{75}$	2,27	0,38	1,83	0,64	0,30	2,1	1,7	1,9
$N_{60}K_{90}$	2,33	0,39	1,96	0,64	0,28	2,3	1,6	2,1
Коренное улучшение (2-й укос)								
Контроль	1,44	0,25	1,60	0,52	0,40	1,3	2,1	1,7
$K_{45}$	1,54	0,29	1,68	0,54	0,38	1,4	1,9	1,8
$N_{45}K_{45}$	1,71	0,36	1,72	0,57	0,34	1,7	1,6	1,9
$N_{45}K_{60}$	1,96	0,38	1,73	0,58	0,28	2,1	1,5	2,0
$N_{45}K_{75}$	2,39	0,40	1,76	0,60	0,26	2,3	1,5	2,0
$K_{60}$	1,53	0,30	1,59	0,52	0,38	1,4	1,7	1,9
$N_{60}K_{60}$	2,20	0,34	1,75	0,62	0,36	1,7	1,8	1,8
$N_{60}K_{75}$	2,26	0,38	1,85	0,63	0,28	2,2	1,7	2,0
$N_{60}K_{90}$	2,32	0,40	1,92	0,64	0,26	2,5	1,6	2,1

Table 2

**Content of macronutrients in hay of perennial grasses, depending on tillage methods and mineral fertilizers (average for 2015–2018)**

Variant	Air-dry matter, %					Ratio of elements		
	N	P	K	Ca	Mg	Ca:Mg	Ca:P	K:(Ca+Mg)
Simplified improvement (1 <sup>st</sup> hay cutting)								
Control	1.62	0.23	1.62	0.51	0.40	1.3	2.2	1.8
$P_{60}K_{45}$	1.65	0.28	1.69	0.53	0.38	1.4	1.9	1.9
$N_{45}P_{60}K_{45}$	2.26	0.32	1.73	0.55	0.35	1.6	1.7	1.9
$N_{45}P_{60}K_{60}$	2.34	0.34	1.75	0.58	0.30	1.9	1.7	2.0
$N_{45}P_{60}K_{75}$	2.40	0.36	1.81	0.61	0.28	2.2	1.7	2.0
$P_{60}K_{60}$	1.86	0.31	1.70	0.53	0.38	1.4	1.7	1.9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2.35	0.36	1.78	0.56	0.34	1.6	1.6	2.0

End of Table 2

Variant	Air-dry matter, %					Ratio of elements		
	N	P	K	Ca	Mg	Ca:Mg	Ca:P	K:(Ca+Mg)
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	2.42	0.38	1.86	0.58	0.28	2.1	1.5	2.2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2.45	0.44	1.90	0.61	0.24	2.5	1.5	2.2
Amelioration (1 <sup>st</sup> hay cutting)								
Control	1.64	0.24	1.65	0.52	0.40	1.3	2.2	1.8
P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	1.68	0.28	1.72	0.54	0.36	1.5	1.9	1.9
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	2.28	0.34	1.78	0.56	0.34	1.6	1.6	2.0
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2.36	0.36	1.80	0.58	0.30	1.9	1.6	2.0
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	2.42	0.38	1.83	0.61	0.28	2.2	1.6	2.0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1.88	0.32	1.75	0.54	0.36	1.5	1.7	1.9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2.36	0.36	1.82	0.56	0.32	1.8	1.6	2.1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	2.46	0.38	1.88	0.60	0.28	2.1	1.6	2.1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2.49	0.41	1.93	0.62	0.24	2.6	1.6	2.2
Simplified improvement (2 <sup>nd</sup> hay cutting)								
Control	1.42	0.24	1.58	0.52	0.39	1.3	2.2	1.7
K <sub>45</sub>	1.53	0.29	1.62	0.54	0.38	1.4	1.9	1.7
N <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	1.69	0.35	1.65	0.56	0.36	1.6	1.6	1.8
N <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	1.95	0.38	1.69	0.57	0.32	1.8	1.5	1.9
N <sub>45</sub> K <sub>75</sub>	2.38	0.39	1.72	0.61	0.28	2.2	1.6	1.9
K <sub>60</sub>	1.55	0.33	1.68	0.54	0.38	1.4	1.6	1.8
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2.20	0.36	1.73	0.61	0.36	1.7	1.7	1.8
N <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	2.27	0.38	1.83	0.64	0.30	2.1	1.7	1.9
N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2.33	0.39	1.96	0.64	0.28	2.3	1.6	2.1
Amelioration (2 <sup>nd</sup> hay cutting)								
Control	1.44	0.25	1.60	0.52	0.40	1.3	2.1	1.7
K <sub>45</sub>	1.54	0.29	1.68	0.54	0.38	1.4	1.9	1.8
N <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	1.71	0.36	1.72	0.57	0.34	1.7	1.6	1.9
N <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	1.96	0.38	1.73	0.58	0.28	2.1	1.5	2.0
N <sub>45</sub> K <sub>75</sub>	2.39	0.40	1.76	0.60	0.26	2.3	1.5	2.0
K <sub>60</sub>	1.53	0.30	1.59	0.52	0.38	1.4	1.7	1.9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2.20	0.34	1.75	0.62	0.36	1.7	1.8	1.8
N <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	2.26	0.38	1.85	0.63	0.28	2.2	1.7	2.0
N <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2.32	0.40	1.92	0.64	0.26	2.5	1.6	2.1

В значительной мере элементный состав сена первого укоса в среднем за три года определялся действием доз применяемых удобрений. В среднем за четыре года опытов на контрольном варианте содержание общего азота в сене в зависимости от вида агротехнических мероприятий изменялось в пределах 1,62...1,64 %.

В сене второго укоса отавы содержание общего азота в контрольном варианте при поверхностной обработке дернины было на уровне 1,42, при коренной — 1,44 %. По применяемым системам удобрения в зависимости от фона обработки почвы содержание общего азота в сене первого укоса изменялось от 1,62 до 2,45 и от 1,64 до 2,49 %, и соответственно в сене второго укоса — от 1,42 до 2,23 и от 1,44 до 2,32 %.

При поверхностной обработке почвы содержание фосфора в урожае сена первого укоса по рассматриваемым вариантам опыта варьировало в пределах 0,23...0,44 %, при коренном улучшении — от 0,24 до 0,41, в сене второго укоса в зависимости от способа обработки дернины содержание фосфора было на уровне 0,24...0,39 и 0,25...0,40 %.

В среднем содержание калия в урожае сена злакового травостоя первого укоса в зависимости от фона обработки дернины по вариантам опыта составляло 1,62...1,90 и 1,65...1,93 %, а в сене многолетних трав второго укоса его содержание изменялось соответственно с 1,58 до 1,92 %, не превышая зоотехнический норматив (3,0 %). Независимо от способов обработки дернины содержание магния в урожае сена злакового травостоя как первого, так и второго укосов не превышало оптимального значения, изменяясь по вариантам опыта от 0,40 до 0,24 %. Минеральные удобрения, следовательно, способствовали снижению содержания магния в корме.

В среднем содержание кальция в сене многолетних трав первого и второго укосов повышалось под влиянием действия минеральных удобрений и независимо от способа обработки дернины составляло 0,51...0,62 %, оставаясь на уровне зоотехнического оптимума. В среднем соотношение кальция и магния урожая сена злакового травостоя первого и второго укосов изменялось от 1,3 до 2,5 и от 1,3 до 2,6 соответственно, не превышая норматива (2–3:1). Отношение Ca:Mg в сене многолетних трав при вспашке дернины ярусным плугом по вариантам опыта в первом укосе изменялось от 1,3 до 2,3, а во втором — от 1,3 до 2,5. В среднем за годы проведения опыта соотношение между кальцием и фосфором (Ca:P) в урожае сена первого укоса по фону поверхностной обработки дернины изменялось по вариантам опыта от 1,3 до 2,3, в сене второго укоса составляло 1,5...2,2, а по фону коренной обработки соотношение Ca:P составляло 1,6...2,2 при оптимуме. Соотношение Ca:P в сене второго укоса многолетних трав при поверхностной обработке почвы составляло 1,5...2,2, при коренной — 1,5...2,1.

Отмечено снижение соотношения кальция к фосфору под влиянием возрастающих доз минеральных удобрений.

Установлено, что в контрольном варианте как первого так и второго укосов многолетних трав и при применении фосфорно-калийных удобрений независимо от способа обработки дернины отношение калия к сумме кальция и магния (K : Ca+Mg) в сене было меньше оптимального значения (2,2). При применении последовательно возрастающих доз калийного удобрения в составе NPK соотношение калия к сумме кальция и магния (K : Ca+Mg) приближалось или соответствовало нормативу независимо от фона обработки почвы.

С. Томпсон [19], например, считает, что приспособительные свойства растений к радиационному загрязнению достаточно высоки, а их различные части (корни или

стебель) зависят от баланса поддержки химическими элементами минерального происхождения, что подтверждает адекватность комплекса проведенных нами исследований. В [20] также обращается внимание на возможности естественного процесса рекомбинации и самоочищения растительности от радиационного загрязнения.

### Заключение

Доказано, что при радиационном загрязнении естественных кормовых угодий проведение комплекса защитных мероприятий, включающих агротехнические и агрохимические приемы, позволяют выращивать нормативно чистые корма по удельной активности в них основного дозообразующего радионуклида  $^{137}\text{Cs}$ , соответствующей санитарно-гигиеническому нормативу ВП 13,5 13/06—01. Установлено, что под действием внесения азотных удобрений в сене многолетних трав увеличивалась удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в кормах, в то время как применение калийных удобрений в последовательно увеличивающихся дозах способствовало уменьшению его удельной активности. Производство экологически чистых грубых кормов с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$ , не превышающей санитарно-гигиенический норматив (400 Бк/кг), на фоне как поверхностного, так и коренного улучшения естественных кормовых угодий при двухукосном использовании сеяных мятликовых трав вполне достижимо благодаря применению минерального удобрения  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  под первый укос и  $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$  под второй укос. Это в свою очередь обеспечивает получение экологически безопасной животноводческой продукции (молока, мяса).

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что воздействие минеральных удобрений на изменение элементного состава сеяных многолетних травостоев проявляется в качестве основополагающего фактора повышения качества производимых кормов на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях.

### Библиографический список

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Проблемы и перспективы развития кормопроизводства // Кормопроизводство. 2011. № 2. С. 4—7.
2. Кутузова А.А., Привалова К.Н. Приоритетные направления лугопастбищного кормопроизводства // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2012. № 2. С. 56—58.
3. 20 лет Чернобыльской катастрофы: взгляд в будущее: национальный доклад Украины. Киев: Атика, 2006. 238 с.
4. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия: Информация ГК АЭ СССР, подготовленная для совещания в МАГАТЭ (Вена, 25—29 августа 1986 г.).
5. Санжарова Н.И., Панов А.В., Исамов Н.Н., Прудников П.В. Защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве: к 30-летию аварии на ЧАЭС // Агрохимический вестник. 2016. № 2. С. 5—9.
6. Белоус Н.М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области, пострадавшей от Чернобыльской катастрофы // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 4. С. 41—48.
7. Панов А.В., Фесенко С.В., Алексахин Р.М. Эффективность мероприятий, направленных на снижение доз облучения жителей сельских населенных пунктов в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиэкология. 2001. Т. 41. № 6. С. 682—694.
8. Аверин В.С., Подоляк А.Г. Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции // Белорусское сельское хозяйство. 2010. № 4(96). С. 18—22.
9. Шаповалов В.Ф., Плющиков В.Г., Белоус Н.М., Курганов А.А. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезия-137 // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2014. № 1. С. 13—20. doi: 10.22363/2312-797X-2014-1-13-20

10. Панферов Н.В. Эффективность длительного внесения минеральных удобрений на пойменных пастбищах // Кормопроизводство. 2008. № 3. С. 9—12. doi: 10.22363/2312-797X-2014-1-13-20
11. Анишина Ю.А. Элементный состав корма одновидовых посевов многолетних трав при разном уровне минерального питания // Вестник БГСХА. 2011. № 5. С. 20—24.
12. Подольяк А.Г., Тимофеев С.Ф., Персикова Т.Ф. Переход цезия-137 и стронция-90 в травостой низинных лугов на торфяно-болотных почвах // Агрехимия. 2004. № 11. С. 63—70.
13. Чесалин С.Ф. Влияние комплексного применения агротехнических и агрохимических мероприятий на показатели качества сена многолетних трав // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 4. С. 10—17.
14. Поцепай С.Н., Справцев А.А., Харкевич Л.П., Бельченко С.А., Шаповалов В.Ф. Приемы поверхностного и коренного улучшения кормовых угодий в условиях радиоактивного загрязнения // Агрехимический вестник. 2019. № 4. С. 58—62. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10061
15. Смольский Е.В., Харкевич Л.П., Чесалин С.Ф., Божин И.А., Бокатуро Н.Н. Эффективность мероприятий по улучшению продуктивности сенокосов // Агрехимический вестник. 2015. № 5. С. 25—28.
16. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 1. М.: ВИУА, 1975. 167 с.
17. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985. 22 с.
18. Фокин А.Д., Лурье А.А., Трошин С.П. Сельскохозяйственная радиология. СПб.: Лань, 2011. 416 с.
19. Stuart Thompson. Why plants don't die from cancer? // The conversation. 21 June 2019. Режим доступа: <https://theconversation.com/why-plants-dont-die-from-cancer-119184>.
20. Georgieva M., Rashydov N.M., Hajduch M. DNA damage, repair monitoring and epigenetic DNA methylation changes in seedlings of Chernobyl soybeans // DNA Repair. 2017. Vol. 50. Pp. 14—21. doi: 10.1016/j.dnarep.2016.12.002

## References

1. Kosolapov VM, Trofimov IA. Problems and prospects of forage production development. *Fodder production*. 2011; (2):4—7. (In Russ.)
2. Kutuzova AA, Privalova KN. Priority lines of development of meadow-pasture fodder production. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2012; (2):56—58. (In Russ.)
3. 20 let Chernobyl'skoi katastrofy: vzglyad v budushchee: natsional'nyi doklad Ukrainy [20 years of the Chernobyl disaster: a look into the future: national report of the Ukraine]. Kiev: Atika publ.; 2006. (In Russ.)
4. *Avariya na Chernobyl'skoi AES i ee posledstviya: Informatsiya GK AE SSSR, podgotovlennaya dlya soveshchaniya v MAGATE* [Accident at the Chernobyl nuclear power plant and its consequences: Information from the GK AE of the USSR prepared for the meeting at the IAEA. 1986. (In Russ.)
5. Sanzharova NI, Panov AV, Isamov NN, Prudnikov PV. Protective and rehabilitation countermeasures in agriculture: to the 30th anniversary of the Chernobyl NPP accident. *Agrochemical herald*. 2016; (2):5—9. (In Russ.)
6. Belous NM. Socio-economic Development of the Regions of the Bryansk region affected by the Chernobyl disaster. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2013; (4):41—48. (In Russ.)
7. Panov AV, Fesenko SV, Aleksakhin RM. Effectiveness of measures aimed at reducing radiation doses to residents of rural settlements in the remote period after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Radiation Biology. Radioecology*. 2001; 41(6):682—694. (In Russ.)
8. Averin BC, Podolyak AG. The Role of Protective Measures to Reduce Radiation Doses to the Population and Obtain Normatively Clean Agricultural Products. *Belorusskoe selskoe hosiaystvo*. 2010; (4):18—22. (In Russ.)
9. Shapovalov VF, Plyushchikov VG, Belous NM, Kurganov AA. Development of a set of measures to radically improve the natural root land contaminated by radionuclide cesium-137. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2014; (1):13—20. (In Russ.) doi: 10.22363/2312-797X-2014-1-13-20
10. Panferov N.V. Efficiency of long-term application of mineral fertilizers in floodplain pastures. *Fodder production*. 2008; (3):9—12. (In Russ.)
11. Anishina YA. Elemental composition of the feed of single-species crops of perennial grasses at different levels of mineral nutrition. *Vestnik of Bryansk state agricultural academy*. 2011; (5):20—24. (In Russ.)
12. Podolyak AG, Timofeev SF, Persikova TF. Cesium-137 and strontium-90 transfer to grass stands on peat-bog soils of lowland meadows. *Agrohimia*. 2004; (11):63—70. (In Russ.)
13. Chesalin SF. Influence of integrated application of agrotechnical and agrochemical measures on the quality indicators of hay of perennial grasses. *Vestnik of Bryansk state agricultural academy*. 2013; (4):10—17. (In Russ.)

14. Potsepai SN, Spravtsev AA, Kharkevich LP, Belchenko SA, Shapovalov VF. Methods of surface and radical improvement of forage lands under radiation contamination. *Agrochemical Herald*. 2019; (4):58–62. (In Russ.) doi: 10.24411/0235–2516–2019–10061
15. Smolski VE, Kharkevich LP, Chesalin SF, Bozhin IA, Bokaturu NN. Effectiveness of measures to improve productivity of hayfields. *Agrochemical Herald*. 2015; (5):25–28. (In Russ.)
16. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami. Chast' 1* [Methodological Guidelines for Research in Long-term Experiments with Fertilizers. Part 1]. Moscow: VIUA publ.; 1975. (In Russ.)
17. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu estestvennykh radionuklidov v pochvakh i rasteniyakh* [Guidelines for the Determination of Natural Radionuclides in Soils and Plants]. Moscow: TsINAO publ.; 1985. (In Russ.)
18. Fokin AD, Lurie AA, Troshin SP. *Sel'skokhozyaistvennaya radiologiya* [Agricultural Radiology]. St. Petersburg: Lan' publ.; 2011. (In Russ.)
19. Thompson S. Why plants don't die from cancer? *The conversation UK*. 21 June 2019. Available from: <https://theconversation.com/why-plants-dont-die-from-cancer-119184>.
20. Georgieva M., Rasydyov N.M., Hajduch M. DNA damage, repair monitoring and epigenetic DNA methylation changes in seedlings of Chernobyl soybeans. *DNA Repair*. 2017; 50:14–21. doi: 10.1016/j.dnarep.2016.12.002

#### Об авторах:

*Бокатуро Николай Николаевич* — аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2 а; e-mail: bgsha@bgsha.com

*Справцев Александр Анатольевич* — аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2 а; e-mail: bgsha@bgsha.com

*Асташина Алина Александровна* — аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2 а; e-mail: bgsha@bgsha.com

*Поцепай Светлана Николаевна* — аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2 а; e-mail: snpotsepai@yandex.ru

*Шаповалов Виктор Федорович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2 а; e-mail: bgsha@bgsha.com

#### About authors:

*Bokaturu Nikolay Nikolaevich* — Postgraduate Student, Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2a, Sovetskaya st., Kokino vil., Vygonichsky district, Bryansk Region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

*Spravtsev Aleksandr Anatolyevich* — Postgraduate Student, Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2a, Sovetskaya st., Kokino vil., Vygonichsky district, Bryansk Region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

*Astashina Alina Aleksandrovna* — Postgraduate Student, Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2a, Sovetskaya st., Kokino vil., Vygonichsky district, Bryansk Region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

*Podsepai Svetlana Nikolaevna* — Postgraduate Student, Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2a, Sovetskaya st., Kokino vil., Vygonichsky district, Bryansk Region, 243365, Russian Federation; e-mail: snpotsepai@yandex.ru

*Shapovalov Viktor Fedorovich* — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, 2a, Sovetskaya st., Kokino vil., Vygonichsky district, Bryansk Region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-173-181  
УДК 631.51:631.348

*Научная статья / Research article*

## Снижение поражения сельскохозяйственных растений как способ защиты биосферы от загрязнения химически опасными воздействиями

М.В. Мезникова<sup>1\*</sup>, И.Б. Борисенко<sup>1</sup>,  
О.Г. Чамурлиев<sup>1</sup>, Г.О. Чамурлиев<sup>2</sup>, Л.С. Идрисова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Волгоградский государственный аграрный университет,  
г. Волгоград, Российская Федерация  
<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов,  
г. Москва, Российская Федерация  
\*bgd\_meznikova@mail.ru

**Аннотация.** В сложнейших экономических реалиях современности первостепенной задачей при выращивании сельскохозяйственных культур является сокращение затрат с соблюдением требований к качеству. Вместе с тем становятся все более очевидными проблемы экологической безопасности для всего человечества. Часто при недостатке знаний или при плохих настройках техники можно наблюдать катастрофические последствия необоснованного и неразумного применения химических веществ. Это повышает риск возникновения чрезвычайных ситуаций в отрасли сельского хозяйства. В связи с этим химическая защита растений требует особого внимания с точки зрения организации безопасности. Этим подчеркивается важность и востребованность предлагаемого направления исследования и представленного решения по методу снижения воздействия химически опасных веществ на растения за счет применения полосовой химической обработки сельскохозяйственных культур. На основании анализа производственных расходов на химическую обработку выявлены недостатки серийных машин для химической обработки растений. Предложены технология и техническое решение по применению полосового опрыскивания с перераспределением рабочих растворов по объектам воздействия с учетом фазы развития культуры, которые позволяют точно вносить действующее вещество на объект воздействия. Это приводит к снижению гектарной нормы внесения, сокращению стресса культурных растений, экономии денежных затрат на химическую обработку, одновременно способствуя решению экологических задач посредством сокращения химической нагрузки на почву. Данный способ позволяет снизить риск возникновения чрезвычайных ситуаций при применении химически опасных веществ в агропромышленном комплексе.

