



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2019 Том 14 № 2

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2

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: pluishchikov-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

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

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

Дубенок 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

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

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

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 В.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

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

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

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

Языки: русский, английский.

Индексируется в РИНЦ (НЭБ), 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 исследований 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 эфирно-масличные 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 микотоксинологией 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: *К.В. Зенкин, М.И. Яблонская, О.В. Горячева*

Компьютерная верстка: *Е.П. Довголевская*

Адрес редакции:

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3

Тел.: (495) 955-07-16; e-mail: ipk@rudn.ru

Почтовый адрес редакции

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2

Тел.: (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Подписано в печать 21.06.2019. Выход в свет 28.06.2019. Формат 70×100/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 9,30. Тираж 500 экз. Заказ № 631. 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; ipk@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2019 VOLUME 14 No. 2
DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2
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: plushchikov-vg@rudn.ru

DEPUTY CHIEF EDITOR

D-r 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

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

A.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

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. Vatnikov, Professor, Dr of Veterinary Sciences, Veterinary Medicine of ATI, RUDN University, Moscow, 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

Languages: Russian, English

Indexed/abstracted by Russian Science Citation Index (elibrary.ru), Cyberleninka, DOAJ, CABI, Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost.

Aims and Scope

RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries is an 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 *K.V. Zenkin, M.I. Yablonskaya, O.V. Goryacheva*
Computer design *E.P. Dovgolevskaya*

Address of the Editorial Board:

3 Ordzhonikidze str., 115419 Moscow, Russian Federation

Ph. +7 (495) 952-04-41

e-mail: ipk@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

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: ipk@rudn.ru

СОДЕРЖАНИЕ

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Nyadar P.M., Razo Sh.** DNA insecticides as an emerging tool for plant protection and food security strategies (ДНК-инсектициды как новое направление в защите растений и обеспечении продовольственной безопасности) 105
- Burlutskiy V.A., Mazurov V.N., Osokin I.E., Peliy Aleksandr F., Semeshkina P.S., Borodina E.S., Gins M.S., Peliy Aleksey F.** Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region (Особенности развития и использования синатропных фитоценозов с комплексной инвазией в условиях Калужской области) 114
- Булахтина Г.К., Кудряшов А.В., Кудряшова Н.И.** Влияние различных способов посева и орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании 123
- Sekirnikov A.E., Sedov V.V., Shapovalov V.F.** Yield and quality of potato tubers depending on a complex of chemicals applied under radioactive contamination (Продуктивность и качество клубней картофеля в зависимости от комплекса применяемых средств химизации в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов) 133
- Ребух Н.Я., Политыко П.М., Капранов В.Н., Киселев Е.Ф.** Вынос элементов питания и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов озимой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности 142

БОТАНИКА

- Dubenok N.N., Kuzmichev V.V., Lebedev A.V.** Ecological functions of forest stands in urbanized environment of Moscow (Экологические функции древостоев в условиях урбанизированной среды на примере города Москвы) 154

ВЕТЕРИНАРИЯ

- Волкова Н.А., Ветох А.Н., Волкова Л.А., Зиновьева Н.А.** Эффективность использования лентивирусных векторов для трансформации сперматогенных клеток семенника петухов *in vivo* 162

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА

- Серегин И.Г., Никитченко Д.В., Леонтьев Л.Б., Акулич О.А.** Совершенствование лабораторного контроля сливочного масла 170

CONTENTS

CROP PRODUCTION

- Nyadar P.M., Razo Sh.** DNA insecticides as an emerging tool for plant protection and food security strategies 105
- Burlutskiy V.A., Mazurov V.N., Osokin I.E., Peliy Aleksandr F., Semeshkina P.S., Borodina E.S., Gins M.S., Peliy Aleksey F.** Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region 114
- Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V., Kudryashova N.I.** Effect of sowing type and irrigation method on productivity of legume-bluegrass mixtures under multiple cutting 123
- Sekirnikov A.E., Sedov V.V., Shapovalov V.F.** Yield and quality of potato tubers depending on a complex of chemicals applied under radioactive contamination 133
- Rebukh N.Y., Polityko P.M., Kapranov V.N., Kiselev E.F.** Nutrient removal and payback of mineral fertilizers by harvest of winter wheat varieties under technologies of different intensity levels 142

BOTANY

- Dubenok N.N., Kuzmichev V.V., Lebedev A.V.** Ecological functions of forest stands in urbanized environment of Moscow 154

VETERINARY SCIENCE

- Volkova N.A., Vetokh A.N., Volkova L.A., Zinovieva N.A.** The efficiency of use lentiviral vectors for the transformation of rooster spermatogenic cells *in vivo* 162

VETERINARY SANITARY INSPECTION

- Seregin I.G., Nikitchenko D.V., Leont'ev L.B., Akulich O.A.** Improving laboratory control of butter 170



РАСТЕНИЕВОДСТВО CROP PRODUCTION

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-105-113

Review article

DNA insecticides as an emerging tool for plant protection and food security strategies

Palmah M. Nyadar*, Shyatesa Razo

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

*Corresponding author: biopalmgene@gmail.com

Abstract. A large number of plant diseases and damages are caused by insects and insect vectors of plant pathogens, leading to the serious threats facing plant protection and food security. The access to safe and nutritiously high-quality food is essential for human growth and development. This translates to a well-developed society with systematically organized efforts for maintenance and increased food production or supply to meet the continuous growing demand. The effects of environmental, biological, chemical, political and socioeconomic factors have all contributed to the present nature of food dynamics, its availability, supply and security. Hence, the development of safe bio-based substances should be prioritized for precise and effective use in plant protection strategies. This review examines the sequential results of the insecticidal potentials of unmodified short single-stranded DNA fragments used as DNA insecticides, and emerging tool for safe plant protection strategy.

Keywords: plant protection, food production and security, IAP genes, biopesticides, DNA insecticides

Introduction

The outright challenge of the constant flow of a nutritionally balanced diet available for a given population to aid growth, socioeconomic development and productivity at large, calls for a continuous exigent integration of all sectors of research, this coalition will make certain food security at the optimum level.

The increasing demand for safe and quality food is directly proportional to the growing population of the world. Today we have enough food to meet the world's needs. Indeed, we have an extraordinary global food system that brings food from all over the planet, with some countries leading better than others (Fig. 1) for consumers who can afford to buy it [1]. However, a significant amount of the human population still

© Nyadar P.M., Razo Sh., 2019.



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

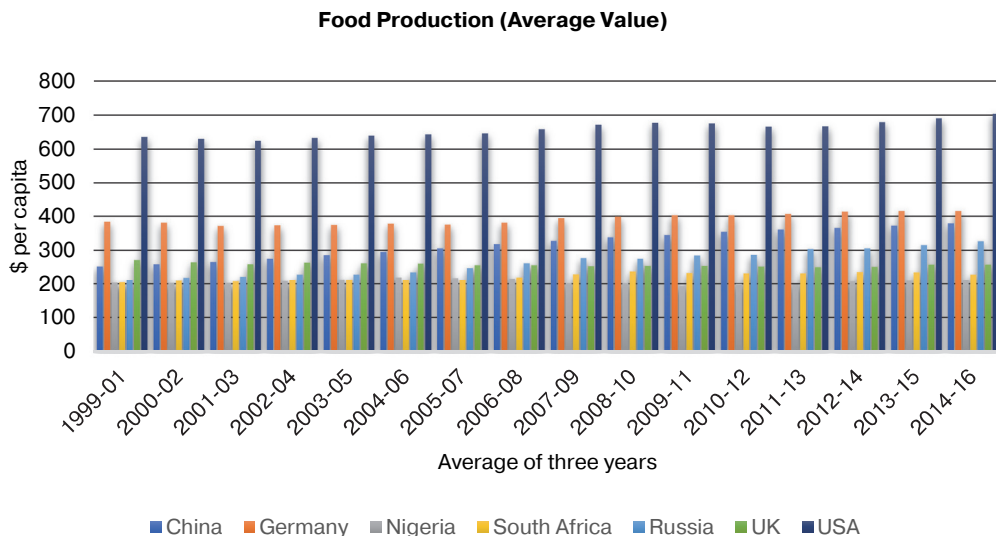


Fig. 1. Food security indicator showing the average value of food production for an individual, using the course of three years as a constant.

The data provides a comparable estimation of food production in different economies of the world (<http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/ess-fadata/en>).

do not have access to drinking water, food and arable land or environment [2—4]. These results to less intensively grown plants that serves as food source and nutrition requirements in some areas of the globe. Plant protection can be threatened by abiotic and biotic factors. These biotic constraints, such as insect pests, can at times seriously compromise food production and security.

In the 1970s a concept of food security was introduced in the discussions of international and national food trouble during a period of world food crisis, which focused on the attention of structural food supply, and to assure to some degree the provision and stable price index basic foodstuffs at all levels [5]. Analyses of the United Nations projections indicate that the human population will expand from roughly 7.2 billion today to 9.6 billion in 2050 and 10.9 billion by 2100 [6, 7]. This implies that, the more population the higher the food demand and the greater intensity of food security to prevent global food crisis.

One of the major challenges of plant protection and food security in the world today is insect pest management [8—10]. Insects can be found almost everywhere, both in terrestrial habitats as well as every fresh-water habitat, they are the most diverse group of living things in the world [11]. Some insects have coevolved with humans and have been associated with significant roles since the start of modern agriculture, with a large number of them becoming natural rivals and causing damages to plants grown for human food [12—14]. Though some insects can be beneficial in agriculture, a number of them are destructive to plants and their products.

Insects coexist with baculoviruses [15, 16], a pathogenic virus that can be utilized as a control substance [17]. These viruses are insect-host specific, circular and super coiled double-stranded DNA genomes in a range of ca. 80 to 180-kbp [18]. There is up to 600 and more baculoviruses originating from insect orders of Lepidoptera, Hymenoptera and Diptera (butterflies and moths, sawflies, and mosquitoes respectively) [15].

Baculoviruses are characteristically rod-shaped like nucleocapsids, known as “*baculum*” in latin, that are as long as 230—385 nanometre (nm) and as wide as 40—60 nanometre (nm) [18]. They have enveloped virions, also having phenotypes that are occlusion derived virus (ODV) and budded virus (BV). These virions share same genome properties but differ in composition and morphogenesis of their functions during the life cycle of the virus. Their environmental stability as well as their infectivity in target insects, are generally different [19]. The nature of baculoviruses have provided a platform for studies and trials on insect pests control [19—21], and maximum positive results of control programs based on baculoviruses will depend upon joint efforts among research institutes, governments, companies and growers’ associations [19]. So far, studies on modern insecticides termed DNA insecticides created from unmodified short single-stranded DNA oligonucleotides of IAP genes of baculoviruses are being considered as an emerging tool for plant protection and food security.

DNA Insecticides, current status and future prospects

DNA insecticide is a developing contemporary approach for plant protection and insect pest management [20, 22]. Based on 18—20 nucleotides long unmodified DNA fragments of viral inhibitor of apoptosis (IAP) genes, DNA insecticides can be used to significantly manage its target insect-host. The action of DNA insecticides is attributed to its ability to interfere with target gene expression [23—25]. Recent studies show that topical application of DNA insecticides designed from IAP-2 and IAP-3 genes of LdMNPV (*Lymantria dispar* Multicapsid Nuclear Polyhedrosis Virus), decreases the population of gypsy moth (*Lymantria dispar*) caterpillars, an insect pest with damaging effects on forest trees of economic importance, located mostly in North America and Eurasia [26, 27]. Another study indicated that DNA insecticides from DIAP-2 (*Drosophila* inhibitor of apoptosis) genes used on the larvae of fruit fly (*Drosophila melanogaster*) interfered with DIAP-2 gene expression [23], suppressing the development female fruit flies. This phenomenon was also observed in gypsy moth larvae treated with DNA insecticides from LdMNPV IAP-3 genes where the target IAP-Z gene was interfered with in female gypsy moth larvae [27]. The actions of DNA insecticides majorly from the antisense fragments indicated that it acts as RNase H-dependent oligonucleotides that promote the degradation of target mRNA and can be effectively utilized against target insect pests.

In addition, further studies of DNA insecticides on non-target plant organisms like common wheat *Triticum aestivum*, apple seedlings *Malus domestica* and oak leaves *Quercus robur* showed that DNA insecticides are safe and not harmful to non-target (plants) organisms [28, 29]. This implies that DNA insecticides designed from specific baculovirus affect only its host insect, a characteristic nature of modern insecticides that are insect-specific and engineered for plant protection that will support food security strategies.

The practical advantage in the use of 18—20 nucleotides long insect-specific DNA insecticides is in its cost-efficiency, which implies the ease of synthesis with minimal hands-on participation. However, the development of DNA insecticides is still at an early state, even though there are ongoing studies to expand this idea. The ease of creating DNA insecticides will be advantageous especially for mainstream production, for large scale plant protection.

Additionally, the application of DNA insecticides by contact or oral means is convenient to control and maintain insect pest control of crops as well as economic plants. In the situation where DNA insecticides may be used against feeding insects such as adult beetles, their chitinous covering could protect them from contact with the insecticide [25]. Nevertheless, DNA insecticides have demonstrated strong potency for the management of the larval stage of lepidopteran pest such as gypsy moth (*Lymantria dispar*), especially during early larval instars, in their unprotected exoskeleton form. The use of unmodified short single-stranded DNA fragments from conservative IAP genes as insecticides could reduce insect resistance because of the low potential of mutation in the conservative regions of the host insect. The approach of DNA insecticides is of immense value, and elaborations in this field may lead to a very safe and cheap bioinsecticides with high potency for sustained plant protection and food security.

Conclusions

Insect pests have significantly contributed to food shortage by destroying crops and affecting their produce, leading to food insecurity both in developing and industrialized parts of the world. Hence, for effective food security strategies, there is need for integrated methods and tools for plant protection. DNA insecticides are presented as a developing tool for plant protection, and the potency recorded for insect-specific action especially against *Lymantria dispar* implies that insecticides based on short single stranded DNA oligonucleotides from conservative genes of insect baculovirus have the potential to pave a way for the creation of new forms of biological substances to control insect pests. The use of insect viral inhibitor of apoptosis gene fragments is relatively new as a modern tool that is eco-friendly, fast-acting, target-specific, and safe for non-target organisms. DNA insecticides encodes traits that are favourable for plant protection and food security.

REFERENCES

1. Fedoroff NV. Food in a future of 10 billion. *Agriculture & Food Security*. 2015; 4(1):11. Available from: doi: 10.1186/s40066-015-0031-7.
2. Christou P, Twyman RM. The potential of genetically enhanced plants to address food insecurity. *Nutrition research reviews*. 2004; 17(1):23—42. Available from: doi: 10.1079/NRR200373.
3. FAO. *The State of Food Insecurity in the World (SOFI)*. Available from: www.fao.org/FOCUS/E/SOFI00/SOFI001-e.htm. [Accessed 11 January 2018].
4. James CL. Global food security. In: *Abstracts, 7th International Congress of Plant Pathology*. Edinburgh, UK; 1998. No 4.1.
5. Maxwell S. Food security: a post-modern perspective. *Food policy*. 1996; 21(2):155—170. Available from: doi: 10.1016/0306-9192(95)00074-7.
6. DESA. *World population prospects: the 2012 revision*. Department of Economic and Social Affairs, United Nations; 2013. Working Paper No. ESA/P/WP.228.
7. Gerland P, Raftery AE, Ševčíková H, Li N, Gu D, Spoorenberg T, et al. World population stabilization unlikely this century. *Science*. 2014; 346(6206):234—237. Available from: doi: 10.1126/science.1257469.
8. Brzozowski L, Mazourek M. A sustainable agricultural future relies on the transition to organic agroecological pest management. *Sustainability*. 2018; 10(6):2023. Available from: doi: 10.3390/su10062023.
9. Juroszek P, von Tiedemann A. Plant pathogens, insect pests and weeds in a changing global climate: A review of approaches, challenges, research gaps, key studies and con-

- cepts. *Journal of Agricultural Sciences*. 2013; 151(2):163—188. Available from: doi: 10.1017/S0021859612000500.
10. Oberemok VV, Skorokhod OA. Single-stranded DNA fragments of insect-specific nuclear polyhedrosis virus act as selective DNA insecticides for gypsy moth control. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2014; 113:1—7. Available from: doi: 10.1016/j.pestbp.2014.05.005.
 11. May RM. How many species are there on earth? *Science (Washington)*. 1988; 241(4872): 1441—1449. Available from: doi: 10.1126/science.241.4872.1441.
 12. Dhaliwal GS, Vikas J, Dhawan AK. Insect pest problems and crop losses: changing trends. *Indian Journal of Ecology*. 2010; 37(1):1—7.
 13. Oerke EC. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*. 2006; 144(1):31—43. Available from: doi: 10.1017/S0021859605005708.
 14. Pan P, Qin Y. Genotypic diversity of soybean in mixed cropping can affect the populations of insect pests and their natural enemies. *International Journal of Pest Management*. 2014; 60(4):287—292. Available from: doi: 10.1080/09670874.2014.974725.
 15. Herniou EA, Arif BM, Becnel JJ, Blissard GW, Bonning B, Harrison RL, et al. Baculoviridae. In: King AMQ, Adams MJ, Carstens EB, Lefkowitz EJ. (eds.) *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Oxford: Elsevier; 2011. p. 163—174.
 16. Herniou EA, Olszewski JA, O'reilly DR, Cory JS. Ancient coevolution of baculoviruses and their insect hosts. *Journal of Virology*. 2004; 78(7):3244—3251. Available from: doi: 10.1128/JVI.78.7.3244-3251.2004.
 17. Rohrmann GF. *Baculovirus Molecular Biology*. 3rd ed. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US); 2013.
 18. Pineda A, Kaplan I, Bezemer TM. Steering soil microbiomes to suppress aboveground insect pests. *Trends in Plant Science*. 2017; 22(9):770—778. Available from: doi: 10.1016/j.tplants.2017.07.002.
 19. Haase S, Sciocco-Cap A, Romanowski V. Baculovirus insecticides in Latin America: historical overview, current status and future perspectives. *Viruses*. 2015; 7(5):2230—2267. Available from: doi: 10.3390/v7052230.
 20. Nyadar PM, Zaitsev AS, Adeyemi TA, Shumskykh MN, Oberemok VV. Biological control of gypsy moth (*Lymantria dispar*): an RNAi-based approach and a case for DNA insecticides. *Archives of Biological Sciences*. 2016; 68(3):677—683. Available from: doi: 10.2298/ABS150828041N.
 21. Oberemok V, Nyadar P, Zaitsev O, Levchenko N, Shiytum H, Omelchenko O. Pioneer evaluation of the possible side effects of the DNA insecticides on wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Biochemistry and Biophysics*. 2013; 1:57—63. Available from: doi: 10.13189/ijbb.2013.010302.
 22. Oberemok VV, Nyadar PM. Investigation of mode of action of DNA insecticides on the basis of LdMNPV IAP-3 gene. *Turkish Journal of Biology*. 2015; 39:258—264. Available from: doi: 10.3906/biy-1406-56.
 23. Nyadar PM, Oberemok VV, Zubarev IV. A small molecule for a big transformation: topical application of a 20-nucleotide-long antisense fragment of the DIAP-2 gene inhibits the development of *Drosophila melanogaster* female imagos. *Archives of Biological Sciences*. 2018; 70(1):33—39. Available from: doi: 10.2298/ABS170302023N.
 24. Oberemok VV, Laikova KV, Zaitsev AS, Shumskykh MN, Kasich IN, Gal'chinsky NV, et al. Molecular alliance of *Lymantria dispar* multiple nucleopolyhedrovirus and a short unmodified antisense oligonucleotide of its anti-apoptotic IAP-3 gene: a novel approach for gypsy moth control. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017; 18(11):2446. Available from: doi: 10.3390/ijms18112446.
 25. Oberemok VV, Laikova KV, Zaitsev AS, Nyadar PM, Shumskykh MN, Gninenko YI. DNA insecticides based on *iap3* gene fragments of cabbage looper and gypsy moth nuclear polyhedrosis viruses show selectivity for non-target insects. *Archives of Biological Sciences*. 2015; 67(3):785—792. Available from: doi: 10.2298/ABS141230037O.

26. Nyadar PM, Adeyemi TA. DNA insecticides: the lethal potency of LdMNPV IAP-2 gene antisense oligonucleotides in pre-infected gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) larvae. *International Journal of Pest Management*. 2018; 64(2):173—177. Available from: doi: 10.1080/09670874.2017.1359432.
27. Oberemok VV, Laikova EV, Zaytsev AS, Nyadar PM, Gushchin VA, Makarov VV, et al. Creation of DNA insecticides is a new direction in plant protection. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine]. 2016; (11):14—16. (In Russ).
28. Susurluk H, Toprak U, Gürkan MO. Concentration of sodium dodecyl sulfate used in occlusion body extraction affects *Spodoptera littoralis* nucleopolyhedrovirus biological activity. *Turkish Journal of Biology*. 2013; 37:171—175. Available from: doi: 10.3906/biy-1204-50.
29. Zaitsev AS, Omel'chenko OV, Nyadar PM, Oberemok VV. Influence of DNA oligonucleotides used as insecticides on biochemical parameters of *Quercus robur* and *Malus domestica*. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 2015; 8(2):37—46.

Article history:

Received: 15 April 2019

Accepted: 16 May 2019

About authors:

Nyadar Palmah Mutah — trainee, Agrobiotechnological Department, Agrarian and Technological Institute, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: biopalmgene@gmail.com

Razo Shyatesa — postgraduate student, Agrobiotechnological Department, Agrarian and Technological Institute, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: razo_sh@rudn.university

For citation:

Nyadar PM, Razo Sh. DNA insecticides as an emerging tool for plant protection and food security strategies. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2019; 14(2): 105—113. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-105-113.

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-105-113

Обзорная статья

ДНК-инсектициды как новое направление в защите растений и обеспечении продовольственной безопасности

П.М. Ниадар*, Ш. Разо

Российский университет дружбы народов,

Москва, Российская Федерация

*biopalmgene@gmail.com

Большое число повреждений растений вызывается насекомыми, которые могут одновременно являться как вредителями, так и переносчиками болезней, что создает серьезные проблемы продовольственной безопасности. Крайне важным для человеческого роста и развития является доступ

к безопасным и высококачественным продуктам питания. Это становится залогом развития общества потребителей с высокими требованиями к качеству продуктов питания и, в конечном итоге, приводит к постоянно растущему спросу на подобную продукцию. Влияние экологических, биологических, химических, политических и социально-экономических факторов способствовало формированию современного продовольственного рынка, его доступности и безопасности. Именно поэтому разработка безопасных биологических препаратов становится сегодня приоритетом в современной системе защитных мероприятий. Данная работа систематизирует отдельные результаты по исследованию защитных свойств немодифицированных коротких одноцепочечных фрагментов ДНК, используемых в качестве инсектицидов, как новый инструмент в системе защиты растений.

Ключевые слова: защита растений, продовольственная безопасность, IAP гены, биопестициды, ДНК-инсектициды

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Fedoroff N.V. Food in a future of 10 billion // *Agriculture & Food Security*. 2015. Vol. 4. № 1. P. 11. doi: 10.1186/s40066-015-0031-7.
2. Christou P., Twyman R.M. The potential of genetically enhanced plants to address food insecurity // *Nutrition research reviews*. 2004. Vol. 17. № 1. P. 23—42. doi: 10.1079/NRR200373.
3. FAO. The State of Food Insecurity in the World (SOFI). Режим доступа: www.fao.org/FOCUS/E/SOFI00/SOFI001-e.htm. [Дата обращения 11.01.2018].
4. James C.L. Global food security // *Abstracts, 7th International Congress of Plant Pathology*. Edinburgh, UK, 1998. No 4.1.
5. Maxwell S. Food security: a post-modern perspective // *Food policy*. 1996. Vol. 21. № 2. P. 155—170. doi: 10.1016/0306-9192(95)00074-7.
6. DESA. World population prospects: the 2012 revision. Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2013. Working Paper No. ESA/P/WP.228.
7. Gerland P., Raftery A.E., Ševčíková H., Li N., Gu D., Spoorenberg T., et al. World population stabilization unlikely this century // *Science*. 2014. Vol. 346. № 6206. P. 234—237. doi: 10.1126/science.1257469.
8. Brzozowski L., Mazourek M. A sustainable agricultural future relies on the transition to organic agroecological pest management // *Sustainability*. 2018. Vol. 10. № 6. P. 2023. doi: 10.3390/su10062023.
9. Juroszek P., von Tiedemann A. Plant pathogens, insect pests and weeds in a changing global climate: A review of approaches, challenges, research gaps, key studies and concepts // *Journal of Agricultural Sciences*. 2013. Vol. 151. № 2. P. 163—188. doi: 10.1017/S0021859612000500.
10. Oberemok V.V., Skorokhod O.A. Single-stranded DNA fragments of insect-specific nuclear polyhedrosis virus act as selective DNA insecticides for gypsy moth control // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2014. Vol. 113. P. 1—7. doi: 10.1016/j.pestbp.2014.05.005.
11. May R.M. How many species are there on earth? // *Science (Washington)*. 1988. Vol. 241. № 4872. P. 1441—1449. doi: 10.1126/science.241.4872.1441.
12. Dhaliwal G.S., Vikas J., Dhawan A.K. Insect pest problems and crop losses: changing trends // *Indian Journal of Ecology*. 2010. Vol. 37. № 1. P. 1—7.
13. Oerke E.C. Crop losses to pests // *The Journal of Agricultural Science*. 2006. Vol. 144. № 1. P. 31—43. doi: 10.1017/S0021859605005708.
14. Pan P., Qin Y. Genotypic diversity of soybean in mixed cropping can affect the populations of insect pests and their natural enemies // *International Journal of Pest Management*. 2014. Vol. 60. № 4. P. 287—292. doi: 10.1080/09670874.2014.974725.
15. Herniou E.A., Arif B.M., Becnel J.J., Blissard G.W., Bonning B., Harrison R.L., et al. Baculoviridae // *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses / King A.M.Q., Adams M.J., Carstens E.B., Lefkowitz E.J. (eds.) Oxford: Elsevier, 2011. pp. 163—174.*

16. Herniou E.A., Olszewski J.A., O'reilly D.R., Cory J.S. Ancient coevolution of baculoviruses and their insect hosts // *Journal of Virology*. 2004. Vol. 78. № 7. P. 3244—3251. doi: 10.1128/JVI.78.7.3244-3251.2004.
17. Rohrmann G.F. *Baculovirus Molecular Biology*. 3rd ed. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US), 2013.
18. Pineda A., Kaplan I., Bezemer T.M. Steering soil microbiomes to suppress aboveground insect pests // *Trends in Plant Science*. 2017. Vol. 22. № 9. P. 770—778. doi: 10.1016/j.tplants.2017.07.002.
19. Haase S., Sciocco-Cap A., Romanowski V. Baculovirus insecticides in Latin America: historical overview, current status and future perspectives // *Viruses*. 2015. Vol. 7. № 5. P. 2230—2267. doi: 10.3390/v7052230.
20. Nyadar P.M., Zaitsev A.S., Adeyemi T.A., Shumskykh M.N., Oberemok V.V. Biological control of gypsy moth (*Lymantria dispar*): an RNAi-based approach and a case for DNA insecticides // *Archives of Biological Sciences*. 2016. Vol. 68. № 3. P. 677—683. doi: 10.2298/ABS150828041N.
21. Oberemok V., Nyadar P., Zaitsev O., Levchenko N., Shiytum H., Omelchenko O. Pioneer evaluation of the possible side effects of the DNA insecticides on wheat (*Triticum aestivum* L.) // *International Journal of Biochemistry and Biophysics*. 2013. Vol. 1. P. 57—63. doi: 10.13189/ijbb.2013.010302.
22. Oberemok V.V., Nyadar P.M. Investigation of mode of action of DNA insecticides on the basis of LdMNPV IAP-3 gene // *Turkish Journal of Biology*. 2015. Vol. 39. P. 258—264. doi: 10.3906/biy-1406-56.
23. Nyadar P.M., Oberemok V.V., Zubarev I.V. A small molecule for a big transformation: topical application of a 20-nucleotide-long antisense fragment of the DIAP-2 gene inhibits the development of *Drosophila melanogaster* female imagoes // *Archives of Biological Sciences*. 2018. Vol. 70. № 1. P. 33—39. doi: 10.2298/ABS170302023N.
24. Oberemok V.V., Laikova K.V., Zaitsev A.S., Shumskykh M.N., Kasich I.N., Gal'chinsky N.V., et al. Molecular alliance of *Lymantria dispar* multiple nucleopolyhedrovirus and a short unmodified antisense oligonucleotide of its anti-apoptotic IAP-3 gene: a novel approach for gypsy moth control // *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18. № 11. P. 2446. doi: 10.3390/ijms18112446.
25. Oberemok V.V., Laikova K.V., Zaitsev A.S., Nyadar P.M., Shumskykh M.N., Gninenko Y.I. DNA insecticides based on *iap3* gene fragments of cabbage looper and gypsy moth nuclear polyhedrosis viruses show selectivity for non-target insects // *Archives of Biological Sciences*. 2015. Vol. 67. № 3. P. 785—792. doi: 10.2298/ABS141230037O.
26. Nyadar P.M., Adeyemi T.A. DNA insecticides: the lethal potency of LdMNPV IAP-2 gene antisense oligonucleotides in pre-infected gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) larvae // *International Journal of Pest Management*. 2018. Vol. 64. № 2. P. 173—177. doi: 10.1080/09670874.2017.1359432.
27. Oberemok V.B., Лайкова Е.В., Зайцев А.С., Ниадар П.М., Гуцин В.А., Макаров В.В. и др. Создание ДНК-инсектицидов-новое направление в защите растений // *Защита и карантин растений*. 2016. № 11. С. 14—16.
28. Susurluk H., Toprak U., Gürkan M.O. Concentration of sodium dodecyl sulfate used in occlusion body extraction affects *Spodoptera littoralis* nucleopolyhedrovirus biological activity // *Turkish Journal of Biology*. 2013. Vol. 37. P. 171—175. doi: 10.3906/biy-1204-50.
29. Zaitsev A.S., Omel'chenko O.V., Nyadar P.M., Oberemok V.V. Influence of DNA oligonucleotides used as insecticides on biochemical parameters of *Quercus robur* and *Malus domestica* // *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 2015. Vol. 8. № 2. P. 37—46.

История статьи:

Поступила в редакцию: 15 апреля 2019 г.

Принята к публикации: 16 мая 2019 г.

Об авторах:

Ниадар Палма Мута — стажер Агробиотехнологического департамента, Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: biopalmgene@gmail.com

Разо Шиагесса — аспирант Агробиотехнологического департамента, Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов; Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: razo_sh@rudn.university

Для цитирования:

Nyadar P.M., Vvedensky V.V., Pakina E.N., Razo Sh. DNA insecticides as an emerging tool for plant protection and food security strategies // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 105—113. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-105-113.

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-114-122

Research article

Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region

Valeriy A. Burlutskiy¹, Vladimir N. Mazurov¹, Ivan E. Osokin²,
Aleksandr F. Peliy^{3*}, Polina S. Semeshkina¹, Ekaterina S. Borodina⁴,
Murat S. Gins⁵, Aleksey F. Peliy⁴

¹Kaluga Research Institute of Agriculture, Kaluga region, Russian Federation

²Branch of Rosselkhozcenter on Tver Region, Tver, Russian Federation

³Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
Moscow, Russian Federation

⁴Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

⁵Federal Scientific Center of Vegetable Growing,
Moscow region, Russian Federation

*Corresponding author: kaluga-peliy@yandex.ru

Abstract. Currently, less than 33% of arable land is used in Meshchovskoye Opolye. Optimizing technology elements of resource-saving development of synanthropic fallow phytocenoses with complex invasion is relevant. The article is devoted to analysis of development of self-organizing phytocenoses with varying invasion degrees and their use on lands temporarily withdrawn from active agricultural use. Field experiments were carried out on postagrogenic gray forest loamy soils in Kaluga Research Institute of Agriculture in 2006—2018. Influence of mineral fertilizers as an optimization element of technology of fallow development was studied using transects and permanent survey sites on the area of 12.0 ha. The reasons for change in productivity and its determining elements in hayfields in autogenous — allogenic phytocenoses were analysed. We established that economic value of plant communities was determined by potential of constituent species and variability of their productivity in years with various environmental conditions. 12 years later phytocenoses become homogeneous and consist of 10—12 main plant species, determining green mass productivity by 75%. Compared to native species invasive plant species have 1.4—2.0 fold higher productivity which accounts for 60% and more productivity of phytocenoses. Transforming role of *Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. and *Solidago gigantea* Ait. on their expansion into aboriginal herb (share in mowed mass — 40% or more) communities was shown; their high adaptive potential for ecological-soil conditions of Meshchovskoye Opolye (center of Nonchernozem Zone of Russia) was established. Application of mineral fertilizers (P₄₀K₉₀) in the secondary *Trifolium* medium phytocenoses (more than 40%) contributed to 2.4-fold increase in its productivity (from 1.38 to 3.29 kg/m²) and increased productivity stability by 60%, reducing low-value species in crop structure by 1.6 times. The total area of cenopopulations increased by 10.4—21.5%, yields — from 2.31 to 4.41 kg/m².

Keywords: fallow lands, gray forest soils, synanthropic phytocenoses, invasive species, mineral fertilizers, productivity

© Burlutskiy V.A., Mazurov V.N., Osokin I.E., Peliy Aleksandr F., Semeshkina P.S., Borodina E.S., Gins M.S., Peliy Aleksey F., 2019.



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

Introduction

Opolye is one of the most fertile type of lands in the central region of Russia, 85% of which was used for agriculture in the second half of the 20th century. Currently, less than 33% of arable land is used in Meshchovskoye Opolye. The regional government together with the Ministry of Agriculture of the Russian Federation pays special attention to the solution of this issue; however, the efficiency remains low. Some features of development of secondary meadow phytocenoses and their cultivation have been revealed [1—7]. There is an insufficient amount of research on optimization of technology for resource-saving development of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region.

Materials and methods

Experiments were conducted on derelict lands with gray forest loamy soils in 2006—2018. Evolution of secondary phytocenoses and developing alternative technologies for accelerated cultivation of fallow lands in Kaluga Research Institute of Agriculture were studied. The monitoring site was located on a gently sloping gulch of floodplain terrace of the Vyssa river within the moderately eroded slope of the south-east exposure. 2 parallel transects were laid at a distance of 50 m from each other on the area of more than 12.0 ha to study allogeneic series. Each transect had 10 permanent plots with 250 m² in area which were at a distance of 100 m from each other. Effect of mineral fertilizers in doses of P₄₀K₆₀ and P₄₀K₉₀ on productivity and structure of synanthropic phytocenoses was studied.

Results and discussion

By 2018 phytocenoses had been formed with varying weed invasion level. Initial stages (up to 2—3 years of development) were classified as *Stellarietea mediae* Tx. et al. Ex von Rochow 1951, and later ones — *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. Ex von Rochow 1951 [8]. The series developed in reserve mode from the bank of diaspores after turf development had a common floristic core with previous phytocenoses and were represented mainly by agrobiological group of motley grasses (55%). The most common groups consisted of aboriginal and adventitious species in varying quantities. Such transformers as *E. canadensis*, *L. polyphyllus* and *S. gigantea* developed successfully spreading freely throughout the Kaluga region [9]. 12 years later the phytocenoses became homogeneous and consisted of 10—12 main plant species, determining green mass productivity by 75%, and adventitious species — by 35% (Table 1).

The phytocenoses of *Indemutatio quarolis* were determined by potential of individual plant species during their full vegetative development, and by variability of productivity in years with different environmental conditions. The communities of *L. polyphyllus* and *S. gigantea* were less dependent on such influences, while agriophyte *E. canadensis* contributed to the formation of their expansion boundaries. The highest variability of productivity was observed for indigenous species (average 35.99%), ranging from 18.66% for *C. epigeios* to 56.31% for *H. perforatum*. Productivity of adventitious species was characterized by lower variation — from 19.83% in *E. canadensis* to 22.72% in *S. gigantea*. Yields of invasive species significantly

Table 1

**Cenopopulation structure and characteristics
of invasive secondary meadow phytocenosis, June 2014—2018**

Species / group	Productivity, kg/m ²				W, %
	$M \pm m$	max	min	Cv, %	
Phytocenosis	2.08 ± 0.36	2.39	1.68	34.32	100.00
Main components:	1.74 ± 0.25	2.01	1.42	28.81	83.84
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	0.39 ± 0.07	0.43	0.33	18.66	18.54
<i>Erigeron canadensis</i> L. AiN. S-2	0.32 ± 0.03	0.37	0.25	19.83	15.30
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl. CiN. S-1	0.21 ± 0.02	0.25	0.18	21.50	10.23
<i>Solidago gigantea</i> Ait. ACiN. S-1	0.16 ± 0.02	0.19	0.14	20.31	7.91
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	0.15 ± 0.02	0.17	0.12	22.72	7.01
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	0.13 ± 0.02	0.15	0.11	33.46	6.09
<i>Vicia sepium</i> L.	0.12 ± 0.02	0.14	0.09	34.77	5.71
<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	0.11 ± 0.02	0.13	0.08	40.87	5.08
<i>Hypericum perforatum</i> L.	0.07 ± 0.02	0.10	0.05	56.31	3.58
<i>Equisetum arvense</i> L.	0.06 ± 0.10	0.07	0.04	44.65	2.70
<i>Potentilla anserine</i> L.	0.04 ± 0.01	0.04	0.03	37.70	1.67

Note: A-CiN — Accidental & Cultivated alien Invasive Naturalization plants; Aliens. str. — invasive naturalized unintentionally and intentionally introduced species, S-1 — invasive status of transformer; S-2 — invasive status of agriophyte, according to Richardson et al. [11]; W, % — mass fraction in crop structure.

exceeded yields of native plant species. Close dependencies were observed between yields of phytocenoses and productivity of the group with dominant adventitious species ($r = 79.54 \pm 0.21$), area of subpopulations ($r = 91.21 \pm 0.18$), occurrence ($r = 87.47 \pm 0.19$) and stand height ($r = 85.15 \pm 0.19$). Introduction of the advents contributed to the rapid transformation of phytocenoses — reducing species diversity and simplifying phytocenose structure. Higher levels of specific productivity and stability of adventitious species can be considered as a manifestation of their adaptive potential to the ecological and soil conditions of Meshchovskoye Opolye.