**Ключевые слова:** защита окружающей среды, полосовая обработка почвы, Strip-till, химически опасные вещества, охрана почв, ресурсосбережение, химическая нагрузка на почву, опрыскиватель, конус распыла

© Мезникова М.В., Борисенко И.Б., Чамурлиев О.Г., Чамурлиев Г.О., Идрисова Л.С., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

**Заявление о конфликте интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование. Благодарности.** Источник финансирования материалов для проведения лабораторных исследований — филиал французской холдинговой компании EXEL Industries с размещением сборочного производства на территории Волгоградской области ООО «ЕМС».

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 13 февраля 2020 г. Принята к публикации: 26 марта 2020 г.

**Для цитирования:**

Мезникова М.В., Борисенко И.Б., Чамурлиев О.Г., Чамурлиев Г.О., Идрисова Л.С. Снижение поражения сельскохозяйственных растений как способ защиты биосферы от загрязнения химически опасными воздействиями // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 173—181. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-173-181

---

## Reducing plant damage as a way to protect the biosphere from pollution by chemically hazardous effects

Marina V. Meznikova<sup>1\*</sup>, Ivan B. Borisenko<sup>1</sup>,  
Omary G. Chamurliiev<sup>1</sup>, Georgy O. Chamurliiev<sup>2</sup>, Lucia S. Idrisova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Volgograd State Agricultural University, *Volgograd, Russian Federation*

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia, *Moscow, Russian Federation*

\*Correspondent author: [bgd\\_meznikova@mail.ru](mailto:bgd_meznikova@mail.ru)

**Abstract.** In difficult economic realities, the primary task in growing crops is to reduce costs in compliance with quality requirements. At the same time, environmental safety issues are becoming more and more obvious. Lack of knowledge or poor technical settings often result in catastrophic consequences due to unreasonable chemicals application and increases emergency risks in agriculture. In this regard, chemical plant protection requires special attention in terms of safety management. The method of strip chemical treatment of crops reduces the effects of chemically hazardous substances on plants, emphasizing the importance and relevance of the research direction. Based on the analysis of production costs for chemical treatment, the shortcomings of serial machines for chemical plant treatment were identified. A technology and technical solution for strip spraying with redistribution of operating solutions to the exposure objects, considering plant growth stage, were proposed. It allowed to accurately adding the active substance to the object, which caused decrease in application rate per hectare, reduction of plant stress, and saving in costs for chemical treatment. Simultaneously, it contributed to the solution of environmental problems by reducing chemical load on soil. This method reduces the risk of emergencies when using chemically hazardous substances in agriculture.

**Key words:** environment protection, strip soil processing, Strip-till, dangerous chemicals, soils protection, resource-saving, chemical soil loading, sprayer, spray cone

**Conflict of interest.** The authors declared that they have no conflict of interest.

**Financing. Acknowledgments.** A subsidiary (EMC) of the French holding EXEL Industries Company located in the Volgograd region funded the laboratory research.

**Article history:**

Received: 13 February 2020. Accepted: 26 March 2020

**For citation:**

Meznikova MV, Borisenko IB, Chamurliiev OG, Chamurliiev GO, Idrisova LS. Reducing plant damage as a way to protect the biosphere from pollution by chemically hazardous effects. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):173—181. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-173-181

## Введение

Первостепенная задача производителя растениеводческой продукции — это обеспечение населения продуктами питания. Потребность в зерне на пищевые и кормовые цели постоянно растет. В то же время плодородие почв постепенно истощается, а антропогенное влияние человека на природные ресурсы становится все более заметным. Явное ухудшение состояния окружающей среды ведет к нарушениям состояния здоровья человека и представителей животного мира, составляющих биологическое разнообразие нашей планеты. В условиях мировой пандемии, охватившей нашу планету в 2020 г., получение урожая в достаточном количестве при соблюдении требований к качеству становится главной целью для хозяйственников, стремящихся к постоянному самосовершенствованию и личностному развитию, способных решать каждодневные задачи с применением современных технологий. Центральное место в данном вопросе принадлежит ресурсосберегающим технологиям.

Современному сельхозпроизводителю необходимо заботиться о состоянии почв на всех этапах производства продукции [1, 2]. Вместе с тем, любая технология, применяемая для выращивания сельскохозяйственных культур, наносит вред окружающей среде. Это приводит к сложному и разноплановому влиянию на состояние здоровья всего населения [3]. Всемирная организация здравоохранения видит первостепенную задачу в снижении заболеваемости и сокращении показателей смертности, что напрямую зависит от состояния воды, воздуха и почвы. Именно триединство этих компонентов окружающего мира оказывает непосредственное влияние на каждого из нас, а ухудшение состояния почв грозит катастрофическим сокращением земель, пригодных для производства продукции растениеводства, которая необходима для обеспечения сбалансированного питания человека и для развития животноводства.

Чрезмерно интенсивное использование земель сельскохозяйственного назначения ведет к сокращению плодородия. Так, необоснованные проходы техники по полю приводят к переуплотнению почвенного слоя. Несоблюдение сроков и качества проводимых работ могут привести к возникновению водной и ветровой эрозии, потерям почвенной влаги [4, 5]. Нарушение технологического процесса обработки почвы, неразумного использования химических средств и технологии орошения часто приводят к загрязнению окружающей среды, возникновению и развитию устойчивых болезней среди растений и животных, эрозионных процессов в почве. К решению данных проблем требуется применение комплексного подхода, который может обеспечить правильный выбор технологии для конкретной культуры в конкретной местности [6, 7].

**Цель исследования** заключается в обосновании технологического процесса внесения средств защиты и жидких удобрений с учетом фазы развития растений на основе разработанного ресурсосберегающего способа полосового опрыскивания.

## Материалы и методы исследования

Одной из востребованных технологий, помогающих в решении обозначенных выше проблем, является технология полосового земледелия Strip-till [8]. В последние десятилетия в России и за рубежом к данной технологии и техническим средствам для ее выполнения значительно вырос научный интерес [7, 9]. Посредством применения полосового земледелия можно не только получать хорошую урожайность, снизить себестоимость продукции и сократить состав машинно-тракторного парка (МТП) в хозяйстве, но и одновременно решать ряд экологических проблем [10, 11]. Суть данной технологии состоит в рациональном перераспределении энергии трактора через почвообрабатывающий рабочий орган на полосу обитания культурных растений. В междурядье же, напротив, обработка не осуществляется, что дает весомый результат в плане сокращения антропогенного воздействия на почву и снижения технических затрат. Как известно, в последние годы особенно негативно на все природные системы влияет глобальное потепление климата. Причина состоит в выделении парниковых газов как негативного следствия деятельности человека. Применение полосовой технологии позволяет снизить выбросы парниковых газов в атмосферу пропорционально обработанной доле полос, что составляет не менее 24 % от общего количества (около 70 млн т).

Операции по механической обработке почвы, химической защите и питанию растений — составляющие технологического комплекса Strip-till [12]. Анализ производственных затрат при использовании данной технологии свидетельствует о том, что расходы на защиту и питание растений являются существенной статьёй в себестоимости продукции, занимая в среднем от 20 до 30 % в общей структуре затрат [13]. Это является причиной снижения экономического эффекта от выращенной продукции, а вместе с тем также является источником негативного и повреждающего воздействия на почву, животных и человека [14]. Отказ от применения химических веществ в сельском хозяйстве при выращивании культурных растений на данном этапе развития человечества практически невозможен. Отсутствие химических обработок ведет к необоснованным потерям урожая. Замена же химических обработок механическими ведет к существенному увеличению стоимости технологии и трудовых затрат.

В современных производственных условиях применяется метод сплошной химической обработки посевов, посредством которого производится многократное воздействие на культурные растения. Это влечет развитие их стресса и делает неэффективным использование дорогостоящих токсичных препаратов с чрезмерным загрязнением окружающей среды [3, 15].

Наша команда взялась за решение данной технической задачи и предложила усовершенствование известного технологического процесса сплошного опрыскивания на основе полосового распределения рабочего раствора с соответствующей модернизацией серийного штангового опрыскивателя. Главной идеей было наделять техническое средство возможностью перераспределения бакового раствора в пределах тех полос, где в данный момент химическое воздействие необходимо [12, 14]. Такое решение позволяет точно перераспределить раствор с действующим

веществом без снижения нормы и качества обработки объектов воздействия. Как следствие, вредное воздействие на человека и окружающую среду снижается, а стрессовых воздействий на культурные растения, как и затрат на химическую обработку растений становится гораздо меньше. В плане оценки качества производимых работ полосовое опрыскивание способствует более равномерному внесению раствора в пределах полосы, снижению гектарного расхода химических средств ухода за растениями на 20...40 % в зависимости от ширины междурядья [7].

В настоящее время исследования проведены на двух этапах: лабораторном и полевом. В лаборатории проведена проверка научной гипотезы по выполнению технологического процесса полосового опрыскивания и изучению параметров факела распыла при слиянии потоков рабочей жидкости на специально изготовленной рабочей установке [12, 14]. После переоборудования серийного штангового опрыскивателя Hardy Novigator-3000 и установки инновационных корпусов делителей были проведены полевые исследования на землях ООО «Гелио-Пакс Агро-4» Михайловского района Волгоградской области в июле 2019 г. В полевых условиях проверяли выполнение технологического процесса полосового опрыскивания на подсолнечнике в фазе 6-8 листьев с последующей оценкой качественных показателей процесса распыления.

Правильные расчеты при приготовлении бакового раствора снижают риск возникновения чрезвычайных ситуаций в отрасли. В связи с изменением технологического процесса опрыскивания, важно внести коррективы в методику расчета нормы расхода жидкости с учетом изменившейся площади обработанных полос в рамках полосового опрыскивания.

При этом норму расхода  $R_n$ , л/га, в обрабатываемых полосах принимают равной величине нормы расхода при сплошном опрыскивании, а минутный расход  $q_n$ , л/мин, на каждую обрабатываемую полосу определяют из соотношения

$$q_n = R_n b v \cdot 600, \quad (1)$$

где  $b$  — ширина обрабатываемых полос, м;  $v$  — скорость агрегата, км/ч.

Общий объем рабочей жидкости, потребный на все поле  $Q_n$ , л/поле, можно рассчитать по формуле

$$Q_n = F_n b R_n r, \quad (2)$$

где  $F_n$  — площадь поля, га;  $r$  — ширина междурядий, м.

Пользуясь приведенными формулами, несложно провести предварительную настройку опрыскивателей на расход с заданной нормой [16].

## Результаты и обсуждение

На первом этапе лабораторных исследований были получены следующие результаты: все проверяемые форсунки щелевого типа с углом распыла 60° и 80° соответствовали характеристикам, заявленным заводом-изготовителем. При изучении факела распыла проводили исследования для вертикального способа распыления и для смещения оси факела распыла на разные углы. При обработке результатов было установлено, что оптимальным для технологии полосового опрыскивания является смещение оси распыла от вертикали на угол 45°.

В 2018 г. между Волгоградским государственным аграрным университетом и французской холдинговой компанией EXEL Industries, которая имеет крупное сборочное производство на территории Волгоградской области, подписан договор о сотрудничестве и получен патент РФ на изобретение № 2709762 [17], освоено производство модернизированных опрыскивателей для полосового опрыскивания. Стоимость переоборудования серийного опрыскивателя Hardy Novigator-3000 под полосовую технологию с сохранением функции сплошного опрыскивания составила 4101,72 тыс. евро.

Полевые испытания по реализации технологии полосовой химической обработки пропашных культур показали свою эффективность, техническая часть — универсальность и простоту переоборудования и наладки. Модернизированный под применяемую технологию опрыскиватель Hardy Novigator-3000 сохранил функции сплошного опрыскивания, что подчеркивает преимущество внедряемого технического решения и всей технологии перед серийными моделями опрыскивателей. Применение технологии полосового опрыскивания позволило снизить гектарную норму внесения рабочего раствора на 20 %, не снижая рекомендованной нормы на объект воздействия.

В результате применения индикаторного метода для оценки качественных показателей процесса сплошного и полосового внесения химических веществ было подтверждено преимущество полосового опрыскивания перед сплошным. При опрыскивании по стандартной технологии со сплошным внесением бакового раствора и вертикальном направлении конуса распыла 80...85 % капель находилось на 1/3 высоты от верхней части растения. На внутренней стороне листа и стебле подсолнечника капли рабочего раствора не наблюдались. При переходе на технологию полосового опрыскивания попадание капель на внутреннюю сторону листьев и стебель происходило равномерно по всей высоте [5].

Теоретические расчеты эффективности использования модернизированного опрыскивателя Hardi Navigator-3000 на полях ООО «Гелио-Пакс Агро-4» показали, что экономический эффект от внедрения технологии полосовой химической обработки при выращивании подсолнечника в данных производственных условиях составил 1179 р./га за счет снижения прямых технических затрат и расходов на средства защиты и питания растений.

## Выводы

Для сокращения химического воздействия на почву и окружающую среду при выращивании пропашных культур рекомендуется применять технологию полосовой химической обработки сельскохозяйственных культур. Внедрение данной технологии способствует оптимизации в сфере использования химических веществ в сельскохозяйственной отрасли за счет сокращения нерационально расходуемых химических препаратов. Кроме того, важной является направленность технологии на сохранение и поддержание благополучного экологического фона производства сельскохозяйственной продукции, укрепление продовольственной безопасности Волгоградского региона.

Проведенная оценка рынка Волгоградской области позволила установить, что востребованность полосовой технологии в регионе составляет 914 тыс. га. В России такая технология может быть успешно применена на 14450 тыс. га.

Полученные результаты лабораторных и полевых исследований свидетельствуют о том, что технологический процесс полосового опрыскивания по качественным и экономическим показателям превосходит применяемый на сегодняшний день способ сплошного опрыскивания с вертикальным направлением распыления. При этом норма внесения вещества на объект остается прежней, а гектарная норма снижается на 20...45 % (в зависимости от ширины междурядья). Эффект от применения технологии полосовой химической обработки пропашных культур доказан также и в аспекте качества нанесения препарата на растение.

Все данные положения позволяют рекомендовать разработанный способ опрыскивания как перспективный, более экологичный и экономически выгодный. В итоге с учетом повышения экологических и ресурсосберегающих принципов технологический процесс полосового опрыскивания можно рассматривать как дополнительный элемент дальнейшего развития технологии полосового земледелия.

### Библиографический список

1. Беленков А.И., Тюмаков А.Ю., Сабо У.М. Точное (координатное) земледелие в РГАУ — МСХА имени К.А. Тимирязева: реальность и перспективы // Вестник Алтайского ГАУ. 2015. № 4(126). С. 5—10.
2. Мельник В.И. Эволюция систем земледелия — взгляд в будущее // Земледелие. 2015. № 1. С. 8—12.
3. Зубарев Ю.Н. «Зеленая революция» — фактор прогресса земледелия // Пермский аграрный вестник. 2014. № 3(7). С. 17—21.
4. Борисенко И.Б., Шапров М.Н., Борисенко П.И. Агротехнические подходы при проектировании рабочего органа минимальной обработки почвы с полосным углублением // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 193—197.
5. Борисенко И.Б., Филин В.И., Мезникова М.В., Улыбина Е.И. Эффективность применения химической полосовой технологии и необходимая модернизация опрыскивателя для ее выполнения // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука — производству: материалы Национальной научно-практической конференции, г. Волгоград, 29 октября 2019 г. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 3. С. 18—24.
6. Завражнов А.И., Балашов А.В., Дьячков С.В., Омаров А.Н., Стрыкин С.П. Определение конструктивных параметров аппликаторов для локальной обработки посевов сахарной свеклы // Достижения науки и техники в АПК. 2017. Т. 31. № 1. С. 52—55.
7. Canales E., Bergtold J., Williams J. Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas // Agricultural and resource economics review. 2018. Vol. 47. № 1. P. 90—117. doi:10.1017/age.2017.23
8. Борисенко И.Б., Мезникова М.В. Применение ресурсосберегающей технологии Strip-till при выращивании сорго // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6(56). С. 82—84.
9. Мезникова М.В., Борисенко И.Б., Улыбина Е.И., Бояркина О.В. Повышение эффективности химической обработки пропашных культур в рамках полосовой технологии // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 453—465. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-453-465
10. Jaskulska I., Gałęzewski L., Piekarczyk M., Jaskulski D. Strip-till technology — a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland // Italian Journal of Agronomy. 2018. Vol. 13. № 3. P. 194—199. doi: 10.4081/ija.2018.981
11. Mi GuoHua, Wu DaLi, Chen YanLing, Xia TingTing, Feng GuoZhong, Li Qian, Shi DongFeng, Su XiaoPo, Gao Qiang. The Ways to Reduce Chemical Fertilizer Input and Increase Fertilizer Use Efficiency in Maize in Northeast China // Scientia Agricultura Sinica. 2018. Vol. 51. № 14. P. 2758—2770. doi: 10.1016/j.ejca.2010.10.025

12. Борисенко И.Б., Мезникова М.В., Улыбина Е.И. Новые технологии применения опрыскивателя // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 4–5.
13. Борисенко И.Б., Чамурлиев О.Г., Чамурлиев Г.О., Мезникова М.В. Оценка эффективности технологии полосной обработки почвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Т. 13. № 3. С. 194–206. doi: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-194-206
14. Мезникова М.В. Исследование проблем защиты растений от химически опасных воздействий в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник НЦ БЖД. 2019. № 2(40). С. 98–104.
15. Лукменев В.П. Влияние удобрений, фунгицидов и регуляторов роста на продуктивность подсолнечника // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1(51). С. 41–46.
16. Borisenko I.B., Ovchinnikov A.S., Meznikova M.V., Fomin S.D., Bocharnikov V.S., Rogachev A.F., Ulybina E.I. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Kurgan: IOP Publishing, 2019. Vol. 341. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012092.
17. Способ полосовой химической обработки растений: Пат. 2709762 РФ: МПК А01М 7/00, А01С 23/02 / Борисенко И.Б., Овчинников А.С., Чамурлиев О.Г., Филин В.И., Мезникова М.В., Улыбина Е.И., Лама П.Ф., Патрика Б., Вачугов С.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. № 2019102345; заявл. 28.01.19; опубл. 19.12.19, Бюл. № 35. 7 с.

## References

1. Belenkov AI, Tyumakov AY, Sabo MU. Precision (coordinate) agriculture the Russian State Agricultural University Timiryazev Moscow Agricultural Academy: reality and prospects. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2015; (4):5–10. (In Russ.)
2. Melnik VI. The evolution of farming system — a look into the future. *Zemledelie*. 2015; (1):8–12. (In Russ.)
3. Zubarev YN. “Green revolution” — the factor of the progress of agriculture. *Perm Agrarian journal*. 2014; 3 (7):17–21. (In Russ.)
4. Borisenko IB, Shaprov MN, Borisenko PI. Agrotechnical approaches in the design of the working part for minimum tillage with strip deepening. *Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2013; (4):193–197. (In Russ.)
5. Borisenko IB, Filin VI, Meznikova MV, Ulybina EI. Effectiveness of chemical strip technology and necessary modernization of the sprayer for its implementation. *Priority research and innovative technologies in the agricultural sector: science — production: proceedings of the National Scientific and Practical Conference, Volgograd, October 29, 2019. Volume 3*. Volgograd: Volgograd State Agrarian University Publ.; 2019. p. 18–24. (In Russ.)
6. Zavrazhnov AI, Balashov AV, Dyachkov SV, Omarov AN, Strykin SP. Determination of design parameters of applicators for local processing of sugar beet crops. *Achievements of science and technology in Agro-Industrial complex*. 2017; 31(1):52–55. (In Russ.)
7. Canales E, Bergtold J, Williams J. Modeling the Choice of Tillage Used for Dryland Corn, Wheat and Soybean Production by Farmers in Kansas. *Agricultural and Resource Economics Review*. 2018; 47(1), 90–117. doi: 10.1017/age.2017.23
8. Borisenko IB, Meznikova MV. Using the Strip-Till resource-saving technology in sorghum growing. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2015; 6 (56):82–84. (In Russ.)
9. Meznikova MV, Borisenko IB, Ulybina EI, Boyarkina OV. Improving the efficiency of chemical processing of row crops in the framework of strip technology. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(4):453–465. (In Russ.) doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-453-465
10. Jaskulska I, Gałęzewski L, Piekarczyk M, Jaskulski D. Strip-till technology — a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland. *Italian Journal of Agronomy*. 2018; 13(3):194–199. doi: 10.4081/ija.2018.981
11. Mi GH, Wu DL, Chen YL, Xia TT, Feng GZ, Li Q, et al. The Ways to Reduce Chemical Fertilizer Input and Increase Fertilizer Use Efficiency in Maize in Northeast China. *Scientia Agricultura Sinica*. 2018; 51(14):2758–2770. doi: 10.1016/j.ejca.2010.10.025
12. Borisenko IB, Meznikova MV, Ulybina EI. New technologies for the use of a sprayer. *Selskiy Mechanizator*. 2019; (8): 4–5. (In Russ.)
13. Borisenko IB, Chamurliiev OG, Chamurliiev GO, Meznikova MV. Evaluation of the effectiveness of strip tillage technology. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2018; 13(3):194–206. (In Russ.) doi: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-194-206

14. Meznikova MV. Study of the problems of plant protection from chemically hazardous effects in emergency situations. *Vestnik NTsBZhD*. 2019; (2):98–104. (In Russ.)
15. Lukmenev VP. Influence of fertilizers, fungicides and growth regulators on sunflower yields. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2015; (1):41–46. (In Russ.)
16. Borisenko IB, Ovchinnikov AS, Meznikova MV, Fomin SD, Bocharnikov VS, Rogachev AF, Ulybina EI. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops. In: *Conference on Innovations in Agricultural and Rural development, 18–19 April, 2019, Kurgan, Russian Federation. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Volume 341*. IOP Publishing; 2019. doi: 10.1088/1755–1315/341/1/012092
17. Borisenko IB, Ovchinnikov AS, Chamurliov OG, Filin VI, Meznikova MV, Ulybina EI. Sposob polosovoi khimicheskoi obrabotki rastenii [Method for strip processing of plants]. Patent RUS, no. 2709762, 2019. (In Russ.)