The area of the most valuable feed groups of *Trifolium medium* in the composition of autogenous phytocenoses varied from 7.6 to 17.5% and averaged 11.0% per 1 ha of fallow lands in 2015–2018. Top mineral fertilizing contributed to the redistribution of quantitative and qualitative links between the phytocenosis elements [11–16]. Increase in fertilizer rates increased stability of their productivity. Application of ($P_{40}K_{90}$) resulted in increase in the total area of *T. medium* cenopopulations by 10.4–21.5% and yield increased from 2.31 to 4.41 kg/m². The specific productivity increased more than 2 times (Table 2).

Using phytocenoses as hayfields in their allogeneic series resulted in significant increase in phytocenotic stability of *T. medium*. The ratio of *T. medium* mass fraction to secondary species in structure of mowed mass increased from 1.5 to 3.0, and coefficient of *T. medium* productivity variation decreased from 61.84 to 38.45%. A close relationship was found between phytocenoses yields and *T. medium* specific productivity ($r = 0.82 \pm 0.18$), its share in the crop structure ($r = 0.94 \pm 0.08$) and stand height ($r = 0.57 \pm 0.20$). Productivity variability of secondary species was not significantly changed.

Structure and properties of *T. medium* phytocenoses, 2015–2018

Species / group	Productivity, kg/m ²				W, %
	$M \pm m$	max	min	Cv, %	
Natural soil fertility					
<i>T. medium</i> L. phytocenosis	2.31 ± 0.88	2.46	0.60	76.42	100.00
<i>T. medium</i> L.	1.38 ± 0.43	2.33	0.58	61.84	59.65
Secondary species	0.93 ± 0.37	2.67	0.31	79.20	40.35
P ₄₀ K ₆₀ fertilization					
<i>T. medium</i> L. phytocenosis	3.23 ± 0.96	4.75	0.77	59.45	100.00
<i>T. medium</i> L.	2.17 ± 0.60	3.42	0.65	57.28	67.18
Secondary species	1.06 ± 0.45	1.33	0.21	84.33	32.82
P ₄₀ K ₉₀ fertilization					
<i>T. medium</i> L. phytocenosis	4.41 ± 1.01	7.13	1.22	45.76	100.00
<i>T. medium</i> L.	3.29 ± 0.63	6.45	1.17	38.45	74.59
Secondary species	1.12 ± 0.45	2.69	0.38	81.06	25.41

CONCLUSIONS

Autogenous phytocenoses were established to be developed from a soil bank of diaspores formed by previous communities; therefore, they had a common floristic core and potential feeding value. Hay productivity was extremely low without the use of elements of surface improvement technology.

It has been revealed that invasive species: *Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. and *Solidago gigantea* Ait. got advantage during grass restoring process under conditions of Meshchovskoye Opolye. The plants gave the impression of being aboriginal and constituted more than 1/3 of mowed mass.

Application of mineral fertilizers (P₄₀K₉₀) in secondary *Trifolium medium* phytocenoses resulted in 1.9-fold increase in vegetative mass, 2-fold increase in *T. medium* specific productivity and 1.6-fold reduction of low-value species in crop structure.

REFERENCES

1. Akhromeev LM. *Nature, Genesis, Development History and Landscape Structure of the Opolees in Central Russia*. Bryansk: Bryansk State University Publ.; 2008. (In Russ).
2. Savich VI, Sychev VG, Zamaraev AG, Syunyaev NK, Nikolskii YN. *Energy assessment of soil fertility*. Moscow: VNIIA Publ.; 2007. (In Russ).
3. Mazurov VN, Burlutsky V., Semeshkina PS, Zavalin AA. The phytocenoses productivity and stability on the temporary withdrawal land from agriculture. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2017; (2):9—11. (In Russ).
4. Baranov SG, Bibik TS, Vinokurov IY. Testing stability of wheat development in agrophytocenoses of Vladimirsky Opolye. *Advances in current natural sciences*. 2018; (12-2):272—276. (In Russ).
5. Ustyuzhanina OA, Sokolova LA, Golofteeva AS, Burlutskiy VA. The effect of different mineral backgrounds on the crop yield and the coefficient of fluctuating asymmetry for the winter and spring wheat. *Regional Environmental Issues*. 2017; (3):99—102. (In Russ).
6. Kutuzova AA, Privalova KN, Teberdiev DM, Semenov NA, Raev AP, Lebedev DN. *Method of effective development of multi-age deposits based on multivariate technologies for pastures*

- and hayfields and sequence of their return to arable land in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation*. Moscow: Ugreshskaya tipografiya Publ.; 2017. (In Russ).
7. Dorogova YA, Zhukova LA, Turmuhametova NV, Polyanskaya TA, Notov AA, Dementyeva SM. Methods of Analysis of Environmental Diversity of Plants. *Biology and Medicine*. 2016; 8(7):354. Available from: doi: 10.4172/0974-8369.1000354.
 8. Ermakov NB. Prodrum of higher vegetation units in Russia. In: Mirkin BM, Naumova LG. (eds.) *The current state of the basic vegetation science concepts*. Ufa: AN RB Gilem Publ.; 2012. p. 377—483. (In Russ).
 9. Reshetnikova NM, Maiorov SR, Skvortsov AK, Krylov AV, Voronkina NV, Popchenko MI, et al. *Kaluga flora: an annotated list of vascular plants of the Kaluga region*. Moscow: KMK Publ.; 2010. (In Russ).
 10. Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*. 2000; 6(2):93—107. Available from: doi: 10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x.
 11. Mazurov VN, Semeshkina PS, Filonenko VA, Lukashov VN. *Spring field practices in Kaluga region in 2019 (guide)*. Kaluga: Kaluga Research Institute of Agriculture Publ.; 2019. (In Russ).
 12. Platonova SY, Peliy AF, Gins EM, Sobolev RV, Vvedenskiy VV. The study of morphological and biochemical parameters of *Amaranthus tricolor* L. Valentina variety. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2018; 13(1):7—13. (In Russ). Available from: doi: 10.22363/2312-797X-2018-13-1-7-13.
 13. Peliy AF, Diop A, Borodina ES, Burlutskiy VA, Vvedenskaya AV, Vvedenskiy VV, et al. Use of Amazone precision sprayer in rape seed cultivation technology. In: Plyushchikov VG, Dokukin PA. (eds.) *Innovation in Agriculture. Conference Papers of the X international Scientific and Practical Conference, 26–28 April 2018, Moscow, Russia*. Moscow: RUDN Publ.; 2018. p. 18—21.
 14. Vvedenskaya AV, Vvedenskiy VV, Khorokhorov AM, Gins MS. Nondestructive methods of diagnostics of nitrogen provision of plants by optoelectronic system of plants monitoring. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2017; 12(1):7—16. (In Russ). Available from: doi: 10.22363/2312-797X-2017-12-1-7-16.
 15. Garnier E, Navas ML, Grigulis K. *Plant Functional Diversity: Organism traits, community structure, and ecosystem properties*. Oxford: Oxford University Press; 2016.
 16. Barthélémy D, Caraglio Y. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. *Annals of botany*. 2007; 99(3):375—407. Available from: doi: org/10.1093/aob/mcl260.

Article history:

Received: 29 April 2019

Accepted: 30 May 2019

About authors:

Burlutskiy Valeriy Anatolyevich — Candidate of Sciences in Agriculture, Leading Researcher, Kaluga Research Institute of Agriculture; 2, Tsentral'naya st., Kaluzhskaya opytnaya sel'skokhozyaystvennaya stantsiya Village., Peremyshl District, Kaluga Region, 249142, Russian Federation; e-mail: v.burlutsky@yandex.ru

Mazurov Vladimir Nikolaevich — Candidate of Sciences in Agriculture, Director of Kaluga Research Institute of Agriculture; 2, Tsentral'naya st., Kaluzhskaya opytnaya sel'skokhozyaystvennaya stantsiya Village, Peremyshl District, Kaluga Region, 249142, Russian Federation; e-mail: v.mazurov@kniish.org

Osokin Ivan Evgenievich — Head of the Branch of Rosselkhozcenter on Tver Region, 9 Ozernaya st., Tver, 170008, Russian Federation, e-mail: ivoc@yandex.ru

Peliy Aleksandr Fedorovich — Postgraduate student, Agrobiotechnological Department, Agrarian and Technological Institute, RUDN University; 6, Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: kaluga-peliy@yandex.ru

Semeshkina Polina Sergeevna — Candidate of Sciences in Agriculture, Deputy Director for Research, Kaluga Research Institute of Agriculture; 2, Tsentral'naya st., Kaluzhskaya opytnaya sel'skokhozyaystvennaya stantsiya Village, Peremyshl District, Kaluga Region, Russian Federation, 249142; e-mail: p.semeshkina@kniish.org

Borodina Ekaterina Sergeevna — Postgraduate student, Department of Plant Growing and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: ekaterinapeliy@yandex.ru

Gins Murat Sabirovich — Doctor of Sciences in Biology, Chief of the Laboratory of Plant Physiology, Biochemistry, Introduction and Functional Products, Federal Scientific Center of Vegetable Growing; 14, Seleksionnaya st., VNISSOK Village, Odintsovo District, Moscow Region, 143080, Russian Federation; e-mail: anirr@bk.ru

Peliy Aleksey Fedorovich — Master student, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation

For citation:

Burlutskiy VA, Mazurov VN, Osokin I.E., Peliy AF, Semeshkina PS, Borodina ES, Gins MS, Peliy AF. Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):114—122. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-114-122.

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-114-122

Научная статья

Особенности развития и использования синатропных фитоценозов с комплексной инвазией в условиях Калужской области

**В.А. Бурлуцкий¹, В.Н. Мазуров¹, И.Е. Осокин²,
А.Ф. Пэлий^{3*}, П.С. Семешкина¹, Е.С. Бородина⁴,
М.С. Гинс⁵, А.Ф. Пэлий⁴**

¹Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Калужская область, Российская Федерация

²Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Тверской области, Тверь, Российская Федерация

³Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

⁴РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

⁵Федеральный научный центр овощеводства,
Московская обл., Российская Федерация

*kaluga-peliy@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время в Мещовском ополье не используется более 33% пашни. Вопрос оптимизации элементов технологии ресурсосберегающего освоения синатропных фитоценозов залежей с комплексной инвазией является открытым. Статья посвящена актуальной научно-производственной задаче — анализа и динамики развития самоорганизующихся фитоценозов

с различной степенью инвазии и их использованию на землях, временно выведенных из активного сельскохозяйственного оборота. В Калужском НИИСХ в полевом опыте на постагроденных серых лесных среднесуглинистых почвах в 2006—2018 гг. изучали влияние минеральных удобрений как элемента оптимизации технологии освоения разновозрастных залежей методом трансекты и постоянных учетных площадок на площади 12,0 га. Дан анализ причин изменения продуктивности определяющих ее элементов при одноукосном сенокосном использовании в ряду: автогенные — аллогенные фитоценозы. Установлено, что хозяйственная ценность ценозов определяется потенциалом составляющих видовой вариабельностью их продуктивности в различные по степени напряженности экологических условий годы. Фитоценозы на 12-й год развития являются гомогенными и состоят из 10—12 основных видов, которые на 75% формируют укосную массу. Уровень продуктивности инвазионных видов в 1,4—2,0 раза превышает уровень аборигенных и обуславливает на 60% и более продуктивность фитоценозов. Показана трансформирующая роль *Erigeron canadensis* L., *Lupinus polyphyllus* Lindl. и *Solidago gigantea* при их экспансии в аборигенные разнотравные (доля в укосной массе — 40% и более) сообщества, и установлен их высокий адаптивный потенциал к экологопочвенным условиям Мещовского ополья Центра Нечерноземной зоны России. Площадь наиболее ценных в кормовом отношении группировок *Trifolium medium* L. изменялась в пределах от 7,6 до 17,5% и в среднем составила 11,0% на 1 га залежи. Таким образом, внесение минеральных удобрений ($P_{40}K_{90}$) во вторичных фитоценозах с преимущественным участием *T. medium* (более 40%) способствовало повышению его удельной продуктивности в 2,4 раза (с 1,38 до 3,29 кг/м²) и уровня стабильности продуктивности на 60%, а также снижению доли участия малоценных видов в структуре урожая в 1,6 раза. Общая площадь ценопопуляций возросла на 10,4—21,5 %, урожайность с 2,31 до 4,41 кг/м².

Ключевые слова: залежные земли, серые лесные почвы, синантропные фитоценозы, инвазионные виды, минеральные удобрения, продуктивность

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахромеев Л.М. Природа, генезис, история развития и ландшафтная структура ополей Центральной России. Брянск: РИО Брянского государственного университета, 2008. 182 с.
2. Савич В.И., Сычев В.Г., Замаараев А.Г., Сюняев Н.К., Никольский Ю.Н. Энергетическая оценка плодородия почв. М.: ВНИИА, 2007. 520 с.
3. Мазуров В.Н., Бурлуцкий В.А., Семешкина П.С., Завалин А.А. Продуктивность и устойчивость фитоценозов на временно выбывших из оборота землях // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 9—11.
4. Баранов С.Г., Бибик Т.С., Винокуров И.Ю. Опыт тестирования стабильности развития пшеницы в агрофитоценозах Владимирского ополья // Успехи современного естествознания. 2018. № 12-2. С. 272—276.
5. Устюжанина О.А., Соколова Л.А., Голофтеева А.С., Бурлуцкий В.А. Влияние разных минеральных фонов на урожайность и коэффициент флуктуирующей асимметрии для озимой и яровой пшениц // Проблемы региональной экологии. 2017. № 3. С. 99—102.
6. Кутузова А.А., Привалова К.Н., Тебердиев Д.М., Семенов Н.А., Раев А.П., Лебедев Д.Н. и др. Методика эффективного освоения разновозрастных залежей на основе многовариантных технологий под пастбища и сенокосы и очередности возврата их в пашню в Нечерноземной зоне РФ / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса». М.: ООО «Угрешская типография», 2017. 64 с.
7. Dorogova Y.A., Zhukova L.A., Turmuhametova N.V., Polyanskaya T.A., Notov A.A., Demytyeva S.M. Methods of Analysis of Environmental Diversity of Plants // Biology and Medicine. 2016. Vol. 8. № 7. P. 354. doi: 10.4172/0974-8369.1000354.
8. Ермаков Н.Б., Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Прогноз высших единиц растительности России // Современное состояние основных концепций науки о растительности. УФА: АН РБ Гилем, 2012. С. 377—483.

9. Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Скворцов А.К. Крылов А.В., Воронкина Н.В., Попченко М.И. и др. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 548 с.
10. Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions // *Diversity and distributions*. 2000. Vol. 6. № 2. P. 93—107. doi: 10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x.
11. Мазуров В.Н., Семешкина П.С., Филоненко В.А., Лукашов В.Н. и др. Особенности проведения весенне-полевых работ в Калужской области в 2019 году (руководство). Калуга: Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2019. 36 с.
12. Платонова С.Ю., Пэлий А.Ф., Гинс Е.М., Соболев Р.В., Введенский В.В. Изучение морфологических и биохимических показателей растений *Amaranthus tricolor* L. сорта Валентина // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Т. 13. № 1. С. 7—13. doi 10.22363/2312-797X-2018-13-1-7-13.
13. Peliy A.F., Diop A., Borodina E.S., Burlutskiy V.A., Vvedenskaya A.V., Vvedenskiy V.V., et al. Use of Amazone precision sprayer in rape seed cultivation technology // *Инновационные процессы в сельском хозяйстве : сборник статей X Международной научно-практической конференции / под ред. В.Г. Плющикова, П.А. Докукина*. М.: Российский университет дружбы народов, 2018. С. 18—21.
14. Введенская А.В., Введенский В.В., Гинс М.С., Хорохоров А.М. Недеструктивный метод диагностики азотообеспеченности растений оптико-электронной системой мониторинга растений // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 1. С. 7—16. doi: 10.22363/2312-797X-2017-12-1-7-16.
15. Garnier E., Navas M.L., Grigulis K. *Plant Functional Diversity: Organism traits, community structure, and ecosystem properties*. Oxford: Oxford University Press, 2016. 231 p.
16. Barthélémy D., Caraglio Y. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny // *Annals of botany*. 2007. Vol. 99. № 3. P. 375—407.

История статьи:

Поступила в редакцию: 29 апреля 2019 г.

Принята к публикации: 30 мая 2019 г.

Об авторах:

Бурлуцкий Валерий Анатольевич — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Калужский НИИСХ; Российская Федерация, Калужская область, Перемышльский район, 249142, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, д. 2, e-mail: v.burlutsky@yandex.ru

Мазуров Владимир Николаевич — кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Калужский НИИСХ; Российская Федерация, Калужская область, Перемышльский район, 249142, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, д. 2, e-mail: v.mazurov@kniish.org

Осокин Иван Евгеньевич — руководитель филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Тверской области, Российская Федерация, 170008, г. Тверь, ул. Озерная, д. 9, e-mail: ivoc@yandex.ru

Пэлий Александр Федорович — аспирант, агробиотехнологический департамент, Аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов; Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: kaluga-peliy@yandex.ru

Семешкина Полина Сергеевна — кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Калужский НИИСХ; Российская Федерация, Калужская область, Перемышльский район, 249142, с. Калужская опытная сельскохозяйственная станция, ул. Центральная, д. 2, e-mail: p.semeshkina@kniish.org

Бородина Екатерина Сергеевна — аспирант кафедры растениеводства и луговых экосистем, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. Тимирязева; Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: ekaterinapeliy@yandex.ru

Гинс Мурат Сабирович — доктор биологических наук, заведующий лабораторией физиологии и биохимии растений, интродукции и функциональных продуктов; Федеральный научный центр овощеводства; Российская Федерация, 143080, Московская обл., Одинцовский район, поселок ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, e-mail: anirr@bk.ru

Пэлий Алексей Федорович — магистр, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: kaluga-peliy@yandex.ru

Для цитирования:

Burlutsky V.A., Mazurov V.N., Osokin I.E., Peliy A.F., Semeshkina P.S., Borodina E.S., Gins M.S., Peliy A.F. Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 114—122. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-114-122.



DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-123-132
УДК 631.547.15

Научная статья

Влияние различных способов посева и орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании

Г.К. Булахтина*, А.В. Кудряшов, Н.И. Кудряшова

¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Российская Федерация
**gbulaht@mail.ru*

Аннотация. Цель исследования — изучить влияние различных способов орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании. Научная новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия изучалось влияние различных современных способов орошения на урожайность многолетних кормовых травосмесей. Объектами исследований являются кормовая травосмесь (Житняк ширококолосый, Клевер луговой, Тимофеевка луговая, Овсяница луговая; 25 : 25 : 25 : 25) и различные способы орошения. Учеты и наблюдения в опыте проводились согласно общепринятым методикам Б.А. Доспехова, И.Н. Бейдемана и Методических указаний по мобилизации растительных ресурсов и интродукции аридных кормовых растений ВНИИ кормов. По результатам двух лет исследований были сделаны следующие выводы: разбросной способ посева оказался более урожайным; на участках с рядовым способом посева урожайность была значительно ниже, чем на разбросном — в среднем продуктивность травосмеси на разбросном способе посева превышает этот же показатель на рядовом посева на 40,9 т/га; урожайность травосмеси на заливе была самой низкой в опыте на всех способах посева и отличалась несущественно — 55,6 т/га при рядовом способе посева и 55,2 т/га при разбросном посева.

Ключевые слова: травосмеси, зеленая масса, продуктивность, спринклеры, периодический залив, овсяница луговая, люцерна посевная, клевер луговой

Актуальность темы

В нашей стране всегда остро стояла проблема продовольственной безопасности. И, если продукция растениеводства практически полностью производится отечественными производителями, то большая часть продукции животноводства до недавнего времени ввозилась из гих стран. В последнее время правительство и Министерство сельского хозяйства РФ ставят перед аграриями задачу по полному импортозамещению. Но для увеличения производства продуктов животноводства необходимы высокопитательные корма. Поэтому развитие кормопроизводства очень важно в обеспечении продовольственной безопасности страны [1].

© Булахтина Г.К., Кудряшов А.В., Кудряшова Н.И., 2019.



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

Введение

Одним из основных объектов кормопроизводства являются многолетние травы. Они обеспечивают около 40% от общего сбора кормовых единиц. Для их выращивания в Астраханской области необходимо орошение. Одним из наиболее перспективных способов орошения кормовых культур, естественных сенокосов и пастбищ является поверхностный полив, так как осуществляется с минимальным привлечением дополнительных источников энергии [2, 3]. Еще одним видом орошения является спринклерный полив. При этом виде полива орошение производится по принципу натурального дождя. Вода распределяется через систему труб и распыляется в воздух через сопла (спринклеры), которые рассекают ее на мелкие капли. Данный метод полива успешно применяют в Израиле при выращивании картофеля, моркови, капусты, зеленных культур. В России данный метод полива больше всего распространен при выращивании газонов, но уже начал применяться и при выращивании картофеля [4—6].

Данный вид орошения хорошо подходит для Астраханской, Волгоградской, Ростовской области, Ставропольского края и других регионов. Несмотря на высокую стоимость (от 100 000 р./га), спринклерное орошение экономически выгодно в южных регионах, особенно на небольших площадях. Так как, в отличие от передвижных машин, стационарные системы могут обеспечить высокую норму полива и оптимальную частоту полива даже в самые жаркие и сухие периоды^{1,2}.

Решение проблемы дефицита полноценных кормов для животноводческих хозяйств Юга России заключается в разработке улучшенных технологических приемов возделывания многолетних трав, с целью повышения продуктивности и улучшения их питательной ценности. Поэтому данное направление исследований является актуальным.

Цель исследования — изучить влияние различных способов орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании в условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия.

В задачи исследований входило изучить влияние способов орошения:

- на биометрические показатели и элементы структуры урожая;
- на урожайность травосмеси.

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия изучалось влияние различных современных способов орошения на урожайность многолетних кормовых травосмесей.

Направление исследований является актуальным и имеет большое практическое значение, так как разработка новых технологических приемов возделывания многолетних травосмесей позволит расширить ассортимент возделываемых в Астраханской области бобовых и мятликовых трав и увеличить их продуктивность.

¹ Системы спринклерного полива: преимущества и недостатки. URL: <http://webferma.com/rasteniyevodstvo/sistemi-orosheniya/sprinklernoe.html>.

² Спринклерное орошение. URL: <http://www.yug-poliv.ru/oroshenie/sprinkleri/>.

Материалы и методы

Для выполнения поставленных задач проводились следующие полевые учеты и наблюдения:

— фенологические наблюдения проводились систематически, визуально на одних и тех же растениях, через каждые 5—10—15 дней по методике изучения фенологии растений и растительных сообществ [7];

— влажность почвы определялось термостатно-весовым методом: при посеве — в посевном слое 0—0,1 м, за вегетацию — на глубине почвенного профиля 1,0 м послойно через 0,1 м;

— учет урожайности проводился согласно Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВИР³;

— экспериментальные данные обрабатывались методами дисперсионного анализа с использованием ЭВМ [8].

Двухфакторный полевой опыт закладывается методом расщепленных делянок: фактор А — способы полива; фактор В — способы посева.

I. Способы полива:

1. Мелкодисперсное (спринклерное)
2. Залив (полив напуском в чеках)

II. Способы посева (В):

1. Рядовой (ширина междурядий 60 см)
2. Разбросной

Повторность опыта — трехкратная. Общая площадь под опытом — 294,0 м². Общая площадь делянки под мелкодисперсное орошение — 250,0 м²; общая площадь делянки под залив — 44,0 м².

Объектами исследований являются кормовая травосмесь (Житняк ширококолосый, Клевер луговой, Тимофеевка луговая, Овсяница луговая; 25 : 25 : 25 : 25) и различные способы орошения.

Результаты и обсуждение исследований

Опыт был заложен в 2017 г. на опытном участке ФГБНУ «ПНИИАЗ», который находится 2,5 км западнее села Солёное Займище. Почвенный покров участка представлен светло-каштановыми солонцеватыми почвами без наличия пятен солонцов. По содержанию натрия в пахотном и подпахотном горизонтах (4,1 % от суммы поглощенных оснований) почва относится к слабосолонцеватой. Содержание гумуса в пахотном слое почвы (по Тюрину) — 0,91—1,1%, рН 6,7—7,2. Обеспеченность подвижными формами азота — очень низкая, фосфора — очень низкая, калия — высокое.

Климат района исследований резко континентальный, острозасушливый, изменчивый. Весна длится недолго, отличается быстрым нарастанием положительных температур. Лето устанавливается во второй декаде мая за счет резкого повышения температуры воздуха.

³ Шамсутдинов З.Ш., Назарюк Л.А., Ионис Ю.И. Методические указания по мобилизации растительных ресурсов и интродукции аридных кормовых растений. М.: ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса, 2000. 90 с.

Таблица 1

Густота стояния травосмесей, ПАФНЦ РАН, 2017 г.

Способ полива	Способ посева	Густота стояния, тыс.шт./га	
		Бобовые	Мятликовые
Спринклерное орошение	Рядовой	750,0	1 450,0
	Разбросной	2 720,0	3 960,0
Залив	Рядовой	333,3	1 216,7
	Разбросной	1 280,0	4 320,0

Table 1

Grass plant density, CAFSC of the RAS, 2017

Irrigation method	Sowing type	Plant density, thousand plants/ha	
		Legumes	Bluegrasses
Sprinkling	Drilling	750,0	1 450,0
	Broadcast	2 720,0	3 960,0
Flooding	Drilling	333,3	1 216,7
	Sowing type	1 280,0	4 320,0

Обилие тепла позволяет выращивать в этом районе многие сельскохозяйственные культуры, в том числе и многолетние травы, но дефицит влагообеспеченности позволяет получать высокие урожаи только на орошении.

Система обработки почвы опытного участка включала в себя: осенняя вспашка (осень 2016 г.) на глубину 22—24 см, весеннее боронование (2017 г.), культивация с боронованием, фрезерование для выравнивания участка.

Сев трав был проведен вручную 13.04.2017 г. с последующим прикатыванием. Полные всходы зафиксированы через 4—5 дней. Дальнейшее развитие растений проходило при проведении комплекса агротехнических мероприятий, связанных с уходом за растениями: поливов, подкормок, прополок от сорняков. В 2018 г. фенологические наблюдения и учет урожайности проводилось на многолетних травосмесях 2-го года жизни.

Орошение опытного участка осуществляется двумя способами: мелкодисперсное орошение и периодический поверхностный залив. Подача оросительной воды производилась из естественного источника — затона р. Волги.

На опытном участке мы придерживались режима полива 75% НВ. Водопотребление изучаемых травосмесей в годы исследований было практически одинаковым (разница составила 2,0 м³/га).

В первый год жизни трав, после появления полных всходов в мае 2017 г. была определена густота травостоя (табл. 1).

Из данных этой таблицы видно, что густота стояния мятликовых значительно выше, чем бобовых. Также прослеживается закономерность — на вариантах опыта с разбросным способом посева густота стояния и мятликовых, и бобовых выше, чем на вариантах с рядовым способом посева.

В таблице 2 приведены данные по густоте стояния травосмесей, анализ которой был проведен весной 2018 г. в фазу отрастания (16.04.2017 г.). По полученным данным можно сделать вывод, что густота стояния растений семейств бобовых и мятликовых уменьшилось на всех вариантах опыта. В среднем густота стояния трав семейства бобовые на вариантах с рядовым способом посева уменьшилась на 76,6 тыс./га, а этот же показатель у трав семейства мятликовые 204,3 тыс./га.

Таблица 2

Густота стояния травосмесей, ПАФНЦ РАН, 2018 г.

Способ полива	Способ посева	Густота стояния, тыс.шт./га	
		Бобовые	Мятликовые
Спринклерное орошение	Рядовой	630,0	720,0
	Разбросной	2 700,0	2 400,0
Залив	Рядовой	300,1	895,4
	Разбросной	1 010,0	3 450,3

Table 2

Grass plant density, CAFSC of the RAS, 2018

Irrigation method	Sowing type	Plant density, thousand plants/ha	
		Legumes	Bluegrasses
Sprinkling	Drilling	630,0	720,0
	Broadcast	2 700,0	2 400,0
Flooding	Drilling	300,1	895,4
	Broadcast	1 010,0	3 450,3

На вариантах опыта с разбросным способом посева количество растений семейства бобовые уменьшилось в среднем на 145,0 тыс. шт/га. Густота стояния трав семейства мятликовые сократилась в 2018 г. в среднем на 1215,0 тыс./га.

Это можно объяснить тем, что при применении разбросного способа посева к началу второго года жизни бобовые значительно подавляют мятликовые.

В 2017 г. было проведено 2 укоса — 15.07 и 15.08. На рисунке 1 представлена урожайность зеленой массы травосмеси по вариантам опыта.

По результатам первого года изучения видно, что при использовании мелко-дисперсного орошения разбросной способ посева оказался более продуктивным, чем рядовой: урожайность зеленой массы при использовании разбросного способа посева превысила аналогичный показатель на 31,7 т/га по сравнению с рядовым способом посева. На варианте опыта с периодическим заливом способ посева не оказал значительного влияния на продуктивность травосмеси и значения этого показателя близки по значениям — 65,0 т/га при рядовом посеве и 65,9 т/га при разбросном.

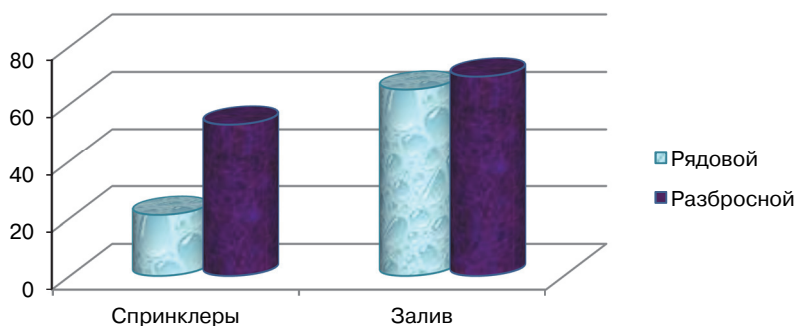


Рис. 1. Урожайность зеленой массы по вариантам опыта, т/га, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2017 г.

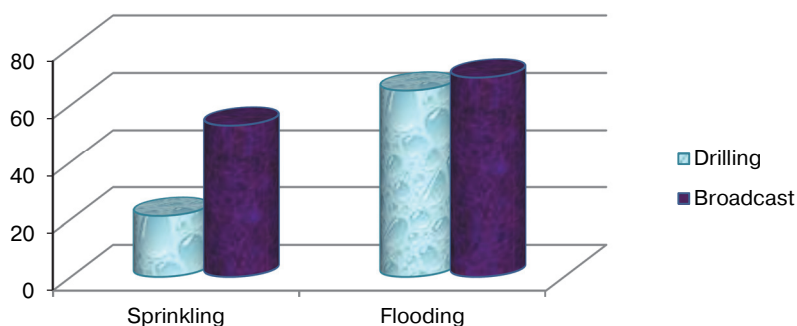


Fig. 1. Grass yields in 2017, t/ha (CAFSC of the RAS)

Для определения урожайности на опытных делянках в 2018 г. было проведено 5 укосов: 21.05, 22.06, 23.07, 22.08 и 25.09.

Данные по урожайности зеленой массы травосмеси по вариантам опыта представлены на рис. 2. Из полученных данных видно, что, как и в 2017 г., разбросной способ посева при применении спринклеров оказался более урожайным. В этом варианте опыта было отмечено максимальное значение урожайности — 93,0 т/га, что на 37,2 т/га выше, чем при использовании рядового способа посева.

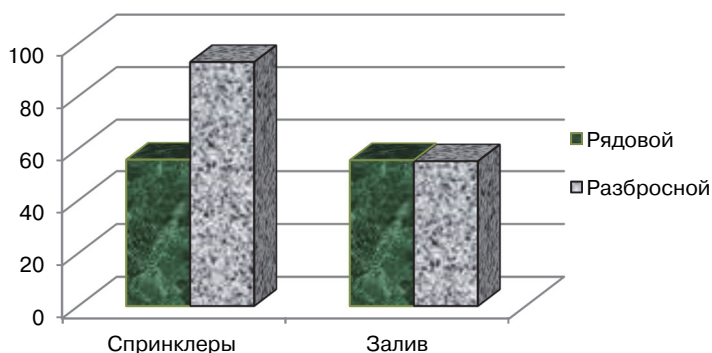


Рис. 2. Урожайность зеленой массы по вариантам опыта, т/га, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2018 г.

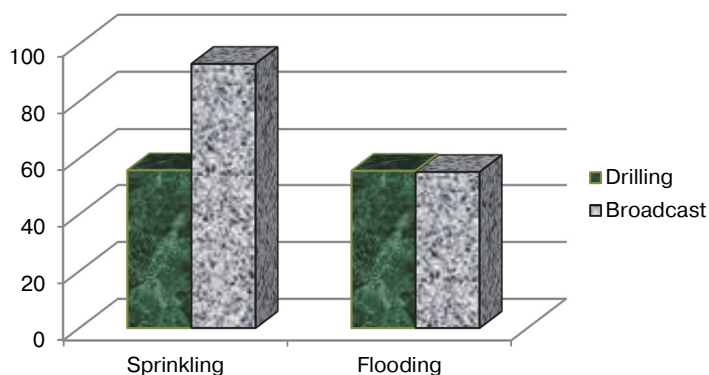


Fig. 2. Grass yields in 2018, t/ha (CAFSC of the RAS)

Урожайность травосмеси на заливе была самой низкой в опыте на всех способах посева и отличалась несущественно — 55,6 т/га при рядовом способе посева и 55,2 т/га при разбросном посеве.

Дисперсионный анализ двухфакторного опыта по урожайности зеленой массы изучаемых травосмесей показал достоверность полученных результатов.

Выводы

На второй год вегетации густота стояния растений семейств бобовые и мятликовые уменьшилась на всех вариантах опыта. В среднем густота стояния трав семейства бобовые на вариантах с рядовым способом посева уменьшилась на 76,6 тыс./га, а этот же показатель у трав семейства мятликовые на 204,3 тыс./га. На вариантах опыта с разбросным способом посева количество растений семейства бобовые уменьшилось в среднем на 145,0 тыс. шт/га. Густота стояния трав семейства мятликовые сократилась в 2018 г. в среднем на 1215,0 тыс./га. Это можно объяснить тем, что при применении разбросного способа посева, к началу второго года жизни, бобовые значительно подавляют мятликовые.

Разбросной способ посева оказался более урожайным. На участках с рядовым способом посева урожайность была значительно ниже, чем на разбросном — в среднем продуктивность травосмеси на разбросном способе посева превышает этот же показатель на рядовом посева на 40,9 т/га. Урожайность травосмеси на заливе была самой низкой в опыте на всех способах посева и отличалась несущественно — 55,6 т/га при рядовом способе посева и 55,2 т/га при разбросном посеве.

Заключение

Климатические условия Астраханской области позволяют выращивать многолетние кормовые травосмеси с высокими показателями урожайности при использовании различных способов орошения (мелкодисперсное, периодический залив).

На всех изученных способах орошения травосмесь показала довольно высокую урожайность зеленой массы. Так как возделывание данных растений актуально для животноводческой отрасли региона, то исследования по разработке технологических приемов ее возделывания в дальнейшем будут продолжены.

Информация о финансировании

Научные исследования, результаты которых освещены в статье, проводятся на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «ПАФНЦ РАН» по теме № госрегистрации 115031760009 на бюджетные средства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тютюма Н.В., Булахтина Н.И., Кудряшова Г.К. Изучение влияния различных технологических приемов на продуктивность и питательную ценность бобово-мятликовых травосмесей на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4. С. 123—129.

2. *Иванов О.А., Тютюкин В.Ф., Савостьянов В.К., Иванова Т.Е., Азибалов Б.И.* Конструкции и технологии эксплуатации оросительных систем поверхностного полива сельскохозяйственных культур на малых уклонах и склоновых землях. Абакан: ООО «Кооп. „Журналист“», 2010. 20 с.
3. *Иванов О.А., Иванова Т.Е.* Вопросы проектирования технологии поверхностного полива на малых уклонах в аридных условиях Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 53—55.
4. *Дубенок Н.Н., Чечко Р.А., Дружкин А.Ф.* Продуктивность картофеля при спринклерном орошении // Плодородие. 2015. № 1. С. 35—37.
5. *Щербакова Н.А., Тютюма Н.В., Туманян А.Ф., Селиверстова А.П.* Урожайность картофеля при различных способах орошения в почвенно-климатических условиях аридной зоны Прикаспия // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3. С. 109—116.
6. *Щербакова Н.А., Селиверстова А.П.* Современные способы полива картофеля в аридной зоне Прикаспия // Инновационные технологии сельского хозяйства, пищевого производства и продовольственного машиностроения: материалы. Всерос. науч.-техн. конф. Воронеж, 2017. С. 142—146.
7. *Бейдеман И.Н.* Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 156 с.
8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

История статьи:

Поступила в редакцию: 15 февраля 2019 г.