#### **Об авторах:**

*Meznikova Marina Viktorovna* — кандидат технических наук, преподаватель высшей категории, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26; e-mail: bgd\_meznikova@mail.ru  
*Borisenko Ivan Borisovich* — доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры земледелия и агрохимии, Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26; e-mail: borisenivan@yandex.ru  
*Chamurliov Omeriy Georgievich* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и агрохимии, Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26; e-mail: attika.ge@yandex.ru  
*Chamurliov Georgiy Omerievich* — кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель агроинженерного департамента Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: giorgostsamourlidis@mail.ru  
*Idrisova Lyucia Sultanovna* — аспирант департамента техносферной безопасности Аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: idrisova\_ls@pfur.ru

#### **About authors:**

*Meznikova Marina Viktorovna* — Associate Professor, Department of Life Safety, Volgograd State Agricultural University, 26, Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation, e-mail: bgd\_meznikova@mail.ru  
*Borisenko Ivan Borisovich* — Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Agriculture and Agricultural Chemistry, Volgograd State Agricultural University, 26, Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation, e-mail: boris-enivan@yandex.ru  
*Chamurliov Omeriy Georgievich* — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agricultural University, 26, Universitetsky ave., Volgograd, 400002, Russian Federation; e-mail: attika.ge@yandex.ru  
*Chamurliov Georgiy Omerievich* — Candidate of Agricultural Sciences, senior lecturer, Agroengineering Department, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8, Mikluho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: giorgostsamourlidis@mail.ru  
*Idrisova Lucia Sultanovna* — PhD student, Department of Technosphere Security, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8, Mikluho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: idrisova\_ls@pfur.ru

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190  
УДК 631.6.02

*Научная статья / Research article*

## Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия

**И.Е. Солдат\***

Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук,  
г. Белгород, Российская Федерация  
\*soldat.i@mail.ru

**Аннотация.** Приведены результаты внедрения системы адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛЗ) — комплекса мер по предотвращению эрозионной деградации почв, являющейся для земель Белгородской области и всего Центрально-Черноземного региона России (ЦЧР) особо опасным природным явлением. АЛЗ способствует созданию экологически устойчивых агроландшафтов путем расширения посевов многолетних трав (до 25 %), введения в севообороты зернобобовых культур и однолетних трав, что отчасти уменьшает негативные последствия сокращения применения минеральных и органических удобрений. Предложено для сохранения баланса гумуса реализовывать адаптированные к местным ландшафтам системы земледелия, которые предусматривают введение всего комплекса почвозащитных мероприятий, включая организационно-хозяйственные, агротехнические, луго-, лесомелиоративные и гидротехнические. Обосновано применение комплексного подхода как единственного способа остановить нарастание деградации земель, вызванных эрозией почв. Доказано, что именно внедрение и совершенствование системы АЛЗ обеспечило снижение интенсивности эрозионных процессов, стабилизацию продуктивных свойств гумуса, повышение эффективности земледелия в опытном хозяйстве Белгородского аграрного научного центра. Отмечено, что применение АЛЗ сопровождалось сокращением площади пашни, ростом площади лесополос и почвозащитных севооборотов, одновременным резким возрастанием средней по хозяйству урожайности зерновых культур и сахарной свеклы, значительным повышением эффективности применения органических и минеральных удобрений, резким улучшением их окупаемость, в результате чего отрасль растениеводства стала рентабельной. Автор считает, что внедрение АЛЗ способно также внести свой определенный вклад в продовольственную безопасность России.

**Ключевые слова:** эрозия почв, севооборот, чернозем, плодородие, гумус, мелиорация, лесозащита, удобрения, агроландшафт

**Заявление о конфликте интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности. Финансирование.** В статье использованы материалы НИР: Создать технологию возделывания сельскохозяйственных культур в условиях адаптивно-ландшафтной системы земледелия юго-западной части ЦЧЗ: тема № 0611–2014–0002 / Л.Г. Смирнова, И.И. Михайленко, И.Е. Солдат, М.И. Евдокименкова, А.А. Кувшинова, Д.С. Тычинин, Г.В. Смирнов; ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Белгород, 1994.

© Солдат И.Е., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 27 января 2020 г. Принята к публикации: 15 апреля 2020 г.

**Для цитирования:**

*Солдат И.Е.* Снижение негативного влияния эрозии почв в Белгородской области внедрением адаптивно-ландшафтной системы земледелия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 182—190. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190

---

## Reducing the negative impact of soil erosion in the Belgorod region through adaptive landscape farming system

**Igor E. Soldat\***

Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,  
Belgorod, Russian Federation

\*Corresponding author: [soldat.i@mail.ru](mailto:soldat.i@mail.ru)

**Abstract.** In the Russian Federation, solving problems of land use, land relations, and land policy leave the basis for social, environmental, economic, and overall political stability of the state. The area of the Belgorod region is 2713.4 thousand hectares, including arable land — 1654.4 thousand hectares (61 %), pastures — 347.6 thousand hectares (12.8 %), hayfield — 68.1 thousand hectares (2.5 %), forests and other lands — 316.5 thousand hectares (22.7 %). The area of eroded soils is 53.6 % of the entire territory of the region. They include: slightly washed out soils — about 35 %, moderate washed out soils — about 13 %, strongly washed out soils — 5.6 %, and flushed — about 1 %. According to Belgorod agrarian scientific center of the RAS area of eroded lands in the Belgorod region has increased in the Western natural-agricultural zone — by 5.1 %, in the Central — by 8.4 % and in the South-East — by 9.1 % over the last 30...40 years. Currently, the concept of adaptive landscape farming has been developed, which provides for comprehensive measures to prevent soil degradation and create environmentally sustainable agricultural landscapes. Adaptive landscape soil protection system of agriculture provides for expansion of perennial grasses up to 25 %, introduction of leguminous crops and annual grasses in crop rotations. With a reduction in the use of mineral and organic fertilizers in modern economic conditions, it is impossible to achieve a balance of humus acceptable for sustainable development of the studied agricultural landscape. System of agriculture adapted to local landscapes provides for introduction of the whole complex of soil conservation measures which can stop land degradation caused by soil erosion. Introduction of adaptive landscape system of agriculture in the pilot farm of the Belgorod agricultural research center allowed to minimize erosion processes, stabilize soil fertility, and significantly improve economic indicators and energy efficiency of agriculture in the economy. The area of arable land was slightly reduced, and the area of forest belts and soil protection crop rotations increased. The average yield of grain crops and sugar beets increased greatly, the use of organic and mineral fertilizers increased significantly, their payback improved, and the crop industry became profitable and cost-effective. Only through adaptive landscape agriculture it is possible to stop water erosion, create conditions for stabilizing and increasing soil fertility, ensure the biologization of agriculture and increase its economic efficiency. Ultimately, this will increase production of domestic agricultural products and increase Russia's food security.

**Keywords:** soil erosion, crop rotation, chernozem, soil fertility, humus, land reclamation, forest protection, fertilizers, adaptive landscape system of agriculture

**Conflicts of interest**

The authors declared no conflicts of interest.

### Financing. Acknowledgments

Materials of the following research project were used in the article: Developing of a technology for cultivating crops in adaptive-landscape farming system in the southwestern part of Central Black Earth region: No. 0611–2014–0002. L.G. Smirnova, I.I. Mikhailenko, I.E. Soldier, M.I. Evdokimenkova, A.A. Kuvshinova, D.S. Tychinin, G.V. Smirnov; Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Belgorod, 1994.

### Article history:

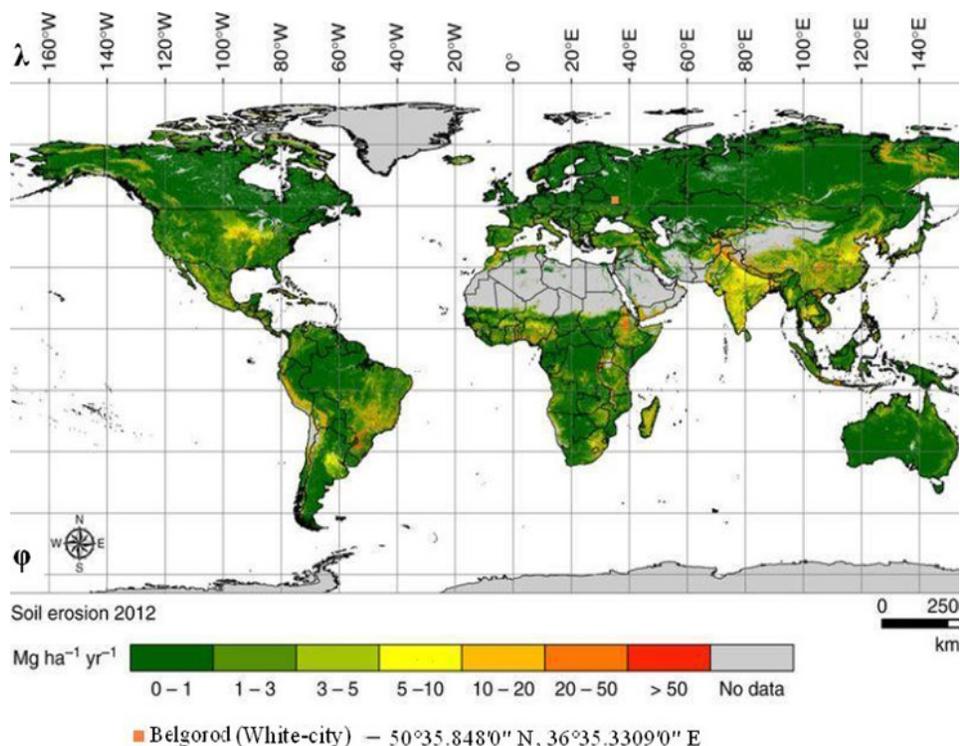
Received: 27 January 2020. Accepted: 15 April 2020

### For citation:

Soldat IE. Reducing the negative impact of soil erosion in the Belgorod region through adaptive landscape farming system. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):182—190. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-182-190

## Введение

Согласно «Пересмотренной Всемирной хартии почв», принятой Международной организацией по продовольствию и сельскому хозяйству в 2015 г., правительства всех стран призываются рассматривать почвенный покров в качестве всемирного достояния человечества [1], что обращает приоритетное внимание государственных структур, принимающих решения, на его сохранение и развитие. Одним из самых опасных разрушителей почв является процесс эрозии, прогрессирующий в большинстве стран мира (рис.) [2, 3].



Карта подверженности земель планеты процессам эрозии [3]

A map of susceptibility of soils to erosion processes [3]

Каждый год приблизительно 75 млрд т почвы на планете разрушается и в большой мере — за счет эрозии. В Китае, Индии, США, Южной Америке ежегодные потери плодородной почвы составляют до 5...6 млрд т [3]. При этом время восстановления, возобновления свойств и устойчивости почв как одного из самых важных ресурсов окружающей среды происходит в 15...40 раз медленнее, чем разрушение и потери.

В Российской Федерации решение проблем землепользования, земельных отношений и земельной политики составляют основу социальной, экологической, экономической и в целом политической стабильности государства.

Как видно на рис. 1, российские земли, являющиеся и без того землями рискованного земледелия, подвержены эрозии в значительной мере. Фактические данные по эрозии почвенного покрова РФ за последнее время приведены в [4—7], а также в официальном документе за 2018 г. [8]. Особенно опасен этот синергетический процесс для черноземов.

Один из источников эрозии — овражно-балочный тип динамики грунтов оказывает негативное влияние на развитие и устойчивость городских поселений и застроек. Однако почвенный покров пахотных и пастбищных земель к этим процессам наиболее чуток и трудно восстановим [9]. При этом среди объектов негативного воздействия процессов эрозии наибольший ущерб с экономической точки зрения приносит разрушение черноземов.

Как и во всем мире, эрозия почвенного покрова от воздействия различных источников становится все более значимым бедствием и в Белгородской области.

Площадь Белгородской области составляет более 2700 тыс. га (61 % — пашня, 12,8 % — пастбища, 2,5 % — сенокосы, леса и прочие земли — 22,7 %) [7]. По характеру рельефа местности обычно определяют пять типов: склоновый, плакорный, надпойменно-террасовый, пойменный и зандровый. В Белгородской области преобладает склоновый тип местности. При этом на склонах крутизной более 3° расположено 30 % земель. Сложность почвенного покрова и многообразие почв обусловлено пестротой условий почвообразования и расчлененным рельефом. Сравнительно высокая по плотности овражность территории варьирует от умеренной до сильной (Старооскольский район — 0,5...0,8 ед/км<sup>2</sup>; Корочанский, Волоконовский, Губкинский районы — до 1,1 ед/км<sup>2</sup>) [6].

Территория области богата почвами с гумусом, обладающим большим естественным плодородием, около 80 % всей площади (2 млн га) и примерно 90 % от площади пашни (более 1,600 млн га) составляют черноземы [7]. Область и располагается в юго-западной части Центрального Черноземья — региона, получившего свое название благодаря основному природному богатству — чернозему. В.В. Докучаев так оценивал этот комплексный феномен природы: «Чернозём — это царь почв, кормилец России», он «дороже всякой нефти, всякого каменного угля, дороже золотых и железистых руд» [10]. Докучаев называл его «коренным, ни с чем несравнимым богатством России». В.И. Вернадский считал, что «чернозем в истории почвоведения сыграл такую же выдающуюся роль, какую имела лягушка в истории физиологии, кальцит в кристаллографии, бензол в органической химии» [11].

Достаточно благоприятные климатические условия, в основном равнинный характер местности, высокоплодородные почвы предрасполагают к интенсивному сельскохозяйственному производству. Распаханность территории области составляет 61 % общей площади. Однако наличие обширных площадей склоновых земель, значительное распространение овражно-балочной сети ведет к широкому распространению процессов почвенной эрозии, приводящих к деградации почв, уменьшению их плодородия и снижению урожайности сельскохозяйственных культур [12—16].

Площадь эродированных почв составляет около 55 % от всей территории области. Слабосмытые из них составляют около 35 %, среднесмытые — примерно 13 %, сильносмытые — 5,6 % и развеваемые — около 1 %. За последние 30...40 лет, по данным Белгородского аграрного научного центра РАН [12], площади эродированных земель Белгородской области увеличились в Западной природно-сельскохозяйственной зоне на 5,1 %, в Центральной — на 8,4 % и Юго-Восточной — на 9,1 % [6, 7].

В экспериментах показано, что при сокращении применения минеральных и органических удобрений в современных экономических условиях, используя традиционные технологии земледелия, достигнуть приемлемого результата для устойчивого развития изучаемого агроландшафта баланса гумуса оказалось невозможным [17]. Выходом здесь является повсеместное внедрение систем адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛЗ) с увеличением в севооборотах доли многолетних трав.

Организация территории по контурно-мелиоративной дифференциации (КМД) в рамках АЛЗ является технологией снижения почвенно-эрозионной деградации, способной минимизировать саму водную эрозию, стабилизировать и повысить плодородие почв, биологизировать земледелие, что способствует и повышению его экономической эффективности. При этом остановить вызванную эрозией почв массовую деградацию земель можно лишь при введении полного комплекса почвозащитных мероприятий, включающего подсистемы агротехнических, гидротехнических, луго-, лесомелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий во все сельскохозяйственные предприятия любой формы собственности, занимающиеся растениеводством.

Почвозащитная система АЛЗ предусматривает расширение посевов многолетних трав до 25 %, введение в севообороты зернобобовых культур и однолетних трав. Исследованиями Белгородского аграрного научного центра РАН установлено, что в агроклиматических условиях Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) потенциальные возможности вовлечения атмосферного азота в биологический круговорот довольно значительны. Они составляют в расчете на 1 га: у сои 50 кг, у гороха — 76 кг, викоовсяной смеси — 78 кг. У многолетних трав первого года пользования эти значения составляют: эспарцета — 178 кг/га, люцерны — 197, клевера — 196; у трав второго года пользования уже намного больше: эспарцета — 336, люцерны — 431, клевера — 257 кг/га [9].

Однако многие теоретические положения концепции адаптивно-ландшафтного земледелия нуждаются в экспериментальном подтверждении и уточнении с учетом

региональных особенностей [8—11]. Например, достаточно хорошо изучена эффективность отдельных приемов защиты почв от эрозии, используемых в ландшафтных системах земледелия: почвозащитных обработок, севооборотов, гидротехнических сооружений, лесополос различной конструкции и др., в то же время практически отсутствуют экспериментальные данные, характеризующие комплексную агроэкологическую эффективность этих систем земледелия [13—16, 18, 19].

**Цель исследования** — проанализировать возможность концептуального противодействия эрозии как источнику деградации почвенного покрова, оценить комплексную агроэкологическую эффективность разработанной ранее системы АЛЗ с организацией территории по КМД и в условиях эрозионно-активной динамики почвенной среды юго-западной части лесостепной зоны ЦЧР, к которой географически относится Белгородская область.

### Материалы и методы

Несмотря на то, что ландшафтные системы земледелия начали внедрять более четверти века назад, а в Белгородской области они полностью или частично функционируют в 100 хозяйствах, для проведения экспериментов был еще в 1994 г. заложен всего один стационарный объект, принадлежащий лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии Белгородского аграрного научного центра РАН и подробно описанный в [6, 13], на объекте осуществлялся агроэкологический мониторинг по обеспечению наших опытов. Трехрядные защитные лесополосы, размещенные по горизонталям склона на рубежах 3 и 5° системы АЛЗ с организацией территории по формату КМД, количество энергии, полученной с урожаем, в 3,1...4,9 раза, превышает количество затраченной антропогенной энергии. Таким образом, энергетическую эффективность адаптивно-ландшафтной системы земледелия можно считать достаточно высокой (табл. 1).

Таблица 1

**Среднегодовой баланс гумуса за две ротации севооборота при адаптивно-ландшафтной системе земледелия**

Удобрения, кг д. в./га			Продуктивность, т.к.ед./га	Коэффициент энергетической эффективности	Баланс гумуса, т/га	Интенсивность баланса, %
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
Зернопропашной севооборот (склон 1...3°)						
0	0	0	4,24	3,63	-0,72	37
*65	60	60	7,35	3,33	-0,51	50
Зернотравяной севооборот (склон 3...5°)						
0	0	0	2,01	6,41	1,76	335
14	11	11	2,46	6,51	1,93	366
В среднем по склону 1...5°						
0	0	0	3,13	5,02	0,52	186
**40	36	36	4,91	4,92	0,71	208

**Примечание.** Среднегодовая доза навоза: \* — 4 т/га и \*\* — 2 т/га.

Table 1

## Average annual humus balance for two rotations under adaptive-landscape farming system

Fertilizers, kg/ha			Productivity, thousand feed units/ha	Energy efficiency ratio	Humus balance, t/ha	Balance intensity, %
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
Grain crop rotation (slope 1...3°)						
0	0	0	4.24	3.63	-0.72	37
*65	60	60	7.35	3.33	-0.51	50
Grain-grass crop rotation (slope 3...5°)						
0	0	0	2.01	6.41	1.76	335
14	11	11	2.46	6.51	1.93	366
Average on slope 1...5°						
0	0	0	3.13	5.02	0.52	186
**40	36	36	4.91	4.92	0.71	208

**Note.** The average annual dose of manure: \* – 4 t/ha, and \*\* – 2 t/ha.

### Заключение

Разработанная Белгородским аграрным научным центром система АЛЗ в ОПХ «Белгородское» логично развивает ранее освоенные в Белгородской области почвозащитные системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории. Применение данной системы АЛЗ позволяет до минимума снизить процессы эрозии, сохранять устойчивость плодородия почв, позитивно влиять на экономические показатели и энергетическую эффективность земледелия в рамках как отдельного хозяйства, так и области. В результате несколько сократилась площадь пашни, выросла площадь лесополос и почвозащитных севооборотов; значительно возросла средняя по хозяйству урожайность зерновых и технических культур; увеличилось применение органических и минеральных удобрений, возросла их окупаемость, отрасль растениеводства стала прибыльной и рентабельной.