Принята к публикации: 18 марта 2019 г.

Об авторах:

Булахтина Галина Константиновна — кандидат сельскохозяйственных наук, отдел рационального природопользования, заведующая отделом, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», 416251, Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: gbulah@list.ru

Кудряшов Александр Владимирович — младший научный сотрудник, отдел рационального природопользования, заведующий лабораторией, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»; 416251, Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: stone75@list.ru

Кудряшова Наталья Ивановна — младший научный сотрудник, отдел рационального природопользования, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»; 416251, Российская Федерация, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8; e-mail: stone79.79@list.ru

Для цитирования:

Булахтина Г.К., Кудряшов А.В., Кудряшова Н.И. Влияние различных способов посева и орошения на продуктивность мятликово-бобовых травосмесей при многоукосном использовании // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 123—132. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-123-132.

Effect of sowing type and irrigation method on productivity of legume-bluegrass mixtures under multiple cutting

Galina K. Bulakhtina*, Alexandr V. Kudryashov,
Natalia I. Kudryashova

Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Russian Federation

*Corresponding author: gbulaht@mail.ru

Abstract. Research objective was to study influence of various irrigation methods and sowing types on productivity of legume-bluegrass mixtures under multiple cutting. Effect of irrigation methods on productivity of different perennial forage grasses grown in light brown soils of Northern Caspian region was studied for the first time. The experiment had two factors — forage grass mixtures (*Agropyron pectiniforme*, *Trifolium pratense*, *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*; 25 : 25 : 25 : 25) and various methods of irrigation. Records and observations were made according to the practical standards of B.A. Dospekhov, I.N. Beydeman and the Study guide on mobilization of vegetable resources and introduction of arid fodder plants of Williams Fodder Research Institute. The two-year research resulted in the following conclusions: widespread sowing turned out to be far more effective compared to drilling and was 40.9 t/ha higher; grass yields under flooding were the lowest in all sowing variants and differed insignificantly — 55.6 t/ha in drilling and 55.2 t/ha in widespread sowing.

Keywords: grass mixtures, green mass, productivity, sprinklers, periodic flooding, *Festuca pratensis*, *Medicago sativa*, *Trifolium pratense*

Funding and Acknowledgement of Sources. The research was supported by Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences on the subject of state registration number 115031760009.

REFERENCES

1. Tyutyuma NV, Bulakhtina NI, Kudryashova GK. Study of the influence of various technological means on productivity and nutrition value of beans and bluegrass mixtures on light-chestnut soils of Northern Caspians. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2017; (4):123—129. (In Russ).
2. Ivanov OA, Tyutyukin VF, Savost'yanov VK, Ivanova TE, Agibalov BI. *Designs and technologies for the operation of irrigation systems for surface irrigation of crops at small slopes and sloping lands*. Abakan: Zhurnalist Publ.; 2010. (In Russ).
3. Ivanov OA, Ivanova TE. Questions of design technology for small surface irrigation in arid conditions evade Siberia. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2013; (6):53—55. (In Russ).
4. Dubenok NN, Chechko RA, Druzhkin AF. Potato yield under sprinkler irrigation. *Plodorodie*. 2015; (1):35—37. (In Russ).
5. Shcherbkova NA, Tyutyuma NV, Tumanyan AF, Seliverstova AP. Potato productivity under different irrigation methods in soil and climatic conditions of the arid zone of the Caspian sea. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2017; (3):109—116. (In Russ).

6. Shcherbakova NA, Seliverstova AP. Modern methods of irrigating potatoes in the Caspian arid zone. In: *Innovative technologies of agriculture, food production and food engineering. Proceedings of Russian Scientific and Technical Conference*. Voronezh; 2017. p. 142—146. (In Russ).
7. Beideman IN. *Metodika izucheniya fenologii rastenii i rastitel'nykh soobshchestv* [Methods of studying plant phenology and plant communities]. Novosibirsk: Nauka Publ.; 1974. (In Russ).
8. Dospikhov BA. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experiments]. Moscow: Agropromizdat Publ.; 1985. (In Russ).

Article history:

Received: 15 February 2019

Accepted: 18 March 2019

About authors:

Bulakhtina Galina Konstantinovna — Candidate of Sciences in Agriculture, Head of Department of Environmental Management, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 8, Severny quarter, Solenoye Zaymishche village, Chernoyarsky district, Astrakhan region, 416251, Russian Federation; e-mail: gbulaht@mail.ru

Kudryashov Alexandr Vladimirovich — Researcher, Department of Environmental Management, Head of the Laboratory, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 8, Severny quarter, Solenoye Zaymishche village, Chernoyarsky district, Astrakhan region, 416251, Russian Federation; e-mail: stone75@list.ru

Kudryashova Natalia Ivanovna — Researcher, Department of Environmental Management, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 8, Severny quarter, Solenoye Zaymishche village, Chernoyarsky district, Astrakhan region, 416251, Russian Federation; e-mail: stone79.79@list.ru

For citation:

Bulakhtina GK, Kudryashov AV, Kudryashova NI. Effect of sowing type and irrigation method on productivity of legume-bluegrass mixtures under multiple cutting. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):123—132. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-123-132. (In Russ).



DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-133-141
УДК 635.21:631.8:539.16

Research article

Yield and quality of potato tubers depending on a complex of chemicals applied under radioactive contamination

Aleksey E. Sekirnikov*, Vladimir V. Sedov, Viktor F. Shapovalov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Russian Federation

*Corresponding author: bgsha@bgsha.com

Abstract. The influence of chemicals on productivity and quality of potato tubers cv. Kurazh cultivated on sod-podzolic sandy soils under radioactive contamination was studied in the south-west of the central Non-Black Soil Zone of the Russian Federation. Organo-mineral system (manure, 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀) applied in complex with chemicals and biological agent Gumistim turned to be the most effective fertilizer system providing the maximum potato yields during the experiment. Moreover, complex application of the chemicals increased protein level and decreased starch content in tubers, it also improved amino acid composition; concentration of heavy metals and specific activity of cesium-137 did not exceed sanitary and hygienic standards (SanPiN 2.3.3 1078—01).

Key words: potato, yield, marketability, starch, nitrates, heavy metals, amino acids, cesium-137

Introduction

Potato is one of the leading agricultural crops ensuring the country's food security to a large extent. In terms of acreage, potato is second after cereals and is the most popular in the consumer basket of the population used for the production of a variety of food products. Moreover, it is the most important forage and technical crop [1—3]. The high competitiveness of potatoes and their intended use is largely determined by a number of quality indicators, the most important of which is the bio-chemical composition of tubers [4].

One of the factors affecting the productivity, quality indicators of potato tubers and biochemical composition, is cultivation conditions including soil, climate and optimal mineral fertilizing throughout the growing season [5].

In order to increase potato productivity, it is necessary to use science-based agricultural practices allowing to optimize fertilizer doses, ratio of nutrients, pesticides, humic fertilizers [6], which are natural biochemical active substances stimulating growth, improving plant nutrition, taking part in redox reactions at the cellular level, reducing radionuclide and heavy metal intake, increasing plant resistance and activating anti-stress mechanism in plants [7—9].

© Sekirnikov A.E., Sedov V.V., Shapovalov V.F., 2019.



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

Vast territories in the south-west of the Non-Black Soil Zone of the Russian Federation are radioactive contaminated, where cesium-137 is the main dose-generating radionuclide. Therefore, the main task of agricultural producers is to introduce scientifically-based agrochemical methods into plant cultivation processes that contribute to reducing transition of ^{137}Cs to marketable products and where potassium fertilizers play a major role [10–12].

The purpose of the research was to study the complex application of fertilizers, chemicals and biological agent Gumistim during cultivation of early potato cultivars grown in sod-podzolic radioactively contaminated sandy soil.

Materials and methods

The field experiments were carried out on the experimental field of Novozybkov branch of Bryansk State Agrarian University on sod-podzolic, loose-sandy radioactively contaminated soil in 2013–2017. Arable layer of the soil had the following agrochemical parameters: pH_{KCl} 6.7–6.9, Ng — 0.51–0.56 mmol-EQ/100 g of soil; absorbed alkali — 12.2–16.4 mmol-EQ/100 g of soil; mobile phosphorus and exchangeable potassium (according to Kirsanov) — 370–390 and 76–86 mg/kg of soil, respectively. Organic matter content was 1.9 to 2.2 (according to Tyurin). The density of ^{137}Cs soil contamination in the experimental plot was 526–666 kBq/m². Early potato cv. Kurazh was studied in the four-factor experiment, total area of the experimental plot was 90 m², and the accounting one was 70 m². The experiment scheme included the following variants: control (without fertilizers); manure 80 t/ha; manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀; N₇₅P₃₀K₉₀; N₁₅₀P₆₀K₁₈₀; N₂₂₅P₉₀K₂₇₀; manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀ + pesticides; N₇₅P₃₀K₉₀ + pesticides; N₁₅₀P₆₀K₁₈₀ + pesticides; N₂₂₅P₉₀K₂₇₀ + pesticides; manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀ + pesticides + Gumistim; N₇₅P₃₀K₉₀ + pesticides + Gumistim; N₁₅₀P₆₀K₁₈₀ + pesticides + Gumistim; N₂₂₅P₉₀K₂₇₀ + pesticides + Gumistim.

Such fertilizers as cattle manure, double granulated superphosphate, potassium chloride were used in the experiments. All the fertilizers were applied in spring during plowing of the fall tillage. Bioagent Gumistim contains biohumus in the dissolved form: humins, vitamins, natural phytohormones, succinic acid, micro- and macronutrients in organic form, and spores of soil microorganisms. The biological agent (6 l/ha) was used in two terms: the first was combined with chemical pesticides in the budding stage, and the second — at the end of flowering. Weeds, pests and diseases on potato plants were controlled by the following chemicals: Zencor 50% a.i. — 0.7 kg/ha; Titus — 0.050 kg/ha; Ridomil Gold — 2.5 kg/ha; Sektim Phenomen — 1.25 kg/ha, Aktara — 0.06 kg/ha. Depending on weather conditions, no less than 3 treatments were carried out during the vegetation period. The farming practice of potato cultivation was generally accepted for the region. Potato planting was carried out in the third decade of April, harvesting — in the first decade of August, tuber harvest was weighted. Field and laboratory-analytical researches were performed according to the generally accepted methods in agrochemical service in the center for collective use of scientific equipment and devices of the Bryansk State Agrarian University [13, 14]. The weather conditions of vegetation periods in the years of field experiments differed in moisture and temperature. 2014 and 2016 were the most favorable for these indicators, less moisture

was in 2013, 2015 and 2017, characterized by low soil productive moisture in the arable soil horizon, insufficient rainfall and uneven precipitation. These circumstances resulted in fluctuations in potato tuber yields over the research years.

Results and discussion

Potato yield was the lowest in the control variant and averaged 9.3 t/ha for 5 research years (Table 1).

Table 1

Yield and quality of potato tubers depending on the chemicals applied (average for 2013—AL2017)

Variant	Yield, t/ha	Increase compared to control, t/ha	Starch content, %	Protein content, %	Protein yield, t/ha
Control without fertilizers	9.3	—	13.0	2.06	0.202
Manure 80 t/ha	20.5	11.2	12.6	2.16	0.469
Manure 40 t/ha + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀	25.9	16.6	12.4	2.26	0.640
N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀	22.0	12.7	12.3	2.15	0.520
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀	23.8	14.5	11.8	2.24	0.589
N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀	23.0	13.7	11.6	2.34	0.583
Manure 40 t/ha + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides	30.7	21.4	12.2	2.41	0.786
N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides	23.5	14.2	12.3	2.16	0.553
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + pesticides	27.8	18.5	12.0	2.25	0.648
N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + pesticides	26.2	16.9	11.7	2.37	0.633
Manure 40 t/ha + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides + Gumistim	35.1	25.8	12.4	2.51	0.876
N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides + Gumistim	25.2	15.9	12.4	2.28	0.620
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + pesticides + Gumistim	31.1	21.8	12.5	2.39	0.786
N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + pesticides + Gumistim	27.2	17.9	12.5	2.46	0.726
HCP05, t/ha	2.7	—	0.64	0.16	—

Organic fertilizer (litter manure 80 t/ha) increased yields of potato tubers by 11.9 t/ha compared to the control, amounting to 21.7 t/ha. The use of mineral fertilizers in the dose of N₁₅₀P₆₀K₁₈₀ (according to the number of nutrients, a manure dose of 80 t/ha) resulted in 23.8 t/ha potato yields, which was 14.5 t/ha higher compared with the control, and 3.3 t/ha higher compared to variant with 80 t/ha of manure. The results indicate a higher availability of nutrients contained in mineral fertilizers and a higher coefficient of their use in the first year after application of relatively organic fertilizer. Applying organic fertilizer (manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀) increased potato yield by 16.6 t/ha compared to the control, and by 5.4 t/ha compared to organic system (manure 80 t/ha). The use of higher doses of NPK (N₂₂₅P₉₀K₂₇₀), especially under deficit soil moisture and high air temperatures, did not contribute to the adequate increase in potato tubers, the yields of tubers was at the level of the average NPK dose (N₁₅₀P₆₀K₁₈₀). Cultivating potato plants with pesticide application contributed to a further potato yield increase which averaged 1.5—4.8 t/ha. The higher yields of potato tubers were observed while applying fertilizers, chemical plant protection means and biological agent Gumistim in complex. On average, over the research years, the increase in potato yield reached the level of 15.9—25.8 t/ha under complex use of chemicals in comparison with the control. The highest potato yield — 35.1 t/ha — in was obtained in the variant with organic-mineral system of fertilizing in combination with pesticides and biological agent Gumistim (manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀ + pesticides + Gumistim).

On average over the research years, starch content decreased by 0.5—1.9% under the influence of the studied means of chemicalization. The applied systems of fertilizer both at separate, and at complex application promoted an increase in the protein content of potato tubers from 2.06 up to 2.51%. The protein content of potato tubers increased on average by 0.13—0.25% under complex use of chemicals. The maximum protein yield (0.876 t/ha) resulted from organic mineral fertilizing combined with plant protection means and Gumistim.

Quantitative changes in the amino acid composition of potato tubers depended on the studied fertilizer systems (Table 2) on average over 5 years. In quantitative terms aspartic acid and leucine were allocated.

The tubers of potatoes contain the least of histidinum and methionine referring to irreplaceable amino acids. The largest number of essential amino acids (% of the total amount of all amino acids), 38.0 and 39.0 %, was obtained in the organic mineral fertilizer system (manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀), mineral (N₁₅₀P₆₀K₁₈₀) in complex with plant protection means and biological agent Gumistim.

Table 2

The effect of fertilizers, chemicals and Gumistim bioagent on amino acid composition of potato tubers, tons per 1 kg of dry mass (average for 2013—2017)

Amino Acids	Variants				
	Control	Manure 40 t/ha +			N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides + Gumistim
		+ N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀	+ N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides	+ N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides + Gumistim	
Alanine	5.82	5.76	5.48	6.88	5.86
Arginine	4.46	4.53	4.62	4.66	4.68
Asparagine	18.42	18.56	18.86	18.88	18.76
Valine*	5.82	5.58	5.64	5.91	5.86
Histidine*	1.29	1.42	1.46	1.53	1.52
Glycine	3.71	3.84	3.88	3.93	3.92
Glutamine	5.09	5.13	5.18	5.22	5.26
Isoleucine*	3.32	3.48	3.53	4.12	3.86
Leucine *	6.92	7.29	7.38	7.42	8.54
Lysine*	4.58	4.66	4.85	5.13	5.26
Methionine*	1.66	1.68	1.72	1.74	1.76
Promin	6.32	6.46	6.56	7.54	6.73
Serine	4.36	4.41	4.46	4.63	4.52
Tyrosine	4.06	4.43	4.48	5.18	4.52
Threonine	3.66	3.84	3.88	3.92	3.90
Tryptophan*	4.36	4.43	4.52	5.21	4.58
Phenylalanine*	3.88	4.26	4.35	5.13	5.09
Amount	87.73	89.73	90.85	95.43	94.62
Essential amino acids, % of total amino acids	37.0	37.0	37.0	38.0	39.0

Note: *essential amino acids.

It was established that concentration of heavy metals under the influence of the applied means of chemicalization changed (Table 2). Thus, concentration of copper in potato tubers varied on average from 1.35 to 1.46 mg/kg dry mass in the variants of the experiment.

The content of heavy metals and cesium-137 in potato tubers depending on the chemicals used (2013—2015)

Variant	Content, mg/kg					Specific Activity ¹³⁷ Cs, BK/kg	Reduction ratio, times
	Cu	Pb	Zn	Mn	Cd		
Control without fertilizers	1.35	0.11	3.86	11.21	0.01	80	—
Manure 80 t/ha	1.37	0.16	2.53	10.87	0.015	30	2.67
Manure 40 t/ha + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀	1.22	0.12	0.36	12.04	0.015	26	3.08
N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀	1.32	0.08	3.18	9.16	0.015	21	3.81
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀	1.43	0.06	3.52	11.18	0.02	20	4.00
N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀	1.46	0.22	3.75	11.56	0.025	17	4.71
Manure 40 t/ha + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides	1.12	0.11	2.30	9.97	0.015	19	4.21
N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides	0.86	0.06	2.12	10.26	0.015	23	3.48
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + pesticides	0.68	0.06	2.42	11.18	0.018	18	3.44
N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + pesticides	1.32	0.13	2.48	12.45	0.025	16	5.00
Manure 40 t/ha + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides + Gumistim	1.06	0.10	2.09	11.16	0.01	17	4.71
N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + pesticides + Gumistim	0.74	0.06	2.18	10.17	0.012	17	4.41
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + pesticides + Gumistim	1.18	0.05	2.22	10.13	0.015	14	5.71
N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + pesticides + Gumistim	1.26	0.10	2.34	9.60	0.02	10	8.0
MAC, mg/kg	5.0	0.5	10.0	—	0.03		

The introduction of consistently increasing doses of mineral fertilizers resulted in increase in concentration of copper in potato tubers compared to the control, but its concentration in tubers did not exceed the marginal acceptable concentration (MAC).

The concentration of lead varied in the range of 0.05—0.22 mg/kg in variants on average over the research years. Complex application of chemicals (var. 7—14) contributed to decrease in concentration of lead in potato tubers in comparison with the control.

Content of manganese in potato tubers varied from 9.16 to 12.45 mg/kg according to the variants of the experiment, with its concentration in tubers of 11.21 mg/kg.

The potassium content in potato tubers did not exceed the threshold value (0.03 mg/kg) on average over the research years, and it was within the marginal acceptable concentration (MAC).