Отметим, что остановить водную эрозию, создать условия для стабилизации и повышения плодородия почв, обеспечить биологизацию земледелия и повысить его экономическую эффективность можно только в рамках АЛЗ. В конечном итоге это позволит увеличить производство отечественной сельскохозяйственной продукции и повысит продовольственную безопасность России.

### Библиографический список

1. Пересмотренная Всемирная хартия почв. 2015 // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/b-i4965r.pdf> Дата обращения: 02.02.2020.
2. Barrows H.L., Kilmer V.J. Plant nutrient losses from soils by water erosion // Adv. Agron. 1963. Vol. 15. P. 303—315.
3. Borrelli P., Robinson D.A., Fleischer L.R. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion // Nature Communications. 2017. Vol. 8. № 2013. doi: 10.1038/s41467-017-02142-7
4. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. М., 1960. Т. 2. 248 с.

5. Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Белгород: Отчий край, 2013. 372 с.
6. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Мониторинг почвенного покрова Белгородской области. Белгород: Отчий край, 2014. 113 с.
7. Linkina A.V., Nedikova E.V. Assessment of the State and Management of Modern Agricultural Landscapes in the Central Black Earth Region // VIII All-Russian Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018). Advances Engineering Research. Vol. 182. Russia: Atlantis Press, 2018. Pp. 369—373.
8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НИИ-Природа. 2019. 760 с.
9. Zuazo V.H.D., Pleguezuelo C.R.R. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers // *Sustainable Agriculture*. 2008. Pp. 785—811. Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-90-481-2666-8\_48
10. Докучаев В.В. Русский чернозем. М., 1883. 635 с.
11. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. С. 131—134.
12. Abdo M.T., Vieira, S.R., Martins A.L.M., Silveira L.C.P. Gully Erosion Stabilization in a Highly Erodible Kandiuistalf Soil at Pindorama (São Paulo State), Brazil // *Ecological Restoration*. 2013. Vol. 31. № 3. Pp. 246—249.
13. Котлярова О.Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зоны. Белгород, 1995. 293 с.
14. Сычев В.Г., Шафран С.А. О балансе питательных веществ в земледелии России // *Плодородие*. 2017. № 1. С. 1—4.
15. Солдат И.Е., Кононенко Л.А., Мирошникова Ю.В., Лукин С.В. Продуктивность севооборотов и баланс основных элементов питания в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2004. Т. 4. № 4—1. С. 18—19.
16. Козлова Л.М. Продуктивность и баланс основных питательных элементов в севооборотах при различных уровнях интенсификации // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № . С. 6—9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10102
17. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. // *Плодородие*. 2016. № 2. С. 5—7.
18. Азаров Б.Ф., Акулов П.Г., Азаров В.Б., Соловиченко В.Д. Размеры вовлечения в биологический круговорот атмосферного азота бобовыми культурами // *Системы воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: материалы Всероссийской научно-практической конференции 27—29 июня 2001*. Белгород: Крестьянское дело, 2001. С. 18—20.
19. Кирюшин В.И., Иванов А.Л. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство. М.: ВГНУ «Росинфоргагротех». 2005. 784 с.
20. Солдат И.Е., Солнцев П.И., Шаповалов Н.К., Ишков В.Л. Технология возделывания эспарцета в адаптивно-ландшафтной системе земледелия юго-западной части ЦЧР // *Сахарная свекла*. 2019. № 1. С. 38—40.

## References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Revised World Soil Charter — 2015*. Rome: FAO; 2015. Available from: <http://www.fao.org/3/I4965E/i4965e.pdf> [Accessed 2 February 2020].
2. Barrows HL, Kilmer VJ. Plant nutrient losses from soils by water erosion. *Advances in Agronomy*. 1963; 15:303—315. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60401-0
3. Borrelli P, Robinson DA, Fleischer LR, Lugato E, Ballabio C, Alewell C, et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*. 2017; 8(1):2013. doi: 10.1038/s41467-017-02142-7
4. Sobolev SS. *Razvitie erozionnykh protsessov na territorii evropeiskoi chasti SSSR i bor'ba s nimi* [Development of erosion processes in the European part of the USSR and control]. Moscow; 1960. (In Russ.)
5. Solovichenko DV, Tyutyunov IS. *Pochvennyi pokrov Belgorodskoi oblasti i ego ratsional'noe ispol'zovanie* [Soil cover of the Belgorod region and its rational use]. Belgorod: Otchii kraj Publ.; 2013. (In Russ.)
6. Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D. *Monitoring pochvennogo pokrova Belgorodskoi oblasti* [Monitoring of soils of the Belgorod region]. Belgorod: Otchii kraj Publ.; 2014. (In Russ.)
7. Linkina AV, Nedikova EV. Assessment of the State and Management of Modern Agricultural Landscapes in the Central Black Earth Region. In: *VIII All-Russian Science and Technology Conference “Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geoecology of the North Caucasus” (CIGGG 2018)*. Series: *Advances in Engineering Research*. Vol. 182. Russia: Atlantis Press; 2018. p. 369—373. doi: 10.2991/ciggg-18.2019.70

8. *Gosudarstvennyi doklad 'O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu'* [State report 'On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2018']. Moscow: NIA-Priroda Publ.; 2019. (In Russ.)
9. Zuazo VHD, Pleguezuelo CRR. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: a review. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Véronique S, Alberola C. (eds.) *Sustainable Agriculture*. Dordrecht: Springer; 2009. p. 785—811. doi: 10.1007/978-90-481-2666-8\_48
10. Dokuchaev VV. *Russkii chernozem* [Russian chernozem]. Moscow; 1883. (In Russ.)
11. Vernadsky VI. *Zhivoe veshchestvo* [Living substance]. Moscow: Nauka Publ.; 1978. (In Russ.)
12. Abdo MT, Vieira SR, Martins ALM, Silveira LCP. Gully Erosion Stabilization in a Highly Erodible Kandiyastalf Soil at Pindorama (São Paulo State), Brazil. *Ecological Restoration*. 2013; 31(3):246—249.
13. Kotlyarova OG. *Landshaftnaya sistema zemledeliya Tsentral'no-Chernozemnoi zony* [Landscape system of agriculture in the Central black earth zone]. Belgorod; 1995. (In Russ.)
14. Sychev VG, Shafran SA. Balance of nutrients in Russian agriculture. *Plodorodie*. 2017; (1) 1—4. (In Russ.)
15. Soldat IE, Kononenko LA, Mirosnikova UV, Lukin SV. Productivity of crop rotations and balance of basic nutrition elements under conditions of adaptive landscape farming. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2004; 4(4—1):18—19. (In Russ.)
16. Kozlova LM. Productivity and the balance of the main nutrients in crop rotation at different levels of intensification. *Achievements of science and technology in Agro-Industrial complex*. 2019; 33(1): 6—9. (In Russ.) doi: 10.24411/0235-2451-2019- 10102
17. Sychev VG, Shafrans SA, Dukhanina TM. Prognosis of the demands of Russian agriculture for mineral fertilizers to 2030. *Plodorodie*. 2016; (2);5—7. (In Russ.)
18. Azarov BF, Akulov PG, Azarov VB, Solovichenko VD. The size of involvement of legumes into biological cycle of atmospheric nitrogen. In: *Sistemy vosproizvodstva plodorodiya pochv v landshaftnom zemledelii, June 27—29, 2001* [Soil fertility reproduction systems in landscape farming]. Belgorod: Krest'yanskoe delo publ.; 2001. p.18—20. (In Russ.)
19. Kiryushin VI, Ivanov AL. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Agroecological assessment of land, design of adaptive landscape farming systems and agricultural technologies]. Moscow: Rosinformagroteh publ.; 2005. (In Russ.)
20. Soldat IE, Solntsev PI, Shapovalov NK, Ishkov VL. Technology of sainfoin cultivation in adaptive-landscape farming system of the southwestern part of the Central Black Earth region. *Sugar beet*. 2019; (1):38—40. (In Russ.)

#### Об авторе:

Солдат Игорь Евгеньевич — кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории адаптивного растениеводства и агроэкологии, Белгородский Федеральный аграрный научный центр РАН, Российская Федерация, 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58; e-mail: soldat.i@mail.ru

#### About author:

Soldat Igor Evgenyevich — Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher, laboratory of Adaptive Crop Production and Agroecology, Belgorod Federal agricultural research center of the Russian Academy of Sciences, 58, Oktyabrskaya st., Belgorod, 308001, Russian Federation; e-mail: soldat.i@mail.ru

## Агротехнологии и мелиорация земель Agricultural technologies and land reclamation

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199  
UDC 634.22:631.67

*Research article / научная статья*

### Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia

**Nikolay N. Dubenok, Aleksandr V. Gemonov\*, Aleksandr V. Lebedev**

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, Russian Federation

\*Corresponding author: [agemonov@yandex.ru](mailto:agemonov@yandex.ru)

**Abstract.** The aim of the study was to establish influence of different soil moisture content and climatic factors on water consumption of plum seedlings grown in a fruit nursery in the Nonchernozem zone. According to the results of studies conducted on plum seedlings under drip irrigation in the Moscow region for two years, evapotranspiration with different precipitation availability and temperature was determined. Variability of total water consumption depending on meteorological factors and irrigation regime was considered. Studies have confirmed the increase in the value of evapotranspiration with increasing pre-irrigation threshold of humidity with low-volume drip irrigation. The maximum values of water consumption by year of research, as expected, were recorded in the most wetted variant of the experiment, where moisture content of soil root zone did not fall below 80 % of the field moisture capacity. The statistical analysis carried out did not confirm the effect of varietal characteristics on evapotranspiration, which may be associated with the use of related rootstocks and the use of seedlings with the comparable force of growth in laying the experience. Structure of evapotranspiration of plum seedlings was determined according to experimental data of two research years. Precipitation and irrigation were the most part of total water consumption.

**Keywords:** drip irrigation, drainage, water consumption, evapotranspiration

#### Article history:

Received: 16 January 2020. Accepted: 26 February 2020

#### For citation:

Dubenok NN, Gemonov AV, Lebedev AV. Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2): 191—199. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199

© Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

## Introduction

The main rational of human nutrition is fresh and processed fruits, which are the most important source of minerals, vitamins and antioxidants. In developed countries, more than 100 kg of fruits and berries is consumed by one person per year. Domestic horticulture has low efficiency and does not meet the requirements of world production, and the highest and first type of product can be attributed to no more than 30 % of the fruits grown. Among the factors explaining the low efficiency of horticulture, it should be noted: destabilization of the water-temperature regime of the soil during the most important periods of plant development, illiterate placement of plantings without considering the topography and level of occurrence of groundwater, deficiency of high-quality planting material and its unsatisfactory phytosanitary condition, imperfection of existing growing technologies seedlings in nurseries [1, 2].

The moisture supply of fruit plants during the growing season is one of the most important factors ensuring their normal development and high productivity. Despite excessive moisture, the nonchernozem zone is characterized by an extremely uneven distribution of precipitation during the growing season, which negatively affects the quality of planting material [3]. All this indicates the need for a competent selection of irrigation methods and regimes developed and adapted on the basis of the results of scientific research conducted with seedlings of various types of fruit crops in this particular natural and climatic zone. At the same time, within the framework of the concept of sustainable development, scientific and technological achievements should be introduced into practice, the technologies that meet the principles of resource saving should be mastered, and production should be modernized as a whole.

In accordance with the Federal Target Program “Development of Land Reclamation of Agricultural Land of Russia for 2014—2020”, one of the ways to intensify agricultural production is to increase the efficiency of the use of irrigation water, land, energy and other resources [4, 5]. The solution of this problem can be facilitated by the expansion of the currently small areas under drip irrigation, in particular in nurseries, since this highly efficient and technologically advanced method is very promising and is widely implemented throughout the world.

One of the ways to increase the productivity of agricultural production in horticulture and plant growing is to increase the efficiency of nature management through the use of resource-saving technologies [6, 7]. As one of such technologies, drip irrigation can be noted, which allows improving the quality and productivity of crops [8—11]. Currently, there are no scientifically based resource-saving technologies for growing seedlings in nurseries of the nonchernozem region of Russia, so the research aim is to identify the features of the growth and development of plum seedlings in non-black soil under different drip irrigation regimes.

## Materials and methods

To obtain high-quality planting material, it is necessary to create optimal conditions conducive for the growth and development of seedlings in nurseries. Often, natural fertility and water-physical regime of soils do not correspond to the optimum for most crops;

therefore, the need for comprehensive reclamation measures for efficient management in any natural and climatic zone should be recognized [12]. Drip irrigation is a powerful agricultural technique that allows regulating the development of crops, which has a direct and indirect effect on all other soil regimes (air, microbiological, nutritious, thermal, etc.). With such a complex effect on the conditions of plant development, clarification of this effect becomes very difficult. Therefore, it is necessary to study the effect of irrigation in this climate zone in relation to each species and plant variety.

Field research was carried out on the territory of the training and experimental fruit growing laboratory of the Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy — “Michurinsky Garden”. By geographic location, climatic and soil conditions, the “Michurinsky Garden” refers to the center of the non-chernozem zone of Russia. But since it is located within the boundaries of the city of Moscow, the climate is close to the conditions of the Ryazan and Tambov regions. In Spring 2016, there was laid a two-factor experiment to study the affect of different moistening ranges on formation of plum seedlings of two varieties grafted on seed plum of plum spread. The scheme of the experiment included four variants (factor A) for the regime of soil moistening: control (without irrigation), maintaining humidity 60...80 %, 70...90 %, and 80...100 % of the field moisture capacity.

The proposed irrigation regimes in which the soil moisture content is maintained in a narrow range allow not only to increase the efficiency of irrigation water use and to reduce the water consumption of products, but also to maintain a more optimal water and air regime. In addition to this, the design features of drip irrigation allow for maintaining soil moisture in small ranges through increase in frequency of irrigation with small amounts of water in accordance with the biological needs of the crop.

The second factor (factor B) was plum varieties — “Mashenka” and “Utro”. The “Mashenka” variety was obtained at the Suzdal state section of the Vladimir Region as a result of free pollination of the “Evrasia-21” variety. The author of the variety is V.P. Jagunov. “Utro” plum variety was obtained at the All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery from crossing varieties “Skorospelka krasnaya” and “Greenhouse Ullensa”. Authors of the variety are H.K. Enikeev, S.N. Satarova, V.S. Simonov. “Utro” plum variety was introduced into the State Register in the Central Region in 2001.

Planting of seedlings was carried out according to the scheme of  $0.9 \times 0.33$  m. The distance between the rows of one variant was 90 cm, and the distance between the plants in the row was 33 cm, while the distance between adjacent rows of different variants was 1 m. This scheme provides the density of planting 33.5 thousand seedlings per ha.

All variants of the experiment were laid in 3-fold repetition with a systematic arrangement of the plots. The plot area is  $40 \text{ m}^2$ , in each replication 30 seedlings of each variety were planted. The total area of the pilot site was  $930 \text{ m}^2$ . The total number of plum trees planted was 1080 pcs. For the purpose of carrying out biometric measurements and phenological observations, 24 countable plants and 6 protective plants, 1 plant at the beginning and end of the row, were isolated on each plot.

The experimental site is located on sod-podzolic, cultivated, soil-gley, deep-till, medium loamy soil on moraine loam lined at the depth of 150...170 cm by submerged sands.

For irrigation, a long-term drip line equipped with built-in droppers was used. During the experiment, a constant flow rate of water was maintained, which was 3.8 l/h. The moisture content in the root layer of the soil was monitored using tensiometers calibrated according to the thermostat-weight method.

## Results and discussion

The organization of irrigation and the design of the irrigation system largely depends on the total water consumption (evapotranspiration) of the cultivated crops. This indicator determines not only the irrigation intensity, but also allows you to determine the required amount of water for irrigation activities in specific climatic conditions.

During the growing season, evapotranspiration depends mainly on meteorological conditions and the phase of development of plum seedlings. The highest values of the total water consumption by experiment variants in annual and biennial plum seedlings were obtained in the third decade of July. This period with the highest total water consumption is characterized by high meteorological intensity (higher temperatures, the highest inflow of total solar radiation, low relative humidity, etc.) and the most intensive development of plum seedlings.

The statistical analysis carried out did not confirm the effect of varietal characteristics on evapotranspiration. This circumstance may be associated with the use of related rootstocks and using seedlings with comparable growth force for laying experience.

By the end of the growing season, after the cessation of irrigation, water consumption in all variants of the experiment is equalized and reaches minimum values. The greatest water consumption at all stages of growth and the formation of seedlings was noted in the experiment with maintaining soil moisture in the root layer in the range of 80...100 % of the field moisture capacity. Table 1 shows the equations of the decadal total water consumption of plum seedlings with different types of drip irrigation.

Table 1

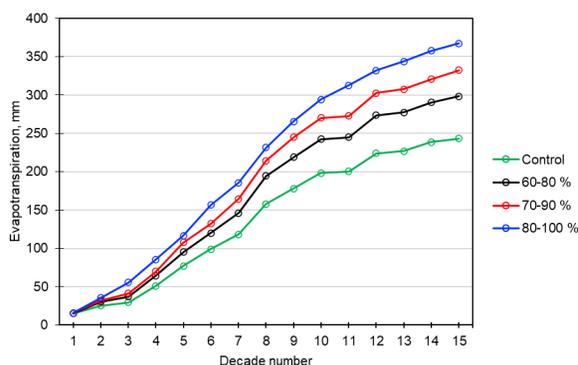
**Equations of the decadal total water consumption of plum seedlings under different types of drip irrigation**

Year	Variants	Equation	Coefficient of determination R <sup>2</sup>
2016	Control	$y = -0.3197x^2 + 4.6292x + 5.4752$	0.3462
	60...80 %	$y = -0.4026x^2 + 5.8592x + 6.8967$	0.4149
	70...90 %	$y = -0.457x^2 + 6.6262x + 7.9387$	0.4216
	80...100 %	$y = -0.4863x^2 + 7.0343x + 9.5611$	0.5065
2017	Control	$y = -0.3423x^2 + 4.9926x + 4.5805$	0.3683
	60...80 %	$y = -0.4158x^2 + 6.0768x + 5.6524$	0.3764
	70...90 %	$y = -0.4564x^2 + 6.7x + 6.2895$	0.3990
	80...100 %	$y = -0.4920x^2 + 7.1039x + 8.3396$	0.7421

$y$  – evapotranspiration, mm;  $x$  – the ordinal number of the decade (1 – the first decade of May, 15 – the last decade of September).

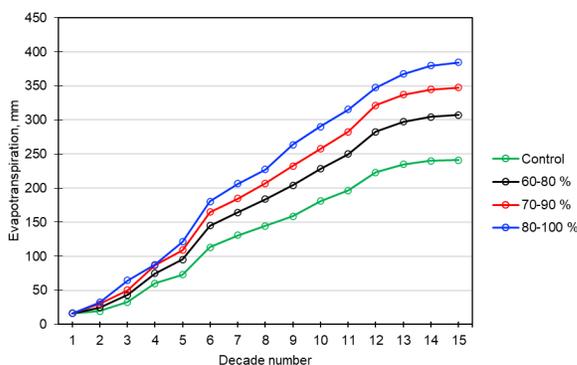
Fig. 1, 2 show the integral evapotranspiration curves for the experiment variants for 2016—2017. It is clearly seen from them that the period of the highest intensity of evapotranspiration coincides with the phase of active growth and development of plum seedlings, where the maximum value relates to the most wetted variant with maintaining soil moisture in the root zone of the soil in the range of 80...100 % of the field moisture capacity.

In 2016, by the last decade of September, the total evapotranspiration in the variant of experiment 80...100 % of field capacity was 385 mm, in the variant 70...90 % — 348 mm, in the variant 60...80 % — 307 mm and in the control 241 mm. Thus, the total water consumption in the most humid version is 1.6 fold more compared to the control.



**Fig. 1.** Integral curves of evapotranspiration of plum seedlings in 2016 according to experiment variants: 1 – the first decade of May; 15 – the last decade of September

In 2017, by the last decade of September, the total evapotranspiration in the variant of experiment 80...100 % of the field capacity was 367 mm, in the variant 70...90 % — 332 mm, in the variant 60...80 % — 298 mm and 243 mm without irrigation. Thus, in 2017, the total water consumption of plum seedlings in the most humidified version is 1.5 fold more compared to the control without irrigation.



**Fig. 2.** Integral curves of evapotranspiration of plum seedlings in 2017 according to experiment variants: 1 – the first decade of May; 15 – the last decade of September

According to the results of experimental data, the structure of evapotranspiration of pear seedlings was determined according to the experiment of two years of research. The structure of the total water consumption of plum seedlings for 2016 and 2017 is presented in Fig. 3, 4. The main share of the total water consumption of irrigated variants in 2016 was precipitation (from 19.5 to 21.2 %) and irrigation rate (from 66.7 to 69.2 %). In 2017, the share of irrigation in the structure of total water consumption changed in the direction of increasing the share of moisture coming from precipitation to 21.2...26.5 % and reducing the share of irrigation norm to 57.6...65.3 %. Changes in the structure of water consumption in 2017 compared to 2016 are due to the fact that 2016 was more arid compared to 2017.

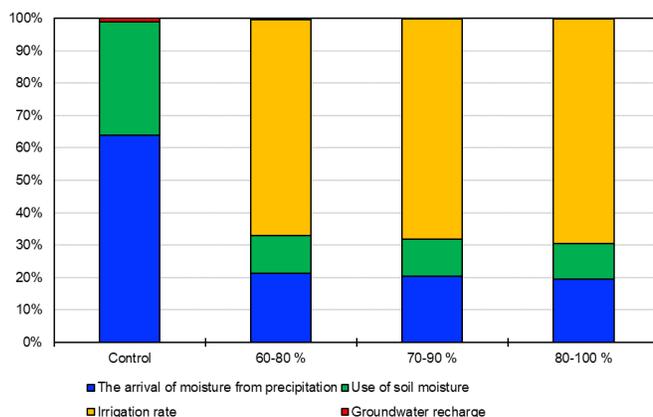


Fig. 3. The structure of the total water consumption of plum seedlings in 2016 by experiment variants

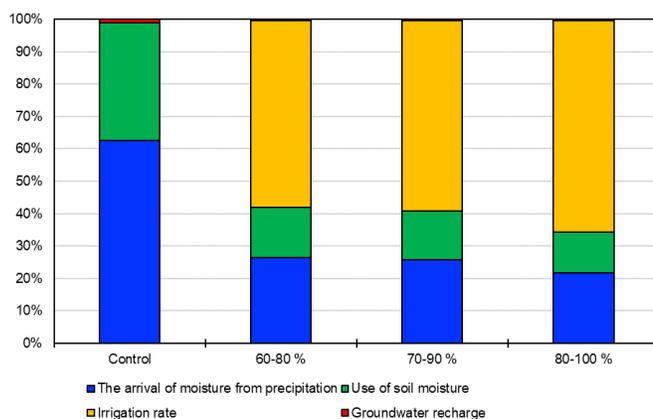


Fig. 4. The structure of the total water consumption of plum seedlings in 2017 by variants

Negative values of vertical water exchange took, mainly, starting from the third decade of August, after the termination of irrigation and continued in September, due to heavy precipitation. In addition, during this period there was an infiltration of precipitation into the underlying horizons. The arrival of moisture as a result of groundwater recharge was insignificant due to their deep occurrence and light particle size distribution of subsurface horizons.

In the course of research for two years of varying degrees of supply and plum seedlings of different ages, a linear dependence of water consumption on such meteorological factors as the inflow of total solar radiation and the sum of average daily temperatures was established. The resulting regression equations and their reliability are shown in Table 2.

Table 2

**Equations of decadal moisture consumption from total solar radiation and the sum of average daily temperatures**

Year	Variants	Equation	Coefficient of determination R <sup>2</sup>
2016	60...80 % MC	$y = 8.272 - 1.028x + 1.731z + 4.749x^2 - 3.878z^2$	0.895
	70...90 % MC	$y = 8.124 - 1.535x + 9.253z + 3.275x^2 - 2.758z^2$	0.876
	80...100 % MC	$y = 2.573 + 1.037x + 6.369z + 1.801x^2 - 2.251z^2$	0.887
2017	60...80 % MC	$y = -1.352 + 1.743x + 1.169z - 1.871x^2 - 2.563z^2$	0.901
	70...90 % MC	$y = -4.143 + 1.852x + 2.831z - 8.439x^2 - 5.642z^2$	0.898
	80...100 % MC	$y = -9.743 + 2.451x + 8.238z - 1.545x^2 - 1.895z^2$	0.875

In the equations under consideration,  $y$  — the total water consumption per decade, mm;  $x$  — the sum of average daily temperatures in a decade, °C;  $z$  — the influx of total solar radiation per decade, MJ/m<sup>2</sup>. It should be noted that these relationships are valid only for the irrigated period, water consumption at the end of the growing season is difficult to describe with these equations, since average daily temperatures are significantly reduced, the total solar radiation influx and a large amount of precipitation falls.

### Conclusions

1. The statistical analysis carried out did not confirm the effect of varietal characteristics on evapotranspiration, which may be associated with the use of related rootstocks and the use of seedlings with comparable force of growth in laying the experience.
2. Studies have confirmed an increase in the value of evapotranspiration with an increase in the pre-irrigation threshold of humidity with low-volume drip irrigation. The maximum values of water consumption by year of study, as expected, were recorded in the most wetted variant of the experiment, where the moisture content of the root zone of the soil did not fall below 80 % of the field moisture capacity.
3. According to the results of experimental data, the structure of evapotranspiration of pear seedlings was determined according to the experiment of two years of research. The main share of total water consumption was precipitation and irrigation rate.
4. In the course of research for two years of varying degrees of supply and plum seedlings of different ages, a linear dependence of water consumption on such meteorological factors as the inflow of total solar radiation and the sum of average daily temperatures was established.

### References

1. Trunov YV. *Mineral'noe pitanie i udobrenie yabloni: nauchnoe izdanie* [Mineral nutrition and fertilizer of the apple tree: scientific publication]. Voronezh: Kvarta Publ.; 2010. (In Russ.)
2. Trunov YV. *Mineral'noe pitanie klonovykh podvoev i sazhentsev yabloni: nauchnoe izdanie* [Mineral nutrition of clonal stocks and apple seedlings: scientific publication]. Michurinsk: Mich. GAU Publ.; 2004. (In Russ.)

3. Rozhnov S.I. *Razrabotka tekhnologii kapel'nogo orosheniya sazhentsev yabloni v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Development of drip irrigation technology for apple seedlings in the Lower Volga] [Dissertation]. Moscow; 2004. (In Russ.)
4. Sergienko A.V. *Kapel'noe oroshenie mladogo yablonevogo sada na slaboroslykh podvoyakh* [Drip irrigation of a young apple orchard on weak rootstocks] [Dissertation]. Volgograd; 2008. (In Russ.)
5. Nakayama F.S., Bucks D.A. (eds.) *Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation and Management (Developments in Agricultural Engineering 9)*. Amsterdam: Elsevier Science; 1986.
6. Kulikov I.M., Minakov I.A. The development of horticulture in Russia: trends, problems, prospects. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2017; (1):9–15. (In Russ.)
7. Kulikov I.M., Minakov I.A. The condition and effectiveness of gardening intensification. *AIC: Economics, Management*. 2017; (4):4–15. (In Russ.)
8. Dubenok N.N., Borodychev V.V., Lytov M.N., Belik O.A. Special features of soil water regime with trickle irrigation of crops. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2009; (4):22–25. (In Russ.)
9. Dubenok N.N., Borodychev V.V., Shentseva E.V., Strizhakova E.A., Shumakova K.B. Growing eggplant under drip irrigation using the tunnel for shelter for early production. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2012; (9):38–42. (In Russ.)
10. Dubenok N.N., Borodychev V.V., Bogdanenko M.P., Vybornov V.V., Shumakova K.B. *Tekhnologiya vozdeystviya rannego repchatogo luka pri kapel'nom oroshenii* [Cultivation technology of early onions under drip irrigation]. Moscow: Prospekt Publ.; 2016. (In Russ.)
11. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Glushenkova E.V. Formation of plum seedlings under drip irrigation in Central Non-Black Soil Region of Russia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(1):40–48. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-40-48
12. Yasonidi O.E. *Kapel'noe oroshenie* [Drip irrigation]. Novocherkassk: Lik; 2011. (In Russ.)

#### About authors:

*Dubenok Nikolay Nikolaevich* — Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: ndubenok@mail.ru

*Gemonov Alexander Vladimirovich* — graduate student, Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: agemonov@yandex.ru

*Lebedev Alexander Vyacheslavovich* — Senior Lecturer, Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: alebedev@rgau-msha.ru

---

## Особенности влагопотребления саженцев сливы при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья

Н.Н. Дубенок, А.В. Гемонов\*, А.В. Лебедев

Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

\*agemonov@yandex.ru

**Аннотация.** Целью исследования является установление влияния различной влагообеспеченности почвы, климатических факторов на величину водопотребления саженцев сливы, выращиваемых в плодовом питомнике в условиях Нечерноземной зоны. По результатам исследований, проведенных в течение двух лет, на саженцах сливы сортов «Машенька» и «Утро», выращиваемых при капельном орошении в условиях Московской области, определены значения эвапотранспирации для разных значений обеспеченности осадками и температурой. Кроме того, в результате проведенных полевых исследований была рассмотрена изменчивость суммарного водопотребления в зависимости от двух факторов: метеорологические условия и режим орошения. Проведенные исследования позволили сделать вывод, что происходит увеличение

значения эвапотранспирации при повышении предполивного порога влажности почвы при применении малообъемного капельного орошения. Наибольшие значения водопотребления саженцев по годам проведения опыта зафиксированы в наиболее увлажняемом варианте опыта, где влажность в корнеобитаемом слое почвы не достигала меньше 80 % наименьшей влагоемкости. По результатам полевых данных определена структура эвапотранспирации саженцев сливы по вариантам опыта двух лет исследования. Основную долю суммарного водопотребления составляли атмосферные осадки и оросительная норма.

**Ключевые слова:** капельное орошение, слива, водопотребление, эвапотранспирация

#### **История статьи:**

Поступила в редакцию: 16 января 2020 г. Принята к публикации: 26 февраля 2020 г.

#### **Для цитирования:**

Dubенок N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С.191—199. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199

### **Библиографический список**

1. Трунов Ю.В. Минеральное питание и удобрение яблони. Мичуринск: Кварта, 2010. 400 с.
2. Трунов Ю.В. Минеральное питание клоновых подвоев и саженцев яблони. Мичуринск: Изд.-во Мич. ГАУ, 2004. 175 с.
3. Рожнов С.И. Разработка технологии капельного орошения саженцев яблони в условиях Нижнего Поволжья: дис. ... канд. с.-х. н. М., 2004. 204 с.
4. Сергиенко А.В. Капельное орошение молодого яблоневого сада на слаборослых подвоях: дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2008. 226 с.
5. Nakayama F.S., Bucks D.A. Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation and Management (Developments in Agricultural Engineering). Amsterdam: Elsevier Science, 1986.
6. Куликов И.М., Минаков И.А. Развитие садоводства в России: тенденции, проблемы, перспективы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 1. С. 9—15.
7. Куликов И.М., Минаков И.А. Состояние и эффективность интенсификации садоводства // АПК: Экономика, управление. 2017. № 4. С. 4—15.
8. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Белик О.А. Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 4. С. 22—25.
9. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Шенцева Е.В., Стрижакова Е.А., Шумакова К.Б. Выращивание баклажан при капельном орошении с использованием тоннельных укрытий для получения ранней продукции // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 38—42.
10. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Богданенко М.П., Выборнов В.В., Шумакова К.Б. Технология возделывания раннего репчатого лука при капельном орошении. М.: Проспект, 2016. 176 с.
11. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Glushenkova E.V. Formation of plum seedlings under drip irrigation in Central Non-Black Soil region of Russia // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 1. С. 40—48. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-1-40-48
12. Ясониди О.Е. Капельное орошение. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.

#### **Об авторах:**

Дубенок Николай Николаевич — доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: ndubenok@mail.ru

Гемонов Александр Владимирович — аспирант кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: agemonov@yandex.ru

Лебедев Александр Вячеславович — старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: alebedev@rgau-msha.ru



## Ветеринария Veterinary science

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-200-209  
УДК 615.012.6

Научная статья / Research article

### Выявление связи между иммуногенной и антигенной активностью вакцины против колибактериоза животных

А.А. Галиакбарова<sup>1, 2\*</sup>, М.К. Пирожков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств  
для животных и кормов, г. Москва, Российская Федерация

\*[Alsu.anvarovna.st@mail.ru](mailto:Alsu.anvarovna.st@mail.ru)

**Аннотация.** Проведены исследования показателей качества — иммуногенной и антигенной активности вакцины против колибактериоза животных в опытах на лабораторных животных. Иммуногенную активность определяли путем вакцинации белых мышей различными дозами вакцины с последующим заражением вирулентными штаммами эшерихий, продуцентами адгезивных антигенов и определением ИД<sub>50</sub>. Антигенную активность вакцины изучали в опыте на кроликах путем определения уровня антител к адгезивным антигенам в реакции агглютинации в сыворотке крови вакцинированных животных. Взаимосвязь между иммуногенной и антигенной активностью вакцины выявляли путем изучения превентивной активности сывороток, полученных от вакцинированных кроликов, в опыте на белых мышах. Приведен анализ полученных результатов исследований. Установлена взаимосвязь между уровнем антител к адгезивным антигенам в сыворотке крови вакцинированных животных и иммуногенной активностью вакцины в опыте на лабораторных животных.

**Ключевые слова:** колибактериоз животных, *E.coli*, адгезивные антигены, штаммы, антитела, вакцина против колибактериоза животных, антигенная активность, иммуногенная активность, превентивная активность

#### История статьи:

Поступила в редакцию: 11 февраля 2020 г. Принята к публикации: 19 марта 2020 г.

#### Заявление о конфликте интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Галиакбарова А.А., Пирожков М.К., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

**Для цитирования:**

Галиакбарова А.А., Пирожков М.К. Выявление связи между иммуногенной и антигенной активностью вакцины против колибактериоза животных // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 200—209. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-200-209

## Relationship between immunogenic and antigenic activity of the vaccine against colibacteriosis of animals

Alsu A. Galiakbarova<sup>1,2\*</sup>, Mikhail K. Pirozhkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Peoples Friendship University of Russia (RUDN University),  
Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>The Russian state center for animal feed and drug standardization and quality,  
Moscow, Russian Federation

\*Corresponding author: [alsu.anvarovna.st@mail.ru](mailto:alsu.anvarovna.st@mail.ru)

**Abstract.** Studies of such quality indicators as immunogenic and antigenic activity of the vaccine against colibacteriosis of animals have been carried out in experiments with laboratory animals. Immunogenic activity was determined by vaccination of white mice with different doses of the vaccine, followed by infection with virulent strains of *Escherichia*, producers of adhesive antigens, and determination of ID<sub>50</sub>. The antigenic activity of the vaccine was studied in experiment on rabbits by determining the level of antibodies to adhesive antigens in agglutination reaction in blood serum of vaccinated animals. The relationship between immunogenic and antigenic activity of the vaccine was detected by studying preventive activity of sera obtained from vaccinated rabbits in the experiment on white mice. The analysis of the obtained research results was given. The relationship between the level of antibodies to adhesive antigens in the blood serum of vaccinated animals and the immunogenic activity of the vaccine in the experiment on laboratory animals was established.

**Keywords:** animal colibacteriosis, *E. coli*, adhesive antigens, strains, antibodies, vaccine against animal colibacteriosis, antigenic activity, immunogenic activity, preventive activity

**Article history:**

Received: 11 February 2020. Accepted: 19 March 2020

**Conflicts of interest**

The authors declared no conflicts of interest.

**For citation:**

Galiakbarova AA, Pirozhkov MK. Relationship between immunogenic and antigenic activity of the vaccine against colibacteriosis of animals. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):200—209. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-200-209

## Введение

Инфекционные болезни наносят значительный ущерб животноводству: падеж, снижение продуктивности заболевших животных и затраты на их лечение. Болезни желудочно-кишечного тракта — наиболее часто встречающаяся форма патологии среди молодняка сельскохозяйственных животных. Как правило, одной из основных причин возникновения данных заболеваний являются патогенные *Escherichia coli* (*E.coli*) — возбудители колибактериоза [1]. Случаи возникновения колибактериоза

регистрируются во всех странах мира [1]. Эти микроорганизмы также опасны для здоровья людей [2—6].

Наиболее распространенные инфекции у животных связаны с сальмонеллезом и колибактериозом. Распространенность в европейских странах варьируется от 18 до 90 %. В Соединенных Штатах Америки распространенность зараженного поголовья составляет почти 90 %. В США ежегодные экономические потери от заражения *E.coli* составляют от 1 до 12 млрд долл. В 2005 г. экономические потери в птицеводстве из-за смертности достигли 1 млн долл. [1, 7].

По данным Центра ветеринарии в отчете по заразным болезням за 2018—2019 гг. в федеральных округах и субъектах РФ было выявлено 128 случаев колибактериоза, заболело 559 телят, из них пало 3431.

На данный момент вакцинация является одной из самых эффективных мер борьбы с инфекционными заболеваниями. Вакцинацию против эшерихиоза проводят во всех развитых странах мира. Разработкой и совершенствованием вакцин против колибактериоза занимается ряд ведущих фирм по производству биопрепаратов.

Все вакцины против инфекционных болезней животных, находящиеся в обороте на территории РФ подлежат регистрации<sup>1</sup>. В настоящее время зарегистрировано и применяются около 30 наименований вакцин против колибактериоза животных. Среди них такие моно- и ассоциированные вакцины отечественного производства, как «Ковивак», «Вероковивак», ассоциированная вакцина против анаэробной энтеротоксемии и эшерихиоза поросят (ФКП «Армавирская биофабрика»), «Веррес-Коли», «Веррес Коликлос», «Комбовак-К», вакцина комбинированная против трансмиссивного гастроэнтерита, ротавирусной болезни и эшерихиоза свиней (ООО «Ветбиохим»). Среди вакцин зарубежного производства широкое применение нашли «Неоколипор» (Merial, Франция), «Порцилис Порколи DF», «Порцилис ColiClos», вакцина Rotavec Corona (Intervet, Нидерланды), «Литергард LT-C», «Скоугард 4КС» («Зоэтикс Эл Эл Си», США), «СУИСЕНГ» (Лаборатория Хипра С.А., Испания) и др. [8].

В состав указанных вакцин входят адгезивные антигены эшерихий. Наличие в вакцине оптимальных количеств адгезивных антигенов K88 (F4), K99 (F5), 987P (F6), F41 определяет иммуногенную и антигенную активность препарата. Контроль действующих веществ в вакцинах осуществляется как в реакции агглютинации (РА), так и иммуноферментным анализом (ИФА).

Колибактериоз — одна из самых распространенных болезней молодняка сельскохозяйственных животных бактериальной этиологии в мире [1, 8—11].

По данным отечественных и зарубежных источников литературы, заболеваемость в неблагополучных по колибактериозу хозяйствах достигает у поросят — 70, у телят — 80 %. (Именно телята образуют основной резервуар для передачи патогенной кишечной палочки человеку [4]). Летальность этих животных от эшерихиоза колеблется от 20 до 90 % [12].

Возбудителями эшерихиоза являются энтеропатогенные *E.coli*, обладающие адгезивными антигенами и вырабатывающие энтеротоксины. Заражение животных

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр ветеринарии»: официальный сайт. Режим доступа: <https://центр-ветеринарии.пф> – tsentr veterinary. Дата обращения: 18.03.2020.

происходит перорально. Адгезивные антигены эшерихий обеспечивают колонизацию возбудителем тонкого отдела кишечника, прочно связываясь с энтероцитами слизистой кишечника [13]. Таким образом, адгезивные антигены эшерихий играют ведущую роль в патогенезе болезни.

Адгезивные антигены имеют белковую природу и обладают высокой иммуногенностью. Поэтому, в настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом разработаны и широко применяются вакцины против колибактериоза, содержащие выделенные из бактериальных клеток адгезивные антигены и обладающие высокими протективными и превентивными свойствами. Известно, что вакцины, состоящие из высокоиммуногенных компонентов бактериальной клетки, не только более эффективны, но и менее реактогенны, чем вакцины из целых клеток. Возможность индукции иммунного ответа при введении в организм восприимчивых животных только специфических протективных субстанций, максимально освобожденных от сопутствующих балластных компонентов, открывает пути для получения реактогенных и стандартных вакцин.

Молозивные антитела иммунизированных животных покрывают слизистую оболочку тонкого отдела кишечника новорожденных и препятствуют прикреплению и размножению патогенных *E.coli*.

Вакцинацию против эшерихиоза проводят во всех развитых странах мира. Разработкой и совершенствованием вакцин против колибактериоза занимается ряд ведущих фирм по производству биопрепаратов.

**Цель работы** — изучить связь между иммуногенной и антигенной активностью вакцины против колибактериоза животных в отношении адгезивных антигенов в опыте на лабораторных животных.

### Материалы и методы

Во Франции, Нидерландах, Испании, США контроль вакцин против колибактериоза осуществляется на белых мышах, морских свинках или кроликах по индексу относительной активности — разнице между средним титром антител к адгезивным антигенам и энтеротоксинам в сыворотке крови вакцинированных и контрольных животных [1, 14]. Данный метод контроля позволяет количественно устанавливать иммуногенную активность препарата в отношении факторов вирулентности эшерихий.