During five-year research specific activity of cesium-137 in the control variant was 80 Bq/kg (standard 120 Bq/kg). The applied chemicals contributed to the reduction of specific activity of ¹³⁷Cs in potato tubers. The application of organic fertilizer system (manure 80 t/ha) resulted in 2.67-fold reducing the specific activity of ¹³⁷Cs in potato tubers in comparison with the control. Organic-mineral system of fertilizer caused 3-fold decrease in specific activity of cesium-137 in potato tubers compared to the control. The use of the mineral fertilizer system with consistently increasing doses of NPK reduced the specific activity of ¹³⁷Cs in potato tubers by 3.81—4.71 times. The use of plant protection chemicals has also contributed to the reduction in the specific activity of ¹³⁷Cs in potato tubers through biological dilution while increasing the yields of potato tubers in these variants.

Complex application of chemicals contributed to the reduction of specific activity of cesium-137 in potato tubers compared to the control variant. The greatest decrease in the specific activity of ¹³⁷Cs (8.0 times) was obtained in the variant N₂₂₅R₉₀K₂₇₀ in combination with pesticides and bio-agent Gumistim (var. 14).

Conclusions

Thus, while cultivating potatoes in sod-podzolic sandy radioactively contaminated soil the maximum yields of potato tubers of 31.1 t/ha was achieved by using the organic-mineral system of fertilizers (manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀) in complex with plant protection agents and Gumistim. The applied fertilizer systems, both in separate application and in combination with the pesticides and Gumistim reduced the starch content in tubers by 1.5—1.9%, and increased the protein content in tubers on average by 0.13—0.25%. The maximum protein yield of 0.876 t/ha was ensured the variant with organic mineral system (manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀) in combination with pesticides and bioagent Gumistim. The greatest level of essential amino acids in potato tubers was provided by the organic-mineral (manure 40 t/ha + N₇₅P₃₀K₉₀) and mineral (N₁₅₀P₆₀K₁₈₀) systems in combination with plant protection means and Gumistim. The concentration of heavy metals in potato tubers in all studied fertilizer systems did not exceed MAC. Specific activity of ¹³⁷Cs in potato tubers was reduced from 2.67—8.0 times both in separate and complex application under the influence of the studied fertilizer systems.

REFERENCES

1. Vorobiev VA. Evaluation of potato fertilization systems under field crop rotations. *Agrarian science*. 2015; (3):14—16. (In Russ).
2. Korshunov AV, Simakov EA, Lysenko YN, Anisimov BV, Mityushkin AV, Gaitov MY. Actual problems and priority directions of innovative development of potato breeding. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32(3):12—20. (In Russ). Available from: doi: 10.24411/0235-2451-2018-10303.
3. Alsmik PI. *Potato Selection in Belarus*. Minsk: Urozhai Publ.; 1979. (In Russ).
4. Vlasenko NE. *Potato fertilizing*. Moscow: Agropromizdat Publ., 1987. (In Russ).
5. Mikhailova LA, Aleshin MA, Aleshina DV. Efficiency of potash fertilizers in the cultivation of potato variety Nevsky on sod-podzolic heavy loamy soil. *Glavnyi agronom* [Chief Agronomist]. 2012; (3):23—25. (In Russ).
6. Sychev VG, Shapovalov VF, Belous NM, Shlyk DP. Fertilization and protection of potatoes in conditions of radioactive contamination. *Plodorodie*. 2004; (5):37—38. (In Russ).
7. Makarov OA, Stepanov AA, Cherkashina NF, Chistova OA, Panina NN. Experience of the assessment of influence of humic preparations on productivity and quality of potatoes. *Agrochemical Herald*. 2016; (1):22—26. (In Russ)
8. Matevosyan LG, Kudashov AA. Action of growth regulators, stability inductors and herbicides in potato cultivation. In: *Plant Protection and Growth Regulation of Vegetable Crops and Potatoes*. Saint Petersburg: SPbSAU Publ.; 2004. p. 70—82. (In Russ).
9. Butov AV, Adoniev SO. Plant growth regulators on potato. *Potato and Vegetables*. 2015; (5):29—30. (In Russ).
10. Manukyan AI, Romanova MS, Khaksar EV, Murzin AI, Martynov MS. Effects of humic fertilizer Gumostim from peat and different types of containers on growth of improved potato plants. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016; 30(10):69—70. (In Russ).
11. Shapovalov VF, Belous NM, Malyavko GP, Kharkevich LP. The effect of chemicals on productivity and quality of oats in the conditions of radioactive pollution. *Grain Economy of Russia*. 2016; (2):68—72. (In Russ).
12. Malyavko GP, Belous NM, Shapovalov VF. *Scientific Substantiation of cultivation technologies of winter rye in the South-West of Russia*. Bryansk: Bryansk State Agricultural Academy Publ.; 2010. (In Russ).

13. Belous NM, Anishina YA, Shapovalov VF, Smolski EV. Potash fertilizers as a factor of influence on the content of cesium-137 in green mass of perennial grasses. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2012; (1):54—61. (In Russ).
14. Dospikhov BA. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experiments]. Moscow: Agropromizdat Publ.; 1985. (In Russ).
15. *Methodical instructions for determination of natural radionuclides in soils and plants*. Moscow: TsINAO Publ.; 1985. (In Russ).

Article history:

Received: 27 March 2019

Accepted: 26 April 2019

About authors:

Sekimikov Aleksey Evgenievich — Postgraduate Student of the Department of Agrochemistry, soil science and ecology, Bryansk State Agrarian University; 2a, Sovetskaya st., Kokino village, Vygonichi district, Bryansk region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

Sedov Vladimir Vitalievich — Postgraduate Student of the Department of Agrochemistry, soil science and ecology, Bryansk State Agrarian University; 2a, Sovetskaya st., Kokino village, Vygonichi district, Bryansk region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

Shapovalov Viktor Fedorovich — Doctor of Science in Agriculture, Professor of the Department of Agrochemistry, soil science and ecology, Bryansk State Agrarian University; 2a, Sovetskaya st., Kokino village, Vygonichi district, Bryansk region, 243365, Russian Federation; e-mail: bgsha@bgsha.com

For citation:

Sekimikov AE, Sedov VV, Shapovalov VF. Yield and quality of potato tubers depending on a complex of chemicals applied under radioactive contamination. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):133—141. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-133-141.

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-133-141

Научная статья

Продуктивность и качество клубней картофеля в зависимости от комплекса применяемых средств химизации в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов

А.Е. Секирников*, В.В. Седов, В.Ф. Шаповалов

Брянский государственный аграрный университет,
Брянская область, Российская Федерация
*bgsha@bgsha.com

Аннотация. В условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий юго-запада Центрального Нечерноземья Российской Федерации изучали влияние комплексного применения средств химизации на продуктивность и качество клубней картофеля сорта Кураж, возделываемого в плодосменном севообороте на дерново-подзолистой песчаной почве. Показано, что в условиях

проводимого эксперимента оптимальной системой удобрения, обеспечивающей максимальную урожайность клубней, оказалась органоминеральная система (навоз 40 т/га + N₇₅P₃₀K₉₀), применяемая в комплексе с химическими средствами защиты растений от вредных организмов и биопрепаратом Гумистим. Отмечено, что под влиянием комплексного применения изучаемых средств химизации повышалась белковость и снижалась крахмалистость, улучшался аминокислотный состав, концентрация тяжелых металлов и удельная активность цезия-137 не превышала санитарно-гигиенических нормативов (СанПиН 2.3.3 1078—01).

Ключевые слова: картофель, урожайность, товарность, крахмал, нитраты, тяжелые металлы, аминокислоты, цезий-137

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев В.А. Оценка систем удобрения картофеля в полевом севообороте // Аграрная наука. 2015. № 3. С. 14—16.
2. Коршунов А.В., Симаков Е.А., Лысенко Ю.Н., Анисимов Б.В., Митюшкин А.В., Гаитов М.Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 12—20. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10303.
3. Альсмик П.И. Селекция картофеля в Белоруссии. Минск: Урожай, 1979. 128 с.
4. Власенко Н.Е. Удобрение картофеля. М.: Агропромиздат, 1987. 219 с.
5. Михайлова Л.А., Алешин М.А., Алешина Д.В. Эффективность калийных удобрений при возделывании картофеля сорта Невский на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве // Главный агроном. 2012. № 3. С. 23—25.
6. Сычев В.Г., Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М., Шлык Д.П. Удобрение и защита картофеля в условиях радиоактивного загрязнения // Плодородие. 2004. № 5. С. 37—38.
7. Макаров О.А., Степанов А.А., Черкашина Н.Ф., Чистова О.А., Панина Н.Н. Опыт оценки влияния гуминовых препаратов на урожайность и качество картофеля // Агрохимический вестник. 2016. № 1. С. 22—26.
8. Матевосян Г.Л., Кудашов А.А. Действие регуляторов роста, индукторов устойчивости и гербицидов при выращивании картофеля // Защита и регуляция роста овощных культур и картофеля: сб. научн. тр. СПб.: СПГАУ, 2004. С. 70—82.
9. Бутов А.В., Адоньев С.О. Регуляторы роста на картофеле // Картофель и овощи. 2015. № 5. С. 29—30.
10. Манукян А.И., Романова М.С., Хаксар Е.В., Мурзин А.И., Мартынов М.С. Изучение влияния гуминового удобрения из торфа Гумостим и различных вариантов сосудов на рост растений оздоровленного картофеля // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 10. С. 69—70.
11. Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М., Малявко Г.П., Харкевич Л.П. Действие средств химизации на урожайность и качество зерна овса в условиях радиоактивного загрязнения // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2. С. 68—72.
12. Малявко Г.П., Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Научное обоснование технологий возделывания озимой ржи на юго-западе России. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2010. 247 с.
13. Белоус Н.М., Анишина Ю.А., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Калийные удобрения как фактор влияния на содержание в зеленой массе многолетних трав цезия-137 // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 54—61.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 357 с.
15. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985. 22 с.

История статьи:

Поступила в редакцию: 27 марта 2019 г.

Принята к публикации: 26 апреля 2019 г.

Об авторах:

Секирников Алексей Евгеньевич — аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а; e-mail: bgsha@bgsha.com

Седов Владимир Витальевич — аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, Брянский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а; e-mail: bgsha@bgsha.com

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

Для цитирования:

Sekirnikov A.E., Sedov V.V, Shapovalov V.F. Yield and quality of potato tubers depending on a complex of chemicals applied under radioactive contamination // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 133—141. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-133-141.

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-142-153

Научная статья

Вынос элементов питания и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов озимой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности

Н.Я. Ребух, П.М. Политыко, В.Н. Капранов,
Е.Ф. Киселев

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», пос. Новоивановское,
Московская обл., Российская Федерация

Аннотация. Изучен вынос элементов питания и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов озимой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности. Схема опыта включала три системы удобрений, рассчитанные нормативным методом на три уровня урожайности (6, 8 и 10 т/га) с корректировкой на фактическое содержание подвижного фосфора и калия в почве. Образцы зерна и соломы отбирали перед уборкой по каждому сорту и технологии, в отобранных образцах определяли содержание элементов питания. Результаты анализов приводили на абсолютно сухое вещество. Расчет выноса питательных веществ осуществляли на 14 % влажность. Вынос элементов питания и окупаемость удобрений урожаем сортов озимой пшеницы зависят от генетических особенностей и технологии возделывания. При высокоинтенсивной технологии меньшей окупаемостью удобрений характеризовался сорт Московская 39—21 кг/кг, большей — Немчиновская 17—29 кг/кг. Чем высота стебля ниже, тем меньшее значение удельного выноса питательных веществ. В этом отношении выделяется сорт Немчиновская 24, поскольку в базовой технологии в сумме NPK составляло 210 кг/га, интенсивной — 330, высокоинтенсивной — 450 кг/га. В среднем за годы исследований меньшие затраты удобрений отмечены. С ростом интенсивности технологии, от базовой к высокоинтенсивной, вынос и затраты удобрений увеличиваются, а их окупаемость снижается.

Ключевые слова: озимая пшеница, вынос элементов питания, затраты, окупаемость удобрений, сорт, технология

Необходимость применения сортовой агротехники применительно к определенному сорту отмечал еще в начале прошлого столетия Н.И. Вавилов [1]. В настоящее время гипотеза о неравнозначности реакции сортов культурных растений на технологии их возделывания подтверждается во многих работах, где отражены особенности сортов в неодинаковой мере потреблять элементы питания из почвы и удобрений [2—6].

© Ребух Н.Я., Политыко П.М., Капранов В.Н., Киселев Е.Ф., 2019.



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

Генетиками и селекционерами постоянно создаются новые сорта с более высоким потенциалом урожая и улучшением его качества, в практике растениеводства происходит постоянная сортосмена. Высокопродуктивные сорта обычно обладают и высокой требовательностью к условиям роста. В результате возникает необходимость регулярной корректировки расчетных коэффициентов при определении дозы удобрений в зависимости от особенностей корневого питания новых сортов.

В основе разработанных балансовых методов расчета доз удобрений лежат коэффициенты использования растениями элементов питания из почвы и удобрений с учетом выноса [7]. Из-за значительной их вариабельности в разных почвенно-климатических условиях под влиянием биотических и абиотических факторов в последние годы эти методы не рекомендуются при планировании применения минеральных удобрений. Перспективными показателями при расчете следует считать: коэффициент возмещения выноса и норматив выноса [8].

В настоящее время нормативная база для научного обоснования доз минеральных удобрений с учетом генетической специфики минерального питания отдельно взятого сорта отсутствует. Такие показатели как нормативы затрат удобрений на получение урожая, нормативы выноса элементов питания единицей урожая не дифференцированы по сортам, а разработаны лишь применительно к отдельно взятой культуре, что не позволяет сельхозпроизводителю в современных рыночных условиях рассчитать потребность сорта в удобрениях. Несомненно, система удобрений должна разрабатываться не к какой-то отдельной культуре, а с учетом особенностей конкретного сорта. Это позволяет рационально использовать минеральные удобрения, по возможности снизить производственные затраты и более полно раскрыть сорта как элемент технологии по продуктивности и качеству зерна. Этой актуальнейшей проблеме и посвящены наши исследования.

Материалы и методы

Исследования проводили на полях Московского НИИСХ «Немчиновка» в стационарных опытах, размещаемых в пятипольном севообороте, в которых изучали реакцию сортов озимой пшеницы на применяемые технологии: базовую, интенсивную и высокоинтенсивную, отличающихся уровнем применения минеральных удобрений и средств защиты растений.

Почва под стационарными опытами — дерново-подзолистая среднесуглинистая, имеющая следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,6—6,3; гумус — 1,8—2,0%; N_g — 1,16—1,34 ммоль/100 г; содержание подвижного фосфора и калия 274—316 и 110—137 мг/кг почвы (по Кирсанову). Мощность пахотного горизонта — 20—22 см. Плотность сложения почвы в равновесном состоянии — 1,20—1,35 г/см³. Система обработки почвы — комбинированная.

В опытах изучали сорта озимой пшеницы селекции Московского НИИСХ «Немчиновка»: Московская 40 (st.), Немчиновская 17, Немчиновская 24, Немчиновская 57, Московская 56, Московская 39 и Галина.

Схема опыта включала три системы удобрений, рассчитанные нормативным методом на три уровня урожайности (6, 8 и 10 т/га) с корректировкой на фактическое содержание подвижного фосфора и калия в почве. Дозы азотных удобрений в подкормку уточнялись по результатам растительной диагностики [9]. В итоге общие дозы минеральных удобрений составляли: по базовой технологии — N30P60K90 при основной обработке почвы и N30 в подкормку (весной в фазу кущения); по интенсивной — соответственно N30P90K120 и N60 (фаза кущения), N30 (фаза выхода в трубку); по высокоинтенсивной технологии — N30P120K180 + N60 (фаза кущения) + N30 (фаза выхода в трубку) + N30 (колошение).

Образцы зерна и соломы отбирали перед уборкой по каждому сорту и технологии, в которых определяли содержание элементов питания. Результаты анализов приводили на абсолютно сухое вещество. Расчет выноса питательных веществ осуществляли на 14% влажность.

Результаты и их обсуждение

Для расчетов использованы данные полевых опытов с вышеуказанными сортами озимой пшеницы, проведенных в 2012—2017 гг.

Установлено, что с ростом интенсивности возделывания у всех сортов содержание элементов питания в зерне и соломе и их вынос на единицу продукции значительно повышаются (табл. 1). Стандартный сорт Московская 40 при выращивании по базовой технологии в зерне содержал 2,23 % общего азота и выносил 24,5 кг на 1 тонну продукции. При интенсивной и высокоинтенсивной технологиях эти показатели увеличиваются до 2,39—2,66% и 26,9—31,2 кг/т. Следует отметить практически одинаковое потребление азота в сравнении со стандартом сортом Немчиновская 17. По базовой технологии в зерне этого сорта содержалось 2,25% азота, по высокоинтенсивной — 2,60%, соответственно вынос составлял 25,7 и 30,1 кг/т продукции. Если сопоставить данные в среднем по технологиям, то в основной продукции этих сортов накапливалось 2,43% азота при удельном выносе 27,5—27,8 кг/т.

Вследствие сортовых особенностей, в зерне Немчиновской 24 содержание азота изменялась по технологиям от 1,97 до 2,38%, а вынос тонной продукцией — от 20,9 до 25,6 т/га, т.е. в среднем нормативный вынос был меньше на 16% в сравнении с сортом Московская 40.

По базовой технологии в зерне остальных четырех сортов Немчиновская 57, Московская 56, Московская 39 и Галина содержалось 2,02—2,13% азота, по высокоинтенсивной — 2,46—2,67%. Менее всего в среднем по технологиям азота в зерне накапливалось у сорта Галина — 2,29%. Вынос при базовой технологии варьировал с 23,0 кг/т у сорта Московская 39 до 23,8 кг/т — Немчиновская 57. По высокоинтенсивной технологии показатель, наоборот, изменялся с 28,5 кг/т у сорта Немчиновская 57 до 30,8 кг/т — Московской 39. В среднем по технологиям по этим сортам нормативный вынос азота был минимальным у сорта Галина — 26,1 до 26,8 кг/т у сорта Московская 56.