В РФ контроль иммуногенной и антигенной активности вакцин против колибактериоза также проводят на белых мышах, морских свинках или кроликах.

По нашему мнению, только комплексный количественный контроль иммуногенной и антигенной активности вакцины позволит достаточно достоверно оценить ее эффективность.

Работа выполнена в лаборатории качества и стандартизации бактериальных лекарственных средств Всероссийского государственного центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ»).

В работе использовали штаммы *Escherichia coli*, диагностические сыворотки, питательные среды, вакцины, лабораторных животных, а также бактериологические, серологические, иммунологические методы исследований, необходимые для проведения контроля качества вакцин против колибактериоза.

**Штаммы.** Были использованы 4 штамма *Escherichia coli* (далее — эшерихии), продуценты адгезивных антигенов K88, K99, 987P, F41. Штаммы хранили на полужидком мясо-пептонном агаре (МПА) или в лиофилизированном состоянии при температуре 2...4 °С.

**Диагностические сыворотки.** Для определения адгезивных антигенов использовали набор антисывороток к адгезивным антигенам эшерихий K88, K99, 987P, F41, A20 (коли-адгезин тест) производства Института экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского (Республика Беларусь).

**Питательные среды.** Мясо-пептонный бульон (МПБ), МПА, агар и бульон Хоттингера и среда Минка.

В экспериментальной работе использовано:

белых мышей массой 18...20 г — 680;

кроликов массой 2,5...3,0 кг — 10.

Всех выживших в опыте белых мышей подвергали эвтаназии путем ингаляции CO<sub>2</sub>, кроликам вводили Адилин-супер в дозе 4 мг/кг.

### Результаты и обсуждение

Иммуногенную активность вакцины исследовали на 400 белых мышях массой 18...20 г. Животных иммунизировали подкожно однократно в дозах 0,0625; 0,125; 0,25 и 0,5 см<sup>3</sup>, используя по 20 белых мышей на дозу, 80 особей служили контролем. Через 28 суток опытных и контрольных животных заражали вирулентными штаммами эшерихий, продуцентами адгезивных антигенов O115:K88, O141:K99, O9:K103:987P, O101:F41, в дозе ЗЛД50. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Иммуногенная активность вакцины в опыте на белых мышях

Наименование штамма	Доза вакцины, см <sup>3</sup>	Количество животных	Доза для заражения, млрд микр. кл.	Результаты		ИД <sub>50</sub> , см <sup>3</sup>
				Живы	Пали	
Белые мыши						
O115:K88	0,0625	20	1,0	7	13	0,08342
	0,125	20		15	5	
	0,25	20		20	—	
	0,5	20		20	—	
O141:K99	0,0625	20	1,25	2	18	0,1006
	0,125	20		14	6	
	0,25	20		20	—	
	0,5	20		20	—	
O9:K103:987P	0,0625	20	1,5	4	16	0,09361
	0,125	20		14	6	
	0,25	20		20	—	
	0,5	20		20	—	
O101:F41	0,0625	20	1,0	5	15	0,08879
	0,125	20		14	6	
	0,25	20		20	—	
	0,5	20		20	—	
Контроль						
O115:K88	—	20	1,0	—	20	—
O141:K99	—	20	1,25	—	20	—
O9:K103:987P	—	20	1,5	—	20	—
O101:F41	—	20	1,0	—	20	—

Table 1

Strain	Dose of vaccine, cm <sup>3</sup>	Number of animals	Dose for infection, billion mic. cells	Results		ID <sub>50</sub> , cm <sup>3</sup>
				Survived	Died	
Белые мыши						
O115:K88	0.0625	20	1.0	7	13	0.08342
	0.125	20		15	5	
	0.25	20		20	—	
	0.5	20		20	—	
O141:K99	0.0625	20	1.25	2	18	0.1006
	0.125	20		14	6	
	0.25	20		20	—	
	0.5	20		20	—	
O9:K103:987P	0.0625	20	1.5	4	16	0.09361
	0.125	20		14	6	
	0.25	20		20	—	
	0.5	20		20	—	
O101:F41	0.0625	20	1.0	5	15	0.08879
	0.125	20		14	6	
	0.25	20		20	—	
	0.5	20		20	—	
Control						
O115:K88	—	20	1.0	—	20	—
O141:K99	—	20	1.25	—	20	—
O9:K103:987P	—	20	1.5	—	20	—
O101:F41	—	20	1.0	—	20	—

Из данных табл. 1 следует, что вакцина обладала высокими иммуногенными свойствами. ИД<sub>50</sub> варьировала в пределах от 0,08342 до 0,1006 см<sup>3</sup> при заражении вирулентными штаммами *E. Coli*, продуцентами адгезивных антигенов, в дозе 3LD<sub>50</sub>.

Антигенную активность вакцины исследовали на 10 кроликах массой 2,5...3,0 кг. Животных иммунизировали внутримышечно однократно в дозе 1 см<sup>3</sup>. Через 7-14-28-35-49-77 суток у кроликов из ушной вены брали кровь, полученную сыворотку исследовали в реакции агглютинации со штаммами продуцентами адгезивных антигенов O115: K88, O141: K99, O9: K103:987P, O101: F41. Оставшуюся часть сыворотки использовали для определения ее превентивной активности на белых мышцах. Результаты опытов приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

#### Антигенная активность вакцины в опыте на кроликах

Наименование вакцины	Наименование антигена	Средний титр антител в сыворотке крови кроликов (РА) на день после вакцинации					
		7-й	14-й	28-й	35-й	48-й	77-й
Вакцина против эшерихиоза сельскохозяйственных животных	O115:K88	1:89,89±14,45	1:200,1±50,5	1:355,6±58,0	1:555,2±74,2	1:465,0±95,6	1:62,63±12,5
	O141:K99	1:70,65±8,0	1:120,3±24,9	1:319,0±0	1:486,0±98,6	1:366,6±55,0	1:51,78±11,6
	O9:K103:987P	1:49,78±11,5	1:100,5±22,2	1:276,6±35,6	1:366,6±58,0	1:370,0±0	1:43,95±7,25
	O101:F41	1:100,5±23,0	1:266,6±34,6	1:476,0±97,6	1:647,0±21,0	1:556,2±74,2	1:92,89±14,48

Table 2

**Antigenic activity of the vaccine in the experiment on rabbits**

Vaccine	Antigen	The average titer of antibodies in serum of rabbits (RA) on the day after vaccination					
		7	14	28	35	48	77
Вакцина против эшерихиоза сельскохозяйственных животных	O115:K88	1:89,89±14,45	1:200,1±50,5	1:355,6±58,0	1:555,2±74,2	1:465,0±95,6	1:62,63±12,5
	O141:K99	1:70,65±8,0	1:120,3±24,9	1:319,0±0	1:486,0±98,6	1:366,6±55,0	1:51,78±11,6
	O9:K103:987P	1:49,78±11,5	1:100,5±22,2	1:276,6±35,6	1:366,6±58,0	1:370,0±0	1:43,95±7,25
	O101:F41	1:100,5±23,0	1:266,6±34,6	1:476,0±97,6	1:647,0±21,0	1:556,2±74,2	1:92,89±14,48

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что наибольший уровень антител в сыворотке крови вакцинированных животных достигался к 35-му дню после иммунизации и составлял в среднем для антигена O115:K88 — 1:555,2; антигена O141:K99 — 1:468,0; антигена O9:K103:987P — 1:366,6; антигена O101:F41 — 1:647,0, снижался к 77-му дню в 7...9 раз и составлял в среднем для антигена O115:K88 — 1:62,63; антигена O141:K99 — 1:51,8; антигена O9:K103:987P — 1:43,95; антигена O101:F41 — 1:92,89.

В дальнейшем исследовали превентивную активность полученных сывороток в опыте на белых мышах. Сыворотки вводили подкожно, однократно в дозе по 0,2 см<sup>3</sup>, используя по 40 белых мышей на каждую сыворотку (по 10 на каждый штамм). Через 24 часа после введения сыворотки иммунизированным животным и такому же количеству неиммунизированных (контрольных) вводили внутривентриально подтитрованную смертельную дозу четырех вирулентных штаммов эшерихий серогрупп O115:K88, O141:K99, O9:K103:987P, O101:F41 в дозе 3LD<sub>50</sub>. Каждым штаммом заражали по 10 иммунизированных и 10 контрольных белых мышей.

Таблица 3

**Превентивная активность сывороток**

Заражающий штамм	Количество белых мышей	Сыворотки кроликов, полученные на день после иммунизации										Контроль			
		7-й		14-й		28-й		35-й		48-й		77-й		Живы	Пали
		Живы	Пали	Живы	Пали	Живы	Пали	Живы	Пали	Живы	Пали	Живы	Пали		
O115:K88	10	2	8	4	6	8	2	10	0	9	1	1	9	—	10
O141:K99	10	1	9	3	7	8	2	10	0	9	1	0	10	—	10
O9:K103:987P	10	1	9	3	7	6	4	9	1	9	1	0	10	—	10
O101:F41	10	2	8	4	6	9	1	10	0	10	0	2	8	—	10

Table 3

**Preventive serum activity**

Infectious strain	Number of white mice	Serum of rabbits obtained on the day after immunization										Control			
		7		14		28		35		48		77		Survived	Died
		Survived	Died	Survived	Died	Survived	Died	Survived	Died	Survived	Died	Survived	Died		
O115:K88	10	2	8	4	6	8	2	10	0	9	1	1	9	—	10
O141:K99	10	1	9	3	7	8	2	10	0	9	1	0	10	—	10
O9:K103:987P	10	1	9	3	7	6	4	9	1	9	1	0	10	—	10
O101:F41	10	2	8	4	6	9	1	10	0	10	0	2	8	—	10

Из материалов табл. 3 видно, что сыворотка, полученная на 28, 35 и 48-й день после иммунизации кроликов и имевшая титры антител, превышающие 1:300, защищала 80...100 % белых мышей от заражения вирулентными штаммами, продуцентами адгезивных антигенов. В то же время сыворотка, полученная на 7 и 77-й день после вакцинации кроликов, обеспечивала защиту белых мышей от заражения лишь на 10...20 %.

### Заключение

На основании вирулентности и фенотипических характеристик авторы относят колибактериоз к основным причинам инфекционной диареи у животных.

Обзорная составляющая исследований показала, что штаммы *Escherichia coli* являются особенными патогенными микроорганизмами, вызывающими различные заболевания не только у домашних животных и птицы, но и у людей. Бактерии *Escherichia coli* являются наиболее распространенными причинами диареи и сепсиса у телят. Кроме того, телята образуют основной резервуар для передачи патогенной кишечной палочки человеку. Инфекции, вызываемые этими патогенами, часто через продукты птицеводства, также являются серьезной проблемой общественного здравоохранения. Инфекции в животноводстве, а также птицеводстве становятся экономической и медицинской проблемой в Европе и во всем мире.

Результаты исследований показали, что связь между иммуногенной и антигенной активностью вакцины против колибактериоза животных в отношении адгезивных антигенов, изученная в опытах на лабораторных животных, заключается в том, что с увеличением титра антител в сыворотке крови вакцинированных животных возрастает защита животных от контрольного заражения вирулентными штаммами. Превентивная активность сывороток крови вакцинированных кроликов достигала 100 % и защищала белых мышей от заражения вирулентными штаммами эшерихий. Полученные результаты соответствуют данным других отечественных и зарубежных авторов.

### Библиографический список

1. Navarro-Garcia F., Ruiz-Perez F., Cataldi Á., Larzábal M. Type VI Secretion System in Pathogenic *Escherichia coli*: Structure, Role in Virulence, and Acquisition // *Front Microbiol.* 2019. Aug 30;10:1965. doi: 10.3389/fmicb.2019.01965
2. Schifferli D.M., Dubreuil J.D., Isaacson R.E. Animal Enterotoxigenic *Escherichia coli* // *EcoSal Plus.* 2016. Vol. 7. № 1. doi: 10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016
3. Kolenda R., Burdukiewicz M., Schierack P. A systematic review and meta-analysis of the epidemiology of pathogenic *Escherichia coli* of calves and the role of calves as reservoirs for human pathogenic *E. coli*. // *Frontiers in cellular and infection microbiology.* 2015. Vol. 5. № 23. doi: 10.3389/fcimb.2015.00023
4. Feodorova V.A., Sayapina L.V., Corbel M.J., Motin V.L. Russian vaccines against especially dangerous bacterial pathogens // *Emerging microbes & infections.* 2014. Vol. 3. № 1. p. 1—17. doi: 10.1038/emi.2014.82.
5. Nicolas-Chanoine M.H., Bertrand X., Madec J.Y. *Escherichia coli* ST131, an intriguing clonal group // *Clinical microbiology reviews.* 2014. Vol. 27. № 3. Pp. 543—574. doi: 10.1128/CMR.00125-13
6. Stromberg Z.R., Johnson J.R., Fairbrother J.M., Kilbourne J., Van Goor A., Curtiss R. Rd, Mellata M. Evaluation of *Escherichia coli* isolates from healthy chickens to determine their potential risk to poultry and human health // *PloS one.* 2017. Vol. 12. № 7. e0180599. doi: 10.1371/journal.pone.0180599
7. Wernicki A., Nowaczek A., Urban-Chmiel R. Bacteriophage therapy to combat bacterial infections in poultry // *Virology journal.* 2017. Vol. 14. № 1. 179. doi: 10.1186/s12985-017-0849-7

8. Волкова М.В., Малинин М.Л. Применение экспериментальной вакцины против эшерихиоза сельскохозяйственных животных // Вестник Ульяновской ГСХА. 2014. № 28. С. 71—72.
9. Гаркавенко Т.А. Антибиотикорезистентность возбудителей бактериальных инфекций животных в Украине // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. № 20(2). С. 234—240.
10. Намазова-Баранова Л.С., Баранов А.А. Антибиотикорезистентность в современном мире // Педиатрическая фармакология. 2017. Т. 14. № 5. С. 341—354. doi: 10.15690/pf.v14i5.1782
11. Kotlowski R., Grecka K., Kot B., Szweida P. New approaches for *Escherichia coli* Genotyping // Pathogens. 2020. Vol. 9. № 2. P. 73. doi: 10.3390/pathogens9020073
12. Пирожков М.К., Ленева С.В., Викторова Е.В., Стрельченко С.А., Тихонов Л.И., Скляр О.Д. Диагностика, специфическая профилактика и лечение при бактериальных болезнях животных // Ветеринария. 2011. № 1. С. 24—28.
13. Сусский Е.В., Пирожков М.К. Оптимизация и стандартизация технологических процессов производства и контроля качества бактериальных антигенов // Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии: труды XVIII Междунар. конф. и дискуссионного науч. клуба. Ялта-Гурзуф, 2010. Т. 2. С. 120—122.
14. Singh P., Metgud S.C., Roy S., Purwar S. Evolution of diarrhea genic *Escherichia coli* pathotypes in India // J Lab Physicians. 2019. Vol. 11. № 4. Pp. 346—351. doi: 10.4103/JLP.JLP\_58\_19

## References

1. Navarro-Garcia F, Ruiz-Perez F, Cataldi Á, Larzábal M. Type VI Secretion System in Pathogenic *Escherichia coli*: Structure, Role in Virulence, and Acquisition. *Front Microbiol.* 2019; 10:1965. doi: 10.3389/fmicb.2019.01965
2. Schifferli DM, Dubreuil JD, Isaacson RE. Animal Enterotoxigenic *Escherichia coli*. *EcoSal Plus.* 2016; 7(1). doi: 10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016
3. Kolenda R, Burdukiewicz M, Schierack P. A systematic review and meta-analysis of the epidemiology of pathogenic *Escherichia coli* of calves and the role of calves as reservoirs for human pathogenic *E. coli*. *Frontiers in cellular and infection microbiology.* 2015; (5):23. doi: 10.3389/fcimb.2015.00023
4. Feodorova VA, Sayapina LV, Corbel MJ, Motin VL. Russian vaccines against especially dangerous bacterial pathogens. *Emerging microbes & infections.* 2014; 3(1):1—17. doi: 10.1038/emi.2014.82
5. Nicolas-Chanoine MH, Bertrand X, Madec JY. (2014). *Escherichia coli* ST131, an intriguing clonal group. *Clinical microbiology reviews.* 27(3), 543—574. doi: 10.1128/CMR.00125-13
6. Stromberg ZR, Johnson JR, Fairbrother JM, Kilbourne J, Van Goor A, Curtiss R, et al. Evaluation of *Escherichia coli* isolates from healthy chickens to determine their potential risk to poultry and human health. *PLoS one.* 2017; 12(7): e0180599. doi: 10.1371/journal.pone.0180599
7. Wernicki A, Nowaczek A, Urban-Chmiel R. Bacteriophage therapy to combat bacterial infections in poultry. *Virology journal.* 2017; 14(1):179. doi: 10.1186/s12985-017-0849-7
8. Volkova MV, Malinin ML. The use of experimental vaccines against colibacillosis of farm animals. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy.* 2014; (4):71—72. (In Russ.)
9. Garkavenko TA. Antibiotic resistance of bacterial infections of animals in Ukraine. *Current problems of intensive development of animal husbandry.* 2017; 20(2):234—240. (In Russ.)
10. Namazova-Baranova LS, Baranov AA. Antibiotic resistance in modern world. *Pediatric pharmacology.* 2017; 14(5):341—354. (In Russ.) doi: 10.15690/pf.v14i5.1782
11. Kotlowski R, Grecka K, Kot B, Szweida P. New approaches for *Escherichia coli* Genotyping. *Pathogens.* 2020; 9(2):73. doi: 10.3390/pathogens9020073
12. Pirozhkov MK, Lenev SV, Viktorova EV, Strelchenko SA, Tikhonov LI, Sklyarov OD. Diagnosis, specific prophylaxis and treatment of bacterial diseases of animals. *Veterinary medicine.* 2011; (1):24—27. (In Russ.)
13. Susskiy EV, Pirozhkov MK. Optimization and standardization of technological processes for the production and quality control of bacterial antigens. In: Novel Technologies in Medicine, Pharmacology Biology and Ecology: proceedings of the XVIII International conference and discussion scientific club. Volume 2. Yalta-Gurzuf; 2010. p.120—122. (In Russ.)
14. Singh P, Metgud SC, Roy S, Purwar S. Evolution of diarrhea genic *Escherichia coli* pathotypes in India. *J Lab Physicians.* 2019; 11(4):346—351. doi: 10.4103/JLP.JLP\_58\_19

**Об авторах:**

*Галиакбарова Алсу Анваровна* — магистрант Института биохимической технологии и нанотехнологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; научный сотрудник лаборатории качества и стандартизации бактериальных лекарственных средств, Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Российская Федерация, г. Москва, 123002, Звенигородское шоссе, д. 5, стр. 1; e-mail: [Alsu.anvarovna.st@mail.ru](mailto:Alsu.anvarovna.st@mail.ru)

*Пирожков Михаил Константинович* — доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества и стандартизации бактериальных лекарственных средств, Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Российская Федерация, г. Москва, 123002, Звенигородское шоссе, д. 5, стр. 1; e-mail: [misha.pirojkov@yandex.ru](mailto:misha.pirojkov@yandex.ru)

**About authors:**

*Galiakbarova Alsu Anvarovna* — PhD student, Institute of Biochemical Technology and Nanotechnology, Peoples' Friendship University of Russia, 8, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; Researcher, Laboratory for Quality and Standardization of Bacterial Medicines, The Russian state center for animal feed and drug standardization and quality, 5/1, Zvenigorodskoye highway, Moscow, 123002, Russian Federation; e-mail: [Alsu.anvarovna.st@mail.ru](mailto:Alsu.anvarovna.st@mail.ru)

*Pirozhkov Mikhail Konstantinovich* — Doctor of Veterinary Sciences, Leading Researcher, Laboratory for Quality and Standardization of Bacterial Medicines, The Russian state center for animal feed and drug standardization and quality, 5/1, Zvenigorodskoye highway, Moscow, 123002, Russian Federation; e-mail: [misha.pirojkov@yandex.ru](mailto:misha.pirojkov@yandex.ru)

## Ветеринарно-санитарная экспертиза Veterinary sanitary inspection

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-210-224  
УДК 616–002.91:619:636.2

*Научная статья / Research article*

### Ветеринарно-санитарная характеристика мяса крупного рогатого скота при саркоцистозе

И.Г. Серегин<sup>1</sup>, Е.С. Баранович<sup>1</sup>, В.Е. Никитченко<sup>2</sup>,  
Д.В. Никитченко<sup>2,3</sup>, Е.О. Рысцова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>ОАО «Останкинский мясоперерабатывающий комбинат», г. Москва, Российская Федерация  
\*rystsova-eo@rudn.ru

**Аннотация.** Изучена частота выявления саркоцистоза при убое крупного рогатого скота. Экстенсивность поражения убойных животных составляла в среднем 0,38...2,11 % от числа исследуемого поголовья. Определена локализация саркоцист в различных мышцах туши. Изучены в сравнительном аспекте органолептические, физико-химические и микробиологические показатели говядины от больных и здоровых животных. Установлено в мясе пораженного саркоцистозом скота снижение сенсорных показателей на 0,14...0,34 балла, повышение рН на 0,34 единицы, увеличение летучих жирных кислот (ЛЖК) на 0,4 мг/КОН и содержание amino-аммиачного азота (ААА) на 0,09 мг/%. В таком мясе отмечено снижение содержания белка на 0,92 %, жира — на 1,04 % и увеличение влаги на 2,90 %. При этом в опытах на инфузориях выявлено понижение показателей относительной биологической ценности в мясе больных животных на 10,7 % и показателей безвредности мяса — на 19 % по сравнению с мясом здорового скота. Выявлено уменьшение сроков хранения охлажденного мяса больных саркоцистозом животных на 1-2 суток. На основании полученных данных разработаны предложения по совершенствованию ветеринарно-санитарной оценки мяса и других продуктов убоя животных при саркоцистозе для включения в Правила ветсанэкспертизы мяса и мясных продуктов.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, мясо, саркоцистоз, органолептические показатели, физико-химические свойства, микробный статус, безвредность, ветсаноценка

**Заявление о конфликте интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование. Благодарности.** Исследование проведено при финансовой поддержке Программы РУДН «5—100».