Таблица 1

**Содержание элементов питания в основной и побочной продукции
сортов озимой пшеницы и вынос их урожаем (среднее за 2012—2017 гг.)**

Сорт	Тех- ноло- гия	Содержание, % на абсолютно сухое в-во						Вынос урожаем зерна с учетом побочной, кг/т		
		зерно			солома					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Московская 40 (st.)	1	2,23	0,77	0,55	0,54	0,20	1,65	24,5	8,7	21,2
	2	2,39	0,85	0,58	0,60	0,27	1,82	26,9	10,2	24,3
	3	2,66	0,87	0,61	0,71	0,37	2,04	31,2	11,8	28,8
Среднее		2,43	0,83	0,58	0,62	0,28	1,84	27,5	10,2	24,8
Немчиновская 17	1	2,25	0,76	0,54	0,58	0,23	1,76	25,7	9,0	23,0
	2	2,43	0,81	0,57	0,62	0,28	2,01	27,6	10,0	26,5
	3	2,60	0,88	0,58	0,73	0,34	2,31	30,1	11,2	29,3
Среднее		2,43	0,82	0,56	0,64	0,28	2,03	27,8	10,1	26,3
Немчиновская 24	1	1,97	0,71	0,56	0,50	0,19	1,72	20,9	7,6	18,4
	2	2,15	0,77	0,58	0,55	0,25	1,89	22,9	8,7	20,4
	3	2,38	0,80	0,60	0,57	0,37	2,16	25,6	10,2	24,7
Среднее		2,17	0,76	0,58	0,54	0,27	1,92	23,1	8,8	21,2
Немчиновская 57	1	2,12	0,76	0,55	0,55	0,21	1,64	23,8	8,7	21,3
	2	2,35	0,82	0,57	0,59	0,26	1,83	26,4	9,8	23,9
	3	2,46	0,88	0,60	0,68	0,33	2,04	28,5	10,9	27,1
Среднее		2,31	0,82	0,57	0,61	0,27	1,84	26,2	9,8	24,1
Московская 56	1	2,13	0,77	0,55	0,57	0,17	1,64	23,4	8,1	19,4
	2	2,42	0,81	0,57	0,65	0,23	1,78	27,3	9,2	22,6
	3	2,57	0,82	0,60	0,72	0,31	1,93	29,7	10,3	25,4
Среднее		2,37	0,80	0,57	0,65	0,24	1,78	26,8	9,2	22,5
Московская 39	1	2,08	0,72	0,54	0,52	0,20	1,65	23,0	8,2	20,9
	2	2,33	0,79	0,56	0,60	0,25	1,80	26,2	9,4	23,5
	3	2,67	0,83	0,57	0,70	0,34	1,96	30,8	10,9	27,0
Среднее		2,36	0,78	0,56	0,61	0,26	1,80	26,7	9,5	23,8
Галина	1	2,02	0,75	0,57	0,54	0,19	1,69	23,5	8,1	19,7
	2	2,36	0,80	0,59	0,63	0,25	1,79	26,2	9,1	21,1
	3	2,50	0,85	0,62	0,75	0,28	2,06	28,6	9,9	24,4
Среднее		2,29	0,80	0,59	0,64	0,24	1,85	26,1	9,0	21,7

Примечание: 1 — базовая (N60P60K90); 2 — интенсивная (N120P90K120); 3 — высокоинтенсивная технология (N150P120K180).

Table 1

Nutrient content in grain and by-products of winter wheat varieties and nutrient removal (average for 2012–2017)

Variety	Technology	Content, % on absolutely dry matter						Total removal including by-products, kg/t		
		grain			straw					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Moskovskaya 40 (st.)	1	2.23	0.77	0.55	0.54	0.20	1.65	24.5	8.7	21,2
	2	2.39	0.85	0.58	0.60	0.27	1.82	26.9	10.2	24,3
	3	2.66	0.87	0.61	0.71	0.37	2.04	31.2	11.8	28,8
Average		2.43	0.83	0.58	0.62	0.28	1.84	27.5	10.2	24.8
Nemchinovskaya 17	1	2.25	0.76	0.54	0.58	0.23	1.76	25.7	9.0	23,0
	2	2.43	0.81	0.57	0.62	0.28	2.01	27.6	10.0	26,5
	3	2.60	0.88	0.58	0.73	0.34	2.31	30.1	11.2	29,3
Average		2.43	0.82	0.56	0.64	0.28	2.03	27.8	10.1	26.3
Nemchinovskaya 24	1	1.97	0.71	0.56	0.50	0.19	1.72	20.9	7.6	18,4
	2	2.15	0.77	0.58	0.55	0.25	1.89	22.9	8.7	20,4
	3	2.38	0.80	0.60	0.57	0.37	2.16	25.6	10.2	24,7
Average		2.17	0.76	0.58	0.54	0.27	1.92	23.1	8.8	21.2
Nemchinovskaya 57	1	2.12	0.76	0.55	0.55	0.21	1.64	23.8	8.7	21,3
	2	2.35	0.82	0.57	0.59	0.26	1.83	26.4	9.8	23,9
	3	2.46	0.88	0.60	0.68	0.33	2.04	28.5	10.9	27,1
Average		2.31	0.82	0.57	0.61	0.27	1.84	26.2	9.8	24.1
Moskovskaya 56	1	2.13	0.77	0.55	0.57	0.17	1.64	23.4	8.1	19,4
	2	2.42	0.81	0.57	0.65	0.23	1.78	27.3	9.2	22,6
	3	2.57	0.82	0.60	0.72	0.31	1.93	29.7	10.3	25,4
Average		2.37	0.80	0.57	0.65	0.24	1.78	26.8	9.2	22.5
Moskovskaya 39	1	2.08	0.72	0.54	0.52	0.20	1.65	23.0	8.2	20,9
	2	2.33	0.79	0.56	0.60	0.25	1.80	26.2	9.4	23,5
	3	2.67	0.83	0.57	0.70	0.34	1.96	30.8	10.9	27,0
Average		2.36	0.78	0.56	0.61	0.26	1.80	26.7	9.5	23.8
Galina	1	2.02	0.75	0.57	0.54	0.19	1.69	23.5	8.1	19,7
	2	2.36	0.80	0.59	0.63	0.25	1.79	26.2	9.1	21,1
	3	2.50	0.85	0.62	0.75	0.28	2.06	28.6	9.9	24,4
Average		2.29	0.80	0.59	0.64	0.24	1.85	26.1	9.0	21.7

Note: 1 — standard (N₆₀P₆₀K₉₀); 2 — intensive (N₁₂₀P₉₀K₁₂₀); 3 — high-intensity technology (N₁₅₀P₁₂₀K₁₈₀).

Различия по содержанию фосфора в основной продукции сортов озимой пшеницы были менее существенные. По базовой технологии накапливалось от 0,71 до 0,77%, интенсивной — 0,77—0,85%, высокоинтенсивной — 0,80—0,88%. В среднем по технологиям меньше фосфора содержалось в зерне сорта Немчиновская 24 — 0,76%, больше накапливалось у сорта Московская 40 — 0,83%. Вынос фосфора одной тонной зерна с учетом побочной продукции также имел различия как по сортам, так и технологиям. Если с урожаем сорта Немчиновская 24 с повышением интенсивности возделывания вынос составлял 7,6—10,2 кг/т, то, например, по сорту Московская 40 он равнялся 8,7—11,8 кг/т, сорту Немчиновская 17 — 9,0—11,2 кг/т, Московская 39 — 8,2—10,9 кг/т, Московская 56 — 8,1—10,3 кг/т, Немчиновская 57 — 8,7—10,9 кг/т, Галина — 8,1—9,9 кг/т. В среднем по технологиям сопоставимыми показателями удельного выноса фосфора выделялись сорта Немчиновская 24 и Галина (8,8—9,0 кг/т), Немчиновская 17 и Московская 40 (10,1—10,2 кг/т), Московская 39 и Немчиновская 57 (9,5—9,8 кг/т).

Различия по содержанию калия в зерне сортов озимой пшеницы по технологиям возделывания менее заметны. В среднем по технологиям колебания составляли от 0,56 до 0,59%. Известно, что больше калия накапливается в соломе. С повышением доз внесения калийных удобрений содержание калия в соломе увеличивалось. Наибольший рост отмечался у сорта Немчиновская 17, у которого при высокоинтенсивной технологии калия накапливалось 2,31% — выше, чем у сорта Московская 40, на 0,27%. Сопоставимыми значениями накопления в среднем по технологиям характеризовались сорта Московская 39 и Московская 56 (1,78—1,80%), Московская 40, Немчиновская 57 и Галина (1,84—1,85%). У короткостебельного сорта Немчиновская 24 содержание калия в соломе составляло в среднем 1,92%.

Больше калия выносил сорт Немчиновская 17 — в среднем 26,3 кг/т. У этого же сорта с ростом интенсивности технологии удельный вынос увеличивался с 23,0 до 29,3 кг/т. Одной тонной продукцией сорта Московская 40 выносилось от 21,2 до 28,8 кг калия. У остальных сортов значения были ниже, а наименьшими в среднем по технологиям у сортов Немчиновская 24 и Галина — соответственно 21,2 и 21,7 кг/т.

Установлена связь нормативного выноса с дозами азота, фосфора и калия. При выборке по каждому сорту 15 пар получена тесная линейная корреляция. Уравнения регрессии приведены в табл. 2. Вынос азота на 59—67% зависел от доз применения азотных удобрений, фосфора — на 65—96% от доз фосфорных удобрений, калия — на 66—92% от доз калийных удобрений. При этом коэффициент вариации V нормативного выноса азота изменялся от 7,9% у сорта Немчиновская 17 до 15,4% — Московская 39. Вариабельность значений нормативного выноса фосфора по сортам составляла 9,7—13,7%. Меньшей величиной характеризовался сорт Галина, большей — Немчиновская 24. Коэффициент вариации нормативного выноса калия изменялся от 10,6% у сорта Немчиновская 57 до 15,1% — Немчиновская 24. Все полученные коэффициенты соответствует допустимой (средней) изменчивости.

Таблица 2

Зависимости удельного выноса основных элементов питания Y , кг/т, урожаем основной и побочной продукции сортов озимой пшеницы от доз азота, фосфора и калия x , кг/га

Сорт	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции R	Коэффициент детерминации R^2
Московская 40 (st.)	$Y_N = 0,068x + 19,94$	0,77	0,59
	$Y_{P_{205}} = 0,051x + 5,61$	0,98	0,96
	$Y_{K_{20}} = 0,065x + 15,25$	0,96	0,92
Немчиновская 17	$Y_N = 0,045x + 22,78$	0,80	0,64
	$Y_{P_{205}} = 0,036x + 5,93$	0,81	0,65
	$Y_{K_{20}} = 0,067x + 17,56$	0,81	0,66
Немчиновская 24	$Y_N = 0,048x + 17,65$	0,77	0,60
	$Y_{P_{205}} = 0,043x + 4,91$	0,92	0,84
	$Y_{K_{20}} = 0,069x + 12,08$	0,85	0,72
Немчиновская 57	$Y_N = 0,052x + 20,50$	0,80	0,65
	$Y_{P_{205}} = 0,036x + 6,53$	0,89	0,80
	$Y_{K_{20}} = 0,062x + 15,97$	0,96	0,92
Немчиновская 56	$Y_N = 0,069x + 19,14$	0,82	0,67
	$Y_{P_{205}} = 0,036x + 5,93$	0,96	0,91
	$Y_{K_{20}} = 0,064x + 14,08$	0,89	0,79
Московская 39	$Y_N = 0,081x + 17,72$	0,77	0,59
	$Y_{P_{205}} = 0,045x + 5,40$	0,96	0,92
	$Y_{K_{20}} = 0,062x + 15,45$	0,96	0,92
Галина	$Y_N = 0,070x + 17,84$	0,81	0,65
	$Y_{P_{205}} = 0,051x + 6,22$	0,91	0,83
	$Y_{K_{20}} = 0,053x + 14,79$	0,86	0,75

Table 2

Dependencies of specific nutrient removal Y , kg/t, with grain and by-products of winter wheat varieties depending on nitrogen, phosphorus and potassium doses x , kg/ha

Variety	Regression equation	Correlation coefficient R	Determination coefficient R^2
Moskovskaya 40 (st.)	$Y_N = 0.068x + 19.94$	0.77	0.59
	$Y_{P_{205}} = 0.051x + 5.61$	0.98	0.96
	$Y_{K_{20}} = 0.065x + 15.25$	0.96	0.92
Nemchinovskaya 17	$Y_N = 0.045x + 22.78$	0.80	0.64
	$Y_{P_{205}} = 0.036x + 5.93$	0.81	0.65
	$Y_{K_{20}} = 0.067x + 17.56$	0.81	0.66
Nemchinovskaya 24	$Y_N = 0.048x + 17.65$	0.77	0.60
	$Y_{P_{205}} = 0.043x + 4.91$	0.92	0.84
	$Y_{K_{20}} = 0.069x + 12.08$	0.85	0.72
Nemchinovskaya 57	$Y_N = 0.052x + 20.50$	0.80	0.65
	$Y_{P_{205}} = 0.036x + 6.53$	0.89	0.80
	$Y_{K_{20}} = 0.062x + 15.97$	0.96	0.92
Nemchinovskaya 56	$Y_N = 0.069x + 19.14$	0.82	0.67
	$Y_{P_{205}} = 0.036x + 5.93$	0.96	0.91
	$Y_{K_{20}} = 0.064x + 14.08$	0.89	0.79
Moskovskaya 39	$Y_N = 0.081x + 17.72$	0.77	0.59
	$Y_{P_{205}} = 0.045x + 5.40$	0.96	0.92
	$Y_{K_{20}} = 0.062x + 15.45$	0.96	0.92
Galina	$Y_N = 0.070x + 17.84$	0.81	0.65
	$Y_{P_{205}} = 0.051x + 6.22$	0.91	0.83
	$Y_{K_{20}} = 0.053x + 14.79$	0.86	0.75

Затраты удобрений NPK на производство одной тонны зерна озимой пшеницы менее различались между сортами, но в большей мере зависели от технологии возделывания, главным образом от уровня применения минеральных удобрений (табл. 3). Так, по базовой технологии в сумме NPK составляло 210 кг/га, интенсивной — 330, высокоинтенсивной — 450 кг/га. В среднем за годы исследований меньшие затраты удобрений отмечены у сорта Немчиновская 24. С увеличением интенсивности технологии они составляли соответственно 47, 52 и 61 кг/т. Сопоставимыми затратами NPK по высокоинтенсивной технологии выделялись сорта Московская 40, Немчиновская 17 и Московская 39 — 71—72 кг/т, а также сорта Немчиновская 56 и Немчиновская 57 — 65 и 67 кг/т соответственно.

Таблица 3

Затраты и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов озимой пшеницы селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» (среднее за 2012—2017 гг.)

Сорт	Технология	Урожайность, т/га	Затраты удобрений NPK, кг/т	Окупаемость 1 кг NPK урожаем, кг
Московская 40 (st.)	1	6,92	54	33
	2	8,49	61	26
	3	10,56	72	23
Немчиновская 17	1	8,77	58	42
	2	10,53	64	32
	3	12,97	71	29
Немчиновская 24	1	7,63	47	36
	2	9,10	52	28
	3	11,19	61	25
Немчиновская 57	1	7,97	54	38
	2	9,86	60	30
	3	11,11	67	25
Московская 56	1	8,52	51	41
	2	9,63	59	29
	3	11,73	65	26
Московская 39	1	6,98	52	33
	2	8,10	59	25
	3	9,64	71	21
Галина	1	7,81	53	37
	2	9,09	57	28
	3	11,53	69	26

Примечание: 1 — базовая (N60P60K90); 2 — интенсивная (N120P90K120); 3 — высокоинтенсивная технология (N150P120K180).

Table 3

Costs and payback of mineral fertilizers with harvest of winter wheat varieties (average for 2012–2017)

Variety	Technology	Yield, t/ha	NPK fertilizer costs, kg/t	Payback of 1 kg NPK by harvest, kg
Moskovskaya 40 (st.)	1	6.92	54	33
	2	8.49	61	26
	3	10.56	72	23
Nemchinovskaya 17	1	8.77	58	42
	2	10.53	64	32
	3	12.97	71	29
Nemchinovskaya 24	1	7.63	47	36
	2	9.10	52	28
	3	11.19	61	25
Nemchinovskaya 57	1	7.97	54	38
	2	9.86	60	30
	3	11.11	67	25
Nemchinovskaya 56	1	8.52	51	41
	2	9.63	59	29
	3	11.73	65	26
Moskovskaya 39	1	6.98	52	33
	2	8.10	59	25
	3	9.64	71	21
Galina	1	7.81	53	37
	2	9.09	57	28
	3	11.53	69	26

Note: 1 — standard ($N_{60}P_{60}K_{90}$); 2 — intensive ($N_{120}P_{90}K_{120}$); 3 — high-intensity technology ($N_{150}P_{120}K_{180}$).

С увеличением доз применения минеральных удобрений (от базовой технологии к высокоинтенсивной) их окупаемость урожаем, как правило, снижалась. Наибольшей величиной по базовой технологии отличались сорта Немчиновская 17 и Московская 56, составляя соответственно 42 и 41 кг/кг. Окупаемость затрат удобрений урожаем сортов Немчиновская 24, Немчиновская 57 и Галина при базовой технологии составляла 36—38 кг/кг. Одинаковые значения окупаемости (33 кг/кг) получены по сортам Московская 40 и Московская 39.

При высокоинтенсивной технологии меньшей окупаемостью удобрений характеризовался сорт Московская 39 — 21 кг/кг, большей — Немчиновская 17 — 29 кг/кг.

Заключение

С повышением интенсивности возделывания сортов озимой пшеницы нормативный вынос элементов питания увеличивается. Эта закономерность прослеживается по всем сортам. Наоборот, окупаемость удобрений урожаем от базовой технологии к высокоинтенсивной снижается. При расчете доз минеральных удобрений нормативным методом следует учитывать сортовые особенности озимой пшеницы, условия питания растений, агрохимическую характеристику почвы, метеорологические и технологические факторы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сенченкова Е.М., Торшин С.П. Вопросы агрохимии в трудах Н.И. Вавилова (К 100-летию со дня рождения) // *Агрохимия*. 1987. № 10. С. 136—141.
2. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат, 1991. 451 с.
3. Войтович Н.В., Хачидзе А.С., Мамедов М.Г., Горбунова Н.И. Влияние сортовых агротехнологий на вынос питательных веществ и окупаемость удобрений зерном озимых культур // Проблемы селекции и технологии возделывания зерновых культур: материалы научной конференции. Новоивановское-Немчиновка, 2008. С. 385—391.
4. Трапезников В.К., Иванов И.И., Тальвинская Н.Г., Анохина Н.Л., Никонов В.И. Особенности минерального питания сортов и видов яровой пшеницы при различных способах внесения удобрения // *Агрохимия*. 2004. № 1. С. 51—59.
5. Вильдфлуш И.Р., Козотько Е.И. Сортовая отзывчивость яровой пшеницы на условия минерального питания на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // *Почвоведение и агрохимия*. 2012. № 1. С. 82—89.
6. Сандухадзе Б.И., Журавлева Е.В. Азотная подкормка современных интенсивных сортов озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // *Питание растений*. 2012. № 2. С. 2—6.
7. Державин Л.М., Литвак Ш.И., Седова Е.В. Современные методы определения доз минеральных удобрений. Обзорная информация. М.: ВНИИТЭИСХ, 1988. 44 с.
8. Методика разработки нормативов выноса и коэффициентов возмещения выноса питательных веществ при удобрении сельскохозяйственных культур. М.: ВНИИА. 2008. 24 с.
9. Диагностика минерального питания пшеницы и некорневые подкормки (методические указания). М., 1985. 16 с.