© Серегин И.Г., Баранович Е.С., Никитченко В.Е., Никитченко Д.В., Рысцова Е.О., 2020.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 26 февраля 2020 г. Принята к публикации: 17 марта 2020 г.

**Для цитирования:**

Серегин И.Г., Баранович Е.С., Никитченко В.Е., Никитченко Д.В., Рыськова Е.О. Ветеринарно-санитарная характеристика мяса крупного рогатого скота при саркоцистозе // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 210—224. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-210-224

---

## Veterinary and sanitary characteristics of sarcocystosis infected cattle meat

Ivan G. Seregin<sup>1</sup>, Evgeniya S. Baranovich<sup>1</sup>, Vladimir E. Nikitchenko<sup>2</sup>,  
Dmitry V. Nikitchenko<sup>2</sup>, Ekaterina O. Rystsova<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

\*Corresponding author: rystsova-eo@rudn.ru

**Abstract.** The rate of sarcocystosis detection in slaughtered cattle was studied. The infection rate for slaughtered animals averaged 0.38...2.11 % of studied livestock. The location of sarcocysts in various muscle tissues of the carcass was determined. Organoleptic, physical & chemical and microbiological characteristics of beef from sick and healthy animals were compared. Detected was a decrease in sensory indicators by 0.14...0.34 points, an increase in pH — by 0.34 units, an increase in VFA — by 0.4 mg/KOH and in amino-ammonia nitrogen concentration — by 0.09 mg/%. The content of protein decreased by 0.92 %, fat — by 1.04 %, and moisture level increased by 2.90 %. At the same time, a decrease in relative bioavailability by 10.7 % and safety by  $5.1 \times 10^4$  of meat infected with sarcocystosis as compared to meat of healthy cattle was detected. It was found out that the shelf life of chilled meat from animals infected with sarcocystosis is 1—2 days less than that of healthy ones. Based on the data obtained, proposals were developed for improving the veterinary-sanitary evaluation of meat and other products of slaughtered animals infected with sarcocystosis in order to be incorporated into the Rules of Veterinary Sanitary Examination of Meat and Meat Products.

**Key words:** cattle, meat, sarcocystosis, organoleptic characteristics, physical and chemical properties, microbial status, harmlessness, veterinary-sanitary evaluation

**Conflicts of interest**

The authors declared no conflicts of interest.

**Financing. Acknowledgments**

The research has been conducted with the support of the RUDN University Program «5—100».

**Article history:**

Received: 26 February 2020. Accepted: 17 March 2020

**For citation:**

Seregin IG, Baranovich ES, Nikitchenko VE, Nikitchenko DV, Rystsova EO. Veterinary and sanitary characteristics of sarcocystosis infected cattle meat. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2):210—224. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-2-210-224

## Введение

Саркоцистоз считается широко распространенным, чаще хронически протекающим, протозойным заболеванием многих видов животных, птиц и человека. Возбудители саркоцистоза животных и птицы относятся к различным видам простейших рода *Sarcocystis*.

Саркоцистоз крупного рогатого скота регистрируют во многих странах мира, в т. ч. в разных регионах Российской Федерации. Экстенсивность саркоцистозной инвазии у жвачных животных в неблагополучных хозяйствах может достигать 80...100 % поголовья. Интенсивность поражения животных саркоцистозом подразделяется на три степени. Поражением слабой степени считается наличие до 10 саркоцист, средней — до 30 саркоцист, сильно выраженной степени — более 30 саркоцист в 1 г мяса. У телят саркоцистоз практически не выявляется. Поражение саркоцистозом молодняка 3...6-месячного возраста отмечается редко. С возрастом прямо пропорционально повышаются экстенсивность и интенсивность инвазии животных [1, 2].

Основными распространителями возбудителя саркоцистоза являются собаки и кошки. Зараженность собак и дворовых кошек саркоцистозом в некоторых природных и антропоургических очагах достигает 80...90 %. При этом только одна зараженная собака может в окружающую среду выделить около 30 млн ооцист, что создает угрозу заражения травоядных животных, в т. ч. крупного рогатого скота. Возбудитель саркоцистоза устойчив во внешней среде и может сохраняться жизнеспособным более 3 лет, длительное время не погибает при замораживании и размораживании биологических объектов [3].

Саркоцистоз у животных и птицы обуславливают несколько видов паразита. Каждый вид саркоцист адаптирован к определенному промежуточному хозяину. Крупный рогатый скот считается промежуточным хозяином возбудителей видов *Sarcocystis bovicanis* (*cruxi*) и *Sarcocystis bovis* (*hirsuta*). Отмечены случаи поражения крупного рогатого скота возбудителем вида *S. bovihominis* (*S. hominis*). Дефинитивными хозяевами этих возбудителей саркоцистоза являются собаки, кошки, дикие плотоядные животные и человек, которые заражаются саркоцистозом, употребляя мясо, содержащее зрелые цисты саркоцист. При этом мясо овец, пораженное *S. ovis* (*tenella*), считается для человека не опасным.

В тонком отделе кишечника дефинитивного хозяина протекает гаметогония и споргония и в результате образуются зиготы, превращающиеся в ооцисты. Через 7—8 дней после заражения животного ооцисты выделяются с фекальными массами в окружающую среду, создавая угрозу заражения промежуточных хозяев. Иногда оболочка ооцисты в кишечнике разрушается и с фекальными массами выделяются одновременно ооцисты и спороцисты.

К промежуточным хозяевам возбудителя относят травоядных и всеядных животных, а также грызунов и птиц. Крупный рогатый скот, как промежуточный хозяин, заражается при проглатывании с кормом или водой ооцист или спороцист со спороzoитами. Спорозоиты проникают из кишечника в эндотелий кровеносных

капилляров внутренних органов, где развиваются путем множественного бесполого размножения (шизогонии) и образование шизоитов 1, 2 и 3-й генерации. Шизоиты 1, 2-й генерации локализуются в течение 24...33 дней в эндотелии кровеносных сосудов, а шизогония 3-й генерации с образованием мерозоитов происходит в лимфоцитах крови. Мерозоиты заносятся в клетки скелетной мускулатуры, где размножаются путем продольного деления на две дочерние особи, сохраняющиеся в одной общей материнской оболочке в местах скопления саркоплазмы. Клетки, прилегающие к сарколемме мышечного волокна, выстилают полость цисты, а удаленные от сарколеммы в желеобразном продукте распада миофибриллы, постепенно разграничиваются между собой перегородками и образуют камеры, где делящиеся клетки превращаются в банановидной формы трофозоиты (эндозоиты). Циста, наполненная трофозоитами, через 3 месяца после заражения животного, способна заражать дефинитивных хозяев. Дефинитивные и промежуточные хозяева, в т. ч. человек, могут быть инвазированы несколькими видами возбудителя саркоцистоза [4, 5].

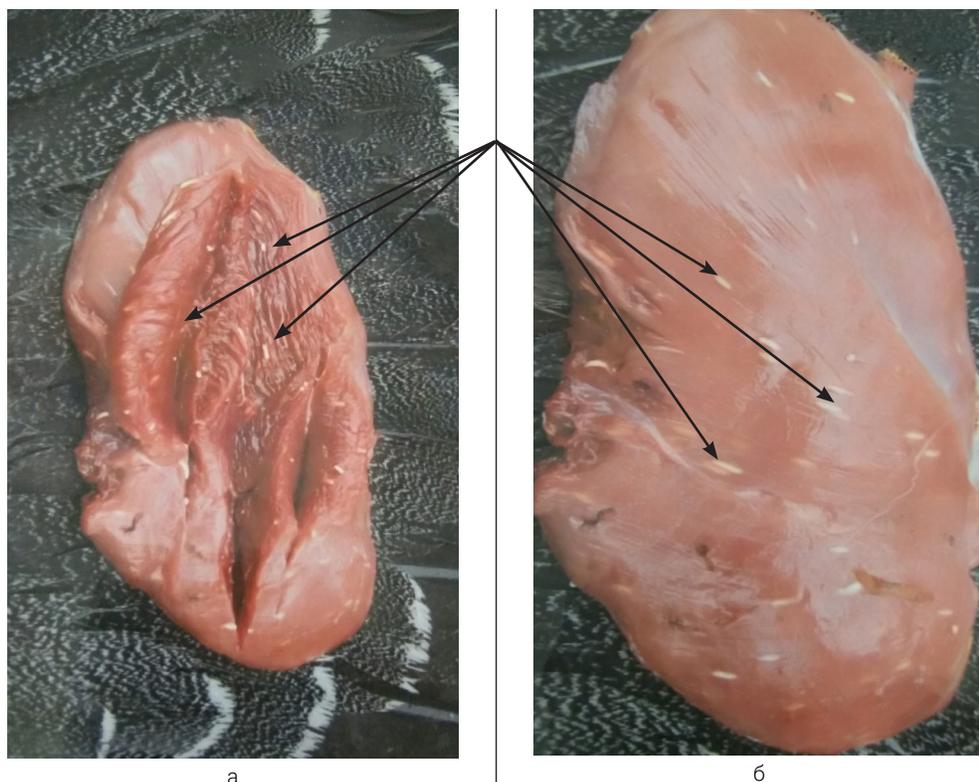
Предубойная диагностика саркоцистоза у крупного рогатого скота еще недостаточно хорошо изучена. Отмечаются повышение температуры тела, угнетение, слабость, признаки диареи, анемия, отеки подчелюстного пространства, слабость сердечных мышц и возможные парезы конечностей, снижение упитанности и продуктивности, экзофтальм и аборт. После убоя у животных могут обнаруживаться потехиальные кровоизлияния в органах и в скелетной мускулатуре, саркоцисты — в сердце, диафрагме, пищеводе, языке, в жевательных и скелетных мышцах. Цисты, видимые невооруженным глазом, чаще выявляются в мышцах конечностей и диафрагмы [3].

Саркоцисты, обнаруженные в мышцах, овальные или немного удлинённые, имеют белый, сероватый или желтоватый цвет. В местах локализации большого количества саркоцист мышечная ткань может быть гидремичная с признаками дистрофии [6].

У молодняка после заражения саркоцистозом отмечаются изменения не только в мышечной ткани, но и на слизистой оболочке тонкого отдела кишечника (покрасневшая, набухшая, со слизью и кровоизлияниями). Брыжеечные и порталные лимфоузлы увеличены, сердце вареного вида с признаками дистрофии. В легких отмечают гиперемии и отек, в печени и почках — дистрофию паренхимы.

У нетелей и коров чаще выявляют иммуноморфологические реакции организма, сопровождающиеся пролиферацией вокруг паразита эозинофилов, макрофагов, плазмоцитов, что часто обуславливает аборт.

Саркоцистоз у животных после убоя легко диагностируется, так как саркоцисты хорошо просматриваются на продольном разрезе мышц и при трихинеллоскопии ножек диафрагмы. В сомнительных случаях используются лабораторные методы исследования (микроскопия мышечных волокон, серологические реакции: РСК, РДСК, ИФА, ПЦР и др.). Макроцисты в виде рисового или овсяного зерна чаще обнаруживаются на пищеводе и в скелетной мускулатуре (рис.).



Саркоцисты в скелетной мускулатуре крупного рогатого скота:  
а — внутри мышцы; б — на поверхностных слоях мышц  
Sarcocyst in cattle's skeletal musculature:  
a — Intramuscular sarcocyst; б — Sarcocyst on superficial muscles

При дифференциальной диагностике необходимо идентифицировать цистицеркоз от макросаркоцист и трихинеллез от микросаркоцист (мишеровых мешочков), которые также выявляются у убойных животных [7].

Таким образом, анализируя сообщения многих исследователей, можно заключить, что основные вопросы протозойного заболевания — саркоцистоза — хорошо изучены. Однако, по нашему мнению, еще недостаточно освещены проблемы наиболее рационального и безопасного использования мяса животных, пораженных саркоцистозом в разной степени интенсивности. Имеющиеся рекомендации по ветеринарно-санитарной оценке продуктов убоя животных, в которых допускается свободная реализация мяса, недостаточно научно обоснованы. Это может способствовать повышению эпизоотической напряженности по саркоцистозу, увеличению экстенсивности и интенсивности заражения животных и человека в очагах инвазии.

Кроме того, возбудитель саркоцистоза при развитии в организме животных, выделяет саркотоксин и другие вредные вещества, которые способствуют развитию дистрофических процессов в окружающих мышечных волокнах и в отдельных органах, что должно обуславливать определенные ограничения в использовании мяса больных животных. Это послужило основанием для наших исследований.

**Цель данной работы** — изучить в условиях боенских предприятий пораженность крупного рогатого скота саркоцистозом и ветеринарно-санитарные показатели

мяса больных животных, что позволит научно обосновать ветсаноценку говядины при данной протозойной болезни.

Мы решали следующие задачи:

определить распространение саркоцистоза у убойного крупного рогатого скота разных возрастных групп;

изучить органолептические свойства мяса крупного рогатого скота при поражении саркоцистозом;

изучить в сравнительном аспекте химический состав, физико-химические и микробиологические показатели мяса крупного рогатого скота, пораженного и непораженного саркоцистозом;

определить отклонения в относительной биологической ценности и безвредности говядины при поражении саркоцистозом;

на основании полученных данных разработать предложения по наиболее рациональному и безопасному использованию продуктов убоя крупного рогатого скота при саркоцистозе.

### Материалы и методы исследования

Исследования выполняли на мясокомбинатах в различных регионах России, где в последние годы был зарегистрирован саркоцистоз у собак или кошек. Исследованию подвергали органы и туши крупного рогатого скота в цехах убоя. Ветсанэкспертизу продуктов убоя скота осуществляли в соответствии с «Правилами ветеринарного осмотра убойных животных и ветсанэкспертизы мяса и мясных продуктов» (1988 г.). Органолептическую оценку говядины проводили по 9-балльной шкале, разработанной ВНИИМП (1993 г.). Лабораторные исследования мяса осуществляли общепринятыми методами согласно требованиям соответствующих ГОСТ [8].

Пробы мяса для лабораторного исследования отбирали от туш, пораженных цистицеркозом и здорового скота этой же партии. Отобранные образцы мяса в зависимости от степени инвазии распределяли на 3 группы. Образцы 1-3 были отобраны от туш животных, которые имели слабую степень поражения саркоцистозом, образцы 4-6 — от туш со средней степенью инвазии, образцы мяса 7-10 — от туш с сильно выраженной инвазией. Контролем служили образцы (11-13), отобранные от туш здоровых животных таких же возрастных групп.

### Результаты и обсуждения

На первом этапе работы была изучена частота обнаружения саркоцистоза у убойного крупного рогатого скота. Эти данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Частота выявления саркоцистоза у крупного рогатого скота

Группа исследуемых животных	Количество исследуемых туш	Количество зараженных саркоцистозом	Степени инвазии по группам		
			Слабая	Средняя	Сильная
Телята до 3 месяцев	272	1 (0,38 %)	1 (0,38 %)	—	—
Молодняк до 1 года	233	4 (1,71 %)	3 (1,28 %)	1 (0,43 %)	—
Молодняк до 2 лет	1768	32 (1,81 %)	14 (0,80 %)	16 (0,90 %)	2 (0,11 %)
Бычки и нетели	1324	28 (2,11 %)	16 (1,21 %)	9 (0,68 %)	3 (0,22 %)
Коровы выбрак.	296	4 (1,35 %)	2 (0,67 %)	1 (0,34 %)	1 (0,34 %)
Быки-производители	47	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

## Frequency of cattle's sarcocystosis indication

Animal group	Number of carcasses	Number of carcasses infected with sarcocystosis	Invasion degree		
			Low	Moderate	High
Calves up to 3 months	272	1 (0.38 %)	1 (0.38 %)	—	—
Young cattle up to 1 year old	233	4 (1.71 %)	3 (1.28 %)	1 (0.43 %)	—
Young cattle up to 2 years old	1768	32 (1.81 %)	14 (0.80 %)	16 (0.90 %)	2 (0.11 %)
Steers and heifers	1324	28 (2.11 %)	16 (1.21 %)	9 (0.68 %)	3 (0.22 %)
Culled cows	296	4 (1.35 %)	2 (0.67 %)	1 (0.34 %)	1 (0.34 %)
Servicing bulls	47	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Данные в табл. 1 свидетельствуют, что в регионах, где регистрируют саркоцистоз у кошек и собак, выявляются жвачные животные, пораженные саркоцистозом до 0,38...2,11 % от числа обследуемого поголовья. При этом поражение саркоцистозом телят до 3-месячного возраста выявлено только в одном случае, что составляет около 0,38 %, молодняка — в 36 случаях (1,71...1,81 %), бычков и нетелей — 28 голов (2,11 %), у выбракованных коров — 4 случая (1,35 %). У бычков-производителей саркоцистоз не обнаруживали. При этом слабая степень поражения саркоцистозом отмечена у 0,92 % обследуемого поголовья, средняя — у 0,68 %, сильная степень — у 0,15 %. Из 69 случаев обнаружения поражения животных саркоцистозом инвазия слабой степени составляла 52,2 %, средней — 39,2 %, сильной — 8,6 % от числа всех выявленных случаев инвазии. Количество пораженного саркоцистозом крупного рогатого скота в разных регионах РФ объяснялось напряженностью очагов данной инвазии. Чаще саркоцистоз выявляли у молодняка крупного рогатого скота (1,81...2,11 %). У бычков-производителей поражение саркоцистозом не выявляли, что, по нашему мнению, связано с содержанием их круглосуточно на привязи, что предупреждает прямой контакт животных с объектами инвазированной окружающей среды (вода, трава и др.).

На следующем этапе мы изучили ветеринарно-санитарные показатели мяса крупного рогатого скота, пораженного саркоцистозом, в сравнении с мясом здоровых животных таких же возрастных групп.

Данные органолептической оценки исследуемых образцов говядины приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Показатели органолептической оценки мяса при саркоцистозе

Группа исследованных животных	Количество исследованных туш	Органолептическая оценка мяса					
		Вид	Цвет	Консистенция	Запах	Вкус	В среднем
Телята до 3 мес.	1	8,2	8,3	8,1	8,2	8,3	8,22
Молодняк до 1 года	3	8,3	8,4	8,2	8,3	8,4	8,32
Молодняк до 2 лет	3	8,3	8,4	8,3	8,3	8,4	8,34
Бычки и нетели	3	8,4	8,3	8,4	8,4	8,3	8,36
Коровы выбраков.	3	8,3	8,2	8,3	8,1	8,2	8,26
В среднем	13	8,3	8,32	8,26	8,26	8,32	8,30
Здоровые животные (контроль)	15	8,5	8,6	8,6	8,9	8,5	8,52
Отклонение	28	-0,20	-0,28	-0,34	-0,14	-0,18	-0,22

**Indicators of meat organoleptic evaluation in cases of sarcocystosis**

Animal group	Number of carcasses	Meat organoleptic evaluation					
		Type	Colour	Consistency	Smell	Taste	Average
Calves up to 3 months	1	8.2	8.3	8.1	8.2	8.3	8.22
Young cattle up to 1 year old	3	8.3	8.4	8.2	8.3	8.4	8.32
Young cattle up to 2 years old	3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.4	8.34
Steers and heifers	3	8.4	8.3	8.4	8.4	8.3	8.36
Culled cows	3	8.3	8.2	8.3	8.1	8.2	8.26
Average	13	8.3	8.32	8.26	8.26	8.32	8.30
Control (healthy animals)	15	8.5	8.6	8.6	8.9	8.5	8.52
Deviation	28	-0.20	-0.28	-0.34	-0.14	-0.18	-0.22

Из данных табл. 2 видно, что по органолептическим свойствам мясо животных, зараженных саркоцистозом в слабой и средней степени инвазии, имеет незначительные отклонения от мяса здорового скота. Оценка мяса по внешнему виду снижалась на 0,1...0,3 балла по сравнению с мясом здоровых животных, оценка цвета мяса была ниже на 0,28 балла, консистенции — на 0,1...0,5 балла, запаха — на 0,1...0,3 балла, вкуса — на 0,1...0,3 балла. Такое незначительное снижение органолептических показателей практически не определяется потребителями, поэтому согласно Правилам ветсанэкспертизы, при саркоцистозе мясо после зачистки допускается к использованию в пищевых целях без ограничения. Однако при сильном поражении мяса органолептическая оценка снижалась на 1,42...1,51 балла, что заметно снижало сенсорные показатели говядины.

Для научного обоснования ветсаноценки туш крупного рогатого скота при саркоцистозе образцы мышц подвергли лабораторному анализу. Полученные данные приведены в табл. 3—5.

По данным табл. 3 видно, что по физико-химическим свойствам мясо животных при слабой и средней степени заражения саркоцистозом отличается от мяса здорового скота. Такое мясо имеет повышенную на 0,3...0,4 единицы рН, количество летучих жирных кислот (ЛЖК) — на 0,3...0,4 мг КОН и количество амино-аммиачного азота (ААА) — на 0,04...0,15 мг%. По показателям пробы варкой, реакции с серно-кислой медью и на пероксидазу мясо больных и здоровых животных значительных отличий не имело. При сильном поражении в мясе отмечали более выраженные отклонения от нормы ряда физико-химических показателей.

Таблица 3

**Результаты исследования физико-химических показателей мяса при саркоцистозе**

Возрастные группы скота	Количество исследованных туш	Физико-химические показатели				
		рН	Реакция с CuSO <sub>4</sub>	Реакция на пероксидазу	Содержание ЛЖК, мг КОН	Содержание ААА, мг%
Телята до 3 мес.	1	6,2	–	+	2,8	0,89
Молодняк до 1 года	3	6,3	–	+	2,7	0,85
Молодняк до 2 лет	3	6,3	–	+	2,9	0,92
Бычки и нетели	3	6,2	–	+	2,9	0,96

Окончание табл. 3

Возрастные группы скота	Количество исследованных туш	Физико-химические показатели				
		РН	Реакция с CuSO <sub>4</sub>	Реакция на пероксидазу	Содержание ЛЖК, мг КОН	Содержание ААА, мг%
Коровы выбраков.	3	6,2	–	+	2,7	0,91
В среднем	из 13	6,24	–	+	2,8	0,90
Здоровые животные	15	5,9	–	+	2,4	0,81
Отклонение	28	+0,34	нет	нет	+0,4	+0,09

Table 3

## Results of meat physico-chemical indicators research in cases of sarcocystosis

Animal group	Number of carcasses	Physico-chemical indicators				
		pH	Reaction with CuSO <sub>4</sub>	Reaction to peroxidase	VFA content, mg KOH	Ammonium and nitrate nitrogen, mg%
Calves up to 3 months	1	6.2	–	+	2.8	0.89
Young cattle up to 1 year old	3	6.3	–	+	2.7	0.85
Young cattle up to 2 years old	3	6.3	–	+	2.9	0.92
Steers and heifers	3	6.2	–	+	2.9	0.96
Culled cows	3	6.2	–	+	2.7	0.91
Average	of 13	6.24	–	+	2.8	0.90
Control (healthy animals)	15	5.9	–	+	2.4	0.81
Deviation	28	+0.34	no	no	+0.4	+0.09

Анализируя эти данные, можно заключить, что при поражении животного саркоцистозом наиболее выражены отклонения от мяса здорового скота получены в показателях рН, в содержании ЛЖК и ААА, что свидетельствует о более интенсивном процессе распада белковых веществ в мышечной ткани пораженных саркоцистозом животных.

На следующем этапе был изучен химический состав мышц при поражении крупного рогатого скота саркоцистозом. Данные таких исследований приведены в табл. 4.

Таблица 4

## Химический состав мышц при саркоцистозе

Возрастные группы животных	Химический состав мышц, %				
	Вода	Белок	Жир	Зола	Экстрактивные вещества
Телята до 3 мес.	73,84	17,60	2,68	0,98	4,94
Молодняк до 1 года	72,90	17,76	2,86	0,99	4,90
Молодняк до 2 лет	73,10	18,02	3,08	1,04	5,49
Бычки и нетели	73,20	18,24	3,09	1,02	4,95
Коровы выбраков.	72,60	18,01	4,26	1,07	4,46
В среднем	73,10	17,76	2,99	1,02	4,55
Здоровые животные (контроль)	70,20	18,08	4,03	1,07	–5,02
Отклонение	+2,90	–0,92	–1,04	–0,01	–0,47

**Chemical composition of muscles in cases of sarcocystosis**

Animal group	Chemical composition of muscles,%				
	Water	Protein	Fat	Ash	Extractive substance
Calves up to 3 months	73.84	17.60	2.68	0.98	4.94
Young cattle up to 1 year old	72.90	17.76	2.86	0.99	4.90
Young cattle up to 2 years old	73.10	18.02	3.08	1.04	5.49
Steers and heifers	73.20	18.24	3.09	1.02	4.95
Culled cows	72.60	18.01	4.26	1.07	4.46
Average	73.10	17.76	2.99	1.02	4.55
Control (healthy animals)	70.20	18.08	4.03	1.07	-5.02
Deviation	+2.90	-0.92	-1.04	-0.01	-0.47

Данные табл. 4 свидетельствуют, что по химическому составу мясо зараженных саркоцистозом животных заметно отличается от мяса здорового скота. В нем отмечается повышение влаги на 2,9 % и снижение содержания белка — на 0,92 %, жира — на 1,04 %, экстрактивных веществ — на 0,47 %. Количество зольных элементов сохранялось на одинаковом уровне у всех опытных и контрольных животных.

Следовательно мясо крупного рогатого скота, пораженного саркоцистозом, содержит больше влаги, но меньше белка, жира и экстрактивных веществ, что может отражаться на технологичности такого мясного сырья и качестве мясных продуктов.

Для определения микробной безопасности мяса и его безвредности были проведены микробиологические исследования и опыты на инфузориях *Tetrachlena pyriformis*. Полученные данные приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5

**Результаты микробиологических исследований мяса при саркоцистозе**

Возрастные группы животных	Выделенные микроорганизмы						
	КОЕ/г	БГКП	Род сальмон.	Род клострид.	Род стафил.	Листерии моноцист	Сапроф.
Телята до 3 мес	2,4×10 <sup>2</sup>	+	+	-	+	-	+
Молодняк до 1 года	2,8×10 <sup>2</sup>	+	-	-	-	-	+
Молодняк до 2 лет	2,4×10 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	+
Бычки и нетели	2,7×10 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	+
Коровы выбр.	2,1×10 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	+
В среднем	2,5×10 <sup>2</sup>	+	-	-	-	-	+
Здоровые животные	1,2×10 <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	+
Отклонение	-1,3×10 <sup>2</sup>	+	-	-	-	-	-

## Results of meat microbiological research in cases of sarcocystosis

Animal group	Microorganisms						
	CFU/g	Coliforms	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Clostridium</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> spp.	<i>Listeria monocytogenes</i>	Saprophytes
Calves up to 3 months	$2.4 \times 10^2$	+	+	-	+	-	+
Young cattle up to 1 year old	$2.8 \times 10^2$	+	-	-	-	-	+
Young cattle up to 2 years old	$2.4 \times 10^2$	-	-	-	-	-	+
Steers and heifers	$2.7 \times 10^2$	-	-	-	-	-	+
Culled cows	$2.1 \times 10^2$	-	-	-	-	-	+
Average	$2.5 \times 10^2$	+	-	-	-	-	+
Control (healthy animals)	$1.2 \times 10^2$	-	-	-	-	-	+
Deviation	$-1.3 \times 10^2$	+	-	-	-	-	-

Анализируя данные табл. 5, можно заключить, что при саркоцистозе микробное обсеменение мяса почти в 2 раза превышает такую же мясу здоровых животных. В мясе пораженных животных выявляли  $2,1 \dots 2,8 \times 10^2$  КОЕ/г, в мясе здорового скота — не более  $1,2 \times 10^2$ , т.е. на  $1,3 \times 10^2$ , или на 49 % меньше, чем в мясе больных животных. Во всех случаях выделяли из мяса сапрофитные микроорганизмы и только у молодняка в возрасте до 1 года выявили бактерии группы кишечных палочек и микроорганизмы рода *Staphylococcus aureus*. Из-за повышенной микробной обсеменности мясо животных, пораженных саркоцистозом, при хранении в охлажденном состоянии на 1-2 дня быстрее приобретало признаки порчи и становилось пригодным для использования в пищевых целях только после предварительной термической обработки. Чем выше интенсивность поражения саркоцистами животного, тем быстрее развивались признаки порчи мяса.

Эти данные подтверждают, что мясо животных, больных саркоцистозом, по микробиологическим показателям, представляет определенный риск для потребителей, поэтому оно не может направляться в свободную реализацию. Такое мясо необходимо направлять на промпереработку с использованием температурного обеззараживания, обеспечивающего гибель БГКП и коагулазоположительных стафилококков, т.е. в колбасное или консервное производство.

Достаточно ценную информацию представляют исследования по относительной биологической ценности и безвредности мяса крупного рогатого скота при саркоцистозе. Эти данные приведены в табл. 6.

**Результаты опытов на инфузориях по определению безвредности мяса при саркоцистозе**

Возрастные группы животных	Результаты опытов на инфузориях		
	ОБЦ, в % к контролю	Количество инфузорий	Подвижность инфузорий
Телята до 3 мес.	90,0	42,6×10 <sup>4</sup>	Понижена
Молодняк до 1 года	90,3	42,8×10 <sup>4</sup>	Понижена
Молодняк до 2 лет	88,2	41,8×10 <sup>4</sup>	Понижена
Бычки и нетели	87,7	41,6×10 <sup>4</sup>	Понижена
Коровы выбр.	90,1	42,7×10 <sup>4</sup>	Понижена
В среднем	89,3	42,3×10 <sup>4</sup>	Понижена
Здоровые животные	100,0	47,4×10 <sup>4</sup>	Хорошая
Отклонение	-10,7	-5,1×10 <sup>4</sup> (-19,0 %)	Снижение

Table 6

**The results of experiments on ciliates to determine meat safety in cases of sarcocystosis**

Animal group	Results of experiments on ciliates		
	Relative biological value, % to control	Number of ciliates	Motility of ciliates
Calves up to 3 months	90.0	42.6×10 <sup>4</sup>	Low
Young cattle up to 1 year old	90.3	42.8×10 <sup>4</sup>	Low
Young cattle up to 2 years old	88.2	41.8×10 <sup>4</sup>	Low
Steers and heifers	87.7	41.6×10 <sup>4</sup>	Low
Culled cows	90.1	42.7×10 <sup>4</sup>	Low
Average	89.3	42.3×10 <sup>4</sup>	Low
Control (healthy animals)	100.0	47.4×10 <sup>4</sup>	Good
Deviation	-10.7	-5.1×10 <sup>4</sup> (-19.0 %)	Decline

Из данных табл. 6 видно, что в питательной среде с добавлением экстракта из мяса животных, пораженных саркоцистозом, накопление клеток инфузорий было ниже на  $5,1 \times 10^4$ , или на 19,0 % по сравнению с мясом здоровых животных. Если при оценке мяса больных животных разных возрастных групп накопление одноклеточных простейших составляло  $41,61 \times 10^4 \dots 42,8 \times 10^4$ , мяса здоровых животных —  $47,4 \times 10^4$ .

Снижение общей биологической ценности мяса при саркоцистозе отмечено на 10,7 % и составляло 87,7...90,3 % по отношению к мясу здорового скота. Кроме того, в питательной среде с экстрактом мяса больных животных клетки инфузории имели менее выраженную подвижность по сравнению с инфузориями в среде с экстрактом мяса здорового скота. Такое снижение общей биологической ценности и уровня безвредности мяса при саркоцистозе можно обосновать выделением саркоцистами токсинов и накопление их в мышечной и жировой тканях, что необходимо учитывать при ветеринарно-санитарной оценке мяса и использовании его для пищевых целей.

### Заключение

Саркоцистоз крупного рогатого скота в разных регионах нашей страны имеет определенное распространение. У животных разных возрастных групп,

поступающих на боенские предприятия из неблагополучных регионов (природных и антропоургических очагов), саркоцистоз выявляется в 0,38...2,11 % случаях, из которых поражение в слабой степени составляет 52,2 %, средней — 39,2 %, сильной степени — 8,6 % от общего числа зараженных животных.

Известно, что саркоцисты, развиваясь в мышцах, выделяют токсины (саркоцистин и др.), которые снижают продуктивность животных и потребительские свойства мяса. При поражении животных саркоцистами в слабой и средней степени органолептическая оценка мяса по отдельным показателям снижается на 0,14...0,34 балла (по 9-балльной шкале), или в целом на 1,14 балла, при сильном поражении оценка снижается на 1,42...1,51 балла.

По физико-химическим показателям мясо зараженных саркоцистозом животных незначительно отличается от мяса здорового скота. Однако в нем отмечается повышенный рН на 0,34 единицы, увеличение содержания ЛЖК — на 0,4 мг КОН и ААА — на 0,09 мг%.

При этом мясо животных, больных саркоцистозом, содержит воды на 2,9 % больше, чем мясо здорового скота, что свидетельствует о вредном воздействии саркоцист на организм. В таком мясе содержится белка меньше на 0,92 %, жира — на 1,04 %, экстрактивных азотистых и безазотистых веществ — на 0,47 %.

В мясе животных, больных саркоцистозом, обнаруживается почти в 2 раза больше микроорганизмов, а в отдельных случаях выявляются бактерии группы кишечных палочек и рода *Staphylococcus aureus*, что считается небезопасным для человека и других потребителей. Эти показатели обуславливают определенные ограничения в использовании мясного сырья и рекомендации переработки его после зачистки в колбасные или консервные изделия с применением повышенных температурных режимов.

Общая биологическая ценность мяса при саркоцистозе у крупного рогатого скота снижается на 10,7 %, безвредность такого мяса понижается на 19,0 %, что может влиять на качественные показатели мясных продуктов. Поэтому мясо животных, пораженных саркоцистозом, целесообразнее использовать в виде фарша с обязательным разбавлением его мясом здорового скота.

На основании выше сказанного считаем необходимым внести изменения в пункт 3.2.12 «Правил ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов» и изложить первый абзац в следующей редакции: «При обнаружении в мышцах саркоцист и отсутствии в них видимых патологических изменений туши и органы после зачистки направляют на промпереработку или на изготовление колбасных или консервных изделий с применением температурных режимов, гарантирующих гибель бактерий группы кишечных палочек, клеток стафилококков и саркоцист. При интенсивном поражении туши саркоцистами и выявлении изменений в мышцах (дистрофия, гидремия, очаговое обызвествление в мышечной ткани) тушу и органы утилизируют. Кровь и эндокринно-ферментное сырье для пищевых и медицинских целей не собирают. Жир, кишечник и шкуры используют без ограничения».

Внедрение таких предложений в практику позволит снизить экстенсивность и интенсивность поражения дефинитивных и промежуточных хозяев саркоцистозной

инвазией в различных регионах страны, а также повысит биологическую ценность и безопасность мясного сырья для потребителей.

### Библиографический список

1. Новак М.Д., Новак А.И. Саркоцистозы животных в Рязанской области // Теория и практика паразитарных болезней животных. 2016. № 17. С. 300—302.
2. Полянская О.В., Сивков Г.С. Распространение саркоцистоза крупного рогатого скота в Тюменской области // Тр. Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной эктомологии и арахнологии. 2002. № 44. С. 134—135.
3. Салимов В.А., Абакумов В.И., Гасанов Р.Р., Салимова О.С. Саркоцистоз крупного рогатого скота: монография. Самара: ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА, 2013. 192 с.
4. Шемарова И.В., Лаковникова Е.В. Распространение саркоцистоза среди овец и крупного рогатого скота // Инвазионные болезни сельскохозяйственных животных и птиц: сб. науч. тр. ЛВИ. Л., 1987. Т. 91. С. 61—65.
5. Якушкин И.В., Чеботарева Т.Ю., Ушакова Е.Л., Шмат Е.В., Диденко Н.В. Зараженность свиней саркоцистозом и ее влияние на органолептические показатели полученной свинины // Вестник КрасГАУ. 2016. № 5. С. 199—204.
6. Соминский З.Ф., Салимов А.В., Михеева Г.П. и др. Сравнительные гистологические и гистохимические изменения в органах и тканях при саркоцистозе млекопитающих животных и птиц // Диагностика, терапия и профилактика болезней сельскохозяйственных животных. Ульяновск, 1974. С. 294—304.
7. Бозуш А.А. Качество мяса и меры профилактики при саркоцистозе свиней // Ветеринарная наука производству. 1983. Вып. 20. С. 149—154.
8. Серегин И.Г., Уша Б.В. Лабораторные методы в ветеринарно-санитарной экспертизе пищевого сырья и готовых продуктов. СПб.: РАПП, 2008. 408 с.

### References

1. Novak MD, Novak AI. Sarcocystoses of animals in the Ryazan region. *Teoriya i praktika parazitarnykh boleznei zhivotnykh*. 2016; (17):300—302. (In Russ.)
2. Polyanskaya OV, Sivkov GS. Cattle sarcocystosis in the Tyumen region. *Problemy entomologii i arakhnologii* [Problems of entomology and arachnology]. Tyumen: Rizograf Publ.; 2002. p.134—135. (In Russ.)
3. Salimov VA, Abakumov VI, Hasanov RR, Salimova OS. *Sarkotsistoz krupnogo rogatogo skota* [Cattle sarcocystosis]. Samara: Samara State Agricultural Academy; 2013. (In Russ.)
4. Shemarova IV, Lakovnikova EV. The spread of sarcocystosis among sheep and cattle. In: *Invasionnyye bolezni sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits* [Invasive diseases of farm animals and birds]. Leningrad: LVI Publ.; 1987. p.61—65. (In Russ.)
5. Yakushkin IV, Chebotareva TY, Ushakova EL, Shmat EV, Didenko NV. Contamination of pigs with sarcocystosis and its influence on organoleptic indicators of the received pork. *Bulletin of KSAU*. 2016; (5):199—204. (In Russ.)
6. Sominsky ZF, Salimov AV, Mikheeva GP. Comparative histological and histochemical changes in organs and tissues during sarcocystosis of mammalian animals and birds. In: *Diagnostika, terapiya i profilaktika boleznei sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Diagnosis, therapy and prevention of diseases of farm animals]. Ulyanovsk: Ulyanovsk Agricultural Institute Publ.; 1974. p.294—304. (In Russ.)
7. Bogush AA. Meat quality and preventive measures for sarcocystosis. In: *Veterinarnaya nauka proizvodstvu* [Veterinary science of production]. Minsk; 1983. p.149—151. (In Russ.)
8. Seregin IG, Usha BV. *Laboratornye metody v veterinarno-sanitarnoi ekspertize pishchevogo syr'ya i gotovykh produktov* [Laboratory methods in veterinary sanitary examination of food raw materials and finished products]. Saint Petersburg: RAPP Publ.; 2008. (In Russ.)

#### Об авторах:

Серегин Иван Георгиевич — кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127750, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: iseregin@rgau-msha.ru  
Баранович Евгения Сергеевна — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени

К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127750, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: baranovich-evgeniya@mail.ru

*Никитченко Владимир Ефимович* — доктор ветеринарных наук, профессор департамента ветеринарной медицины, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2, e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru

*Никитченко Дмитрий Владимирович* — доктор биологических наук, профессор департамента ветеринарной медицины, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; главный ветеринарный врач, ОАО «Останкинский мясоперерабатывающий комбинат», Российская Федерация, 127254, г. Москва, пр-д Огородный, стр. 14; e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru

*Рысцова Екатерина Олеговна* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент департамента ветеринарной медицины, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2 e-mail: rystsova\_eo@pfur.ru

#### **About authors:**

*Seregin Ivan Georgievich* — Candidate of veterinary sciences, Professor, Department of morphology and veterinary-sanitary examination, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127750, Russian Federation; e-mail: iseregin@rgau-msha.ru

*Baranovich Evgenia Sergeevna* — Candidate of veterinary Sciences, Associate Professor, Department of morphology and veterinary-sanitary examination, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127750, Russian Federation; e-mail: Baranovich-Evgeniya@mail.ru

*Nikitchenko Vladimir Efimovich* — Doctor of veterinary sciences, Professor, Department of veterinary medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru

*Nikitchenko Dmitry Vladimirovich* — Doctor of biological sciences, Professor, Department of veterinary medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; Chief Veterinarian, Oostankino Meat Processing Plant, 14, Ogorodny passage, Moscow, 127254, Russian Federation; e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru

*Rystsova Ekaterina Olegovna* — Candidate of agricultural sciences, Associate professor, Department of veterinary medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia, 8/2, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: rystsova\_eo@pfur.ru