История статьи:

Поступила в редакцию: 30 апреля 2019 г.

Принята к публикации: 20 мая 2019 г.

Об авторах

Ребух Назих Ясер — аспирант, лаборатория сортовых технологий озимых зерновых культур, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Российская Федерация, 143026, Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, дом 6, e-mail: n.rebuhk@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, дом 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, дом 6, e-mail: niicrnz@mail.ru

Киселев Евгений Федорович — кандидат 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, дом 6, e-mail: niicrnz@mail.ru

Для цитирования

Ребух Н.Я., Политыко П.М., Капранов В.Н., Киселев Е.Ф. Вынос элементов питания и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов озимой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство*. 2019. Т. 14. № 2. С. 142—153. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-142-153.

Nutrient removal and payback of mineral fertilizers by harvest of winter wheat varieties under technologies of different intensity levels

Nazih Y. Rebukh, Petr M. Polityko, Vladimir N. Kapranov, Evgeny F. Kiselev

Federal research center “Nemchinovka”,
Moscow region, Russian Federation

Abstract. Nutrient removal and payback of mineral fertilizers by harvest of winter wheat varieties were studied under technologies of different intensity levels in 2012—2015. The design of the experiment included three fertilizer systems divided into three yield levels (6, 8 and 10 t/ha) adjusted for the actual content of mobile phosphorus and potassium in the soil. Samples of grain and straw were taken for each variety and technology before harvesting, nutrient content was determined. Calculation of nutrient removal was carried out at 14% moisture. Nutrient removal and payback of fertilizers by harvest of winter wheat varieties depended on genetic characteristics and cultivation technology. Nemchinovskaya and Moskovskaya varieties had the highest (17—29 kg/kg) and the lowest (39—21 kg/kg) fertilizer payback, respectively, in high-intensity technology. The lower the stem height, the lower the nutrient removal. The sum of fertilizers (NPK) used by Nemchinovskaya 24 variety was 210 kg/ha in standard technology, 330 kg/ha in intensive technology, and 450 kg/ha in high-intensity technology. Lower fertilizer costs were noted on average over the research years. Increasing intensity of technology — from standard to high-intensity — resulted in increased nutrient removal and fertilizers costs, and their payback decreased.

Keywords: winter wheat, nutrient removal, costs, fertilizer payback, variety, technology

REFERENCES

1. Senchenkova EM, Torshin SP. Questions of agrochemistry in Vavilov N.I. proceedings (to the 100th anniversary of his birth). *Agricultural Chemistry*. 1987; (10):136—141. (In Russ).
2. Klimashevsky EL. *The genetic aspect of plant mineral nutrition*. Moscow: Agropromizdat publ.; 1991. (In Russ).
3. Voytovich NV, Khachidze AS, Mamedov MG, Gorbunova NI. Influence of cultivar agrotechnologies on nutrient removal and payback of fertilizers by winter crop grain. *Problems of grain crop breeding and cultivation technology: proceedings of the scientific conference*. Novoivanovskoe-Nemchinovka; 2008. p. 385—391. (In Russ).
4. Trapeznikov VK, Ivanov II, Tal’vinskaya NG, Anokhina NL, Nikonov VI. Mineral nutrition of spring wheat cultivars and species under different fertilization regimes. *Agricultural Chemistry*. 2004; (1):51—59. (In Russ).
5. Vildflush IR, Kogotko EI. High-quality responsiveness of spring wheat on conditions of a mineral food of podzoluisol. *Pochvovedeniye i agrokimiya*. 2012; (1):82—89. (In Russ).
6. Sanduhadze BI, Zhuravleva EV. Nitrogen additional fertilizing of modern intensive winter wheat varieties in Central Non-Black Earth Region. *IPNI Newsletter in Russian*. 2012; (2):2—6. (In Russ).
7. Derzhavin LM, Litvak SI, Sedova EV. *Modern methods for determining doses of mineral fertilizers. Survey information*. Moscow: VNIITE-ISH publ.; 1988. (In Russ).
8. *Methodology of development of removal standards and reimbursement factors for nutrient removal under crop fertilizing*. Moscow: VNIIA publ.; 2008. (In Russ).
9. *Diagnosis of wheat mineral nutrition and foliar dressing (guidelines)*. Moscow: VNIPTIHIM publ.; 1985. (In Russ).

Article history

Received: 29 April 2019

Accepted: 20 May 2019

About authors

Rebukh Nazih Yasser — postgraduate student, laboratory of varietal technologies of winter grain crops, Federal Research Center “Nemchinovka”, 6, Agrikhimikov str., Novoivanovskoye village, Odinzovo district, Moscow region, 143026, Russian Federation; e-mail: n.rebouh@outlook.fr

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

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

Kiselev Evgeny Fedorovich — Candidate of Sciences in Agriculture, Leading Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Crops, Federal Research Center “Nemchinovka”, 6, Agrikhimikov str., Novoivanovskoye village, Odinzovo district, Moscow region, 143026, Russian Federation; e-mail: niicrnz@mail.ru

For citation

Rebukh NY, Polityko PM, Kapranov VN, Kiselev EF. Nutrient removal and payback of mineral fertilizers by harvest of winter wheat varieties under technologies of different intensity levels. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):142—153. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-142-153 (In Russ).



БОТАНИКА BOTANY

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-154-161

Research article

Ecological functions of forest stands in urbanized environment of Moscow

Nikolay N. Dubenok, Valeriy V. Kuzmichev*,
Alexandr V. Lebedev

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

*Corresponding author: kuzmichev33valery@mail.ru

Abstract. In urban forests, stock production is not the main function of stands. Carbon sequestration, the release of oxygen and phytoncides, dust precipitation, and changing wind conditions et al. are the main environmental functions. Phyto-organic substances emitted by trees help to reduce the number of microorganisms in air make the air cleaner and fresher. The purpose of the study is to evaluate the ecological functions of forest stands based on long-term observations of the forest stands of the Forest Experimental District of the Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The study used data about 7 permanent trial plots in natural pine stands, 7 — in pine plantations (planting density — 32 000 trees per 1 ha), 13 — in larch plantations (planting density — 700—4000 trees per 1 ha), 8 — in oak stands (natural stands and plantations) and 9 — in birch stands (natural stands and plantations). For a year, 1 ha of forest covered area produces 10 tons of oxygen, and the entire territory of the Forest Experimental District produces about 2.5 thousand tons of oxygen. In the year, the stands of the Forest Experimental District absorb about 3 thousand tons of carbon dioxide. The forest stands of the Forest Experimental District are capable of precipitating 135 tons of dust and they emit about 130 tons of phytoncides into the air during the growing season. Under urban conditions, forest stands are subject to the influence of negative factors: emissions from industrial enterprises and transport, recreational loads, disruption of natural conditions, and many others. Negative factors lead to a decrease in the performance of ecological functions. Therefore, in urban forests it is necessary to carry out silvicultural measures to increase the sustainability and productivity of stands.

Key words: urbanized environment, ecological functions, forest stands

Introduction

In urban forests, stock production is not the main function of stands. Carbon sequestration, the release of oxygen and phytoncides, dust precipitation, and changing wind conditions et al. are the main environmental functions. Phyto-organic substances

© Dubenok N.N., Kuzmichev V.V., Lebedev A.V., 2019.



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

emitted by trees help to reduce the number of microorganisms in the air, make the air cleaner and fresher. In addition, urban forests are the resting place of citizens. The numerical evaluation of the ecological functions of forest stands can be calculated using biological productivity data. Biological productivity is an integral indicator characterizing the intensity of biochemical processes occurring in trees.

In forest stands, the intensity of their ecological functions is changed with age. The long-term data of inventories of permanent trial plots show that the growth of forest stands does not take place according to the patterns that are reflected in numerous yield tables [1—5]. Therefore, the study of the dynamics of the ecological functions of forest stands on the basis of multiple observations on permanent trial plots is becoming especially important.

The purpose of the study was to evaluate the ecological functions of forest stands based on long-term observations of the forest stands of the Forest Experimental District of the Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Materials and methods

The materials for the study were the inventory data of the permanent trial plots of the Forest Experimental District of the Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Forest Experimental District was located in the north of Moscow. According to the results of the forest inventory in 2009, the area of the Forest Experimental District was 248.7 ha, including 233.4 ha (93.8 %) covered with forests. Observations on permanent trial plot have been carried out for more than 100 years. The study used data about 7 permanent trial plots in natural pine stands, 7 — in pine plantations (planting density — 32 000 trees per 1 ha), 13 — in larch plantations (planting density — 700—4000 trees per 1 ha), 8 — in oak stands (natural stands and plantations) and 9 — in birch stands (natural stands and plantations).

Aligned rows of stands were used for the study [2, 3]. Average values for groups of permanent trial plots were given with a 95% confidence interval. The text for the average shows the standard error values. Oxygen productivity was determined from the calculation that the formation of 1 t of absolutely dry organic matter led to the release of 1393 kg of oxygen [6]. The amount of deposited carbon was calculated according to the conventional methods through a phytomass conversion factor of 0.5. The potential dust holding capacity was calculated through LAI [7] and data on the deposition of dust by the leaf surface of trees [8].

Results and discussion

Plants produce oxygen during the process of photosynthesis. Fig. 1 shows the production of oxygen by stands, calculated from the net primary production of phytomass. Natural pine stands (maximum 40 years — $10.9 \pm 1.0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$) and birch stands (maximum 60 years — $10.3 \pm 0.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$) produce the least amount of oxygen. Pine plantations with a planting density of 32 000 plants per 1 ha produce more oxygen than natural pine stands. In pine plantations, the maximum value of oxygen production is reached at the age of 30 years ($23.9 \pm 0.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$). Larch stands for 120 years of growing show quite high values of oxygen production — $16.0 \pm 1.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$.

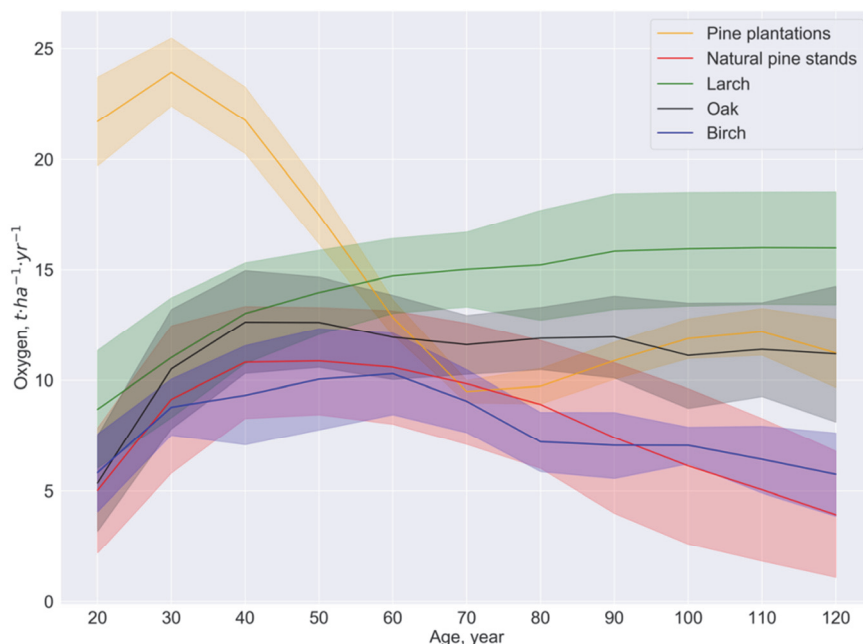


Fig. 1. Oxygen productivity of forest stands and 95 % confidence interval

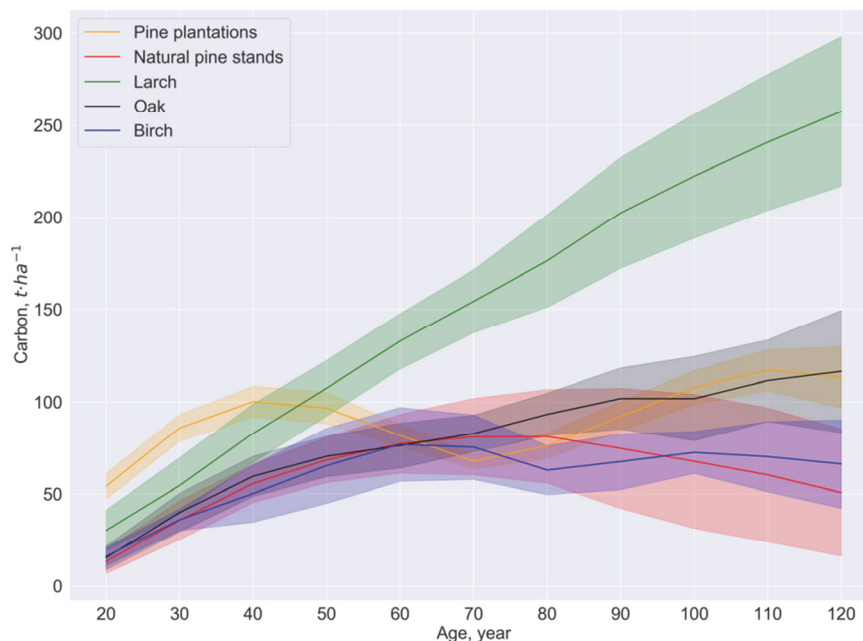


Fig. 2. Carbon sequestration in available phytomass and 95% confidence interval

Currently, the average daily value of oxygen production by the stands of the Forest Experimental District was $27 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tree stands produced the maximum amount of oxygen on favorable summer days. In winter, the amount of oxygen produced was minimal. In general, for a year, 1 ha of forest covered area produced 10 tons of oxygen,

and the entire territory of the Forest Experimental District produced about 2.5 thousand tons of oxygen.

In the process of photosynthesis, forest stands absorb atmospheric carbon dioxide. In conditions of increasing concentration of carbon dioxide in the atmosphere, the issue of carbon sequestration in the stands is important. In young stands, the largest amount of carbon is sequestered in pine plantations with a planting density of 32 000 trees per 1 ha (Fig. 2). Compared to other forest stands, larch stands sequester the largest amount of carbon. In 100 years available phytomass contains $222 \pm 14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Least of all carbon stock in natural pine stands (maximum 80 years — $81.3 \pm 10.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) and birch stands (maximum 60 years — $77.0 \pm 8.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

At present, on average, 80 tons of carbon are contained in stands for 1 ha of forest area. In total, the stands of the Forest Experimental District contain about 20 thousand tons of carbon. The average daily value of carbon dioxide uptake by trees is $35 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. And in the year, the stands of the Forest Experimental District absorb about 3 thousand tons of carbon dioxide.

City air contains a large amount of dust and microorganisms. Crowns of trees contribute to the reduction of dust in the air. For example, dust content in Petrozavodsk squares is 300–500% less than the average in the city [9]. The dust holding capacity of trees depends on the leaf area and the morphological characteristics of the leaf. In the Forest Experimental District, up to 60–70 years, pine plantations with planting density 32 000 trees per 1 ha (maximum 30 years — $1375 \pm 30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and oak stands (maximum 40 years — $873 \pm 57 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) had the greatest potential dust holding capacity (Fig. 3). After 70–80 years, larch stands had the greatest dust holding capacity (in 100 years — $853 \pm 57 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

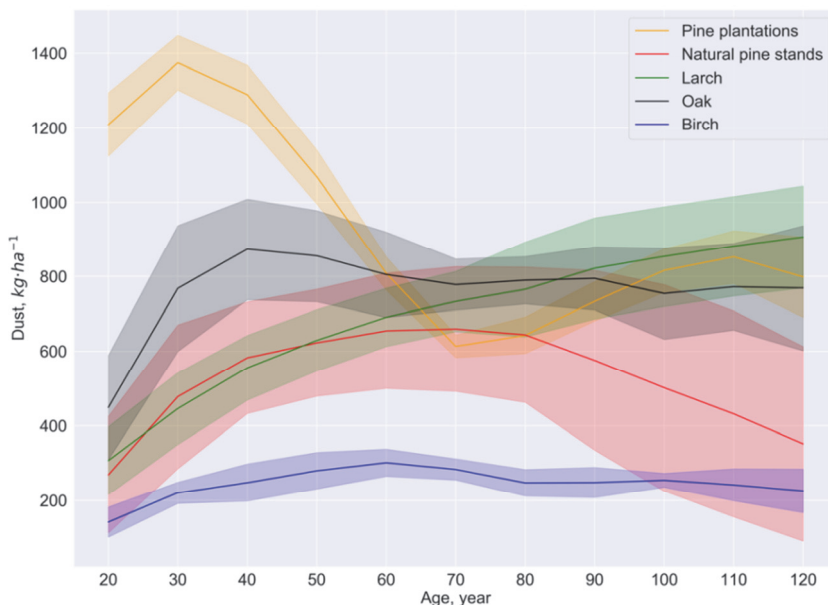


Fig. 3. Potential dust holding capacity of forest stands and 95% confidence interval

On average, 1 ha of forest area of the Forest Experimental District is capable of precipitating 550 tons of dust. In general, forest stands of the Forest Experimental District are capable of precipitating 135 tons of dust, which is washed away with precipitation water into the soil.

In the conditions of cities, an important sanitary and hygienic indicator is the quantitative composition of air microflora. Forest stands emit phytoncides and are good regulators of air quality. The canopy of trees is a natural filter where dust particles and microorganisms linger. Under the action of volatile microorganisms die and the sediments are washed into the soil.

The volatile secretions of trees have a positive effect on the cardiovascular, respiratory, and nervous systems of humans, and contribute to an increase in immunity. There is extremely low percentage of people with respiratory diseases and nervous system disorders in conditions of forest area [10].

As a result of the enlarged assessment, the average daily release of phytoncides by forest stands of the Forest Experimental District is $3.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. The forest stands of the Forest Experimental District emit about 130 tons of phytoncides into the air during the growing season. This indicates a high antimicrobial activity of tree stands and their great importance for the local population.

Under urban conditions, forest stands are subject to the influence of negative factors: emissions from industrial enterprises and transport, recreational loads, disruption of natural conditions, and many others. Negative factors lead to a decrease in the performance of ecological functions. Therefore, it is necessary to carry out silvicultural measures in urban forests to increase the sustainability and productivity of stands.

Conclusions

The best oxygen-producing and carbon-sequestration functions were expressed in larch stands, which show high resistance to adverse factors in the conditions of the city. Least of all these functions were expressed in birch stands, which were characterized by a high decorative effect. In general, for a year, 1 ha of forest covered area produces 10 tons of oxygen, and the entire territory of the Forest Experimental District produced about 2.5 thousand tons of oxygen. During the year, the stands of the Forest Experimental District absorbed about 3 thousand tons of carbon dioxide.

Pine, oak and larch stands were characterized by a high dust holding capacity. In general, forest stands of the Forest Experimental District were capable of precipitating 135 tons of dust which was washed away with precipitation into the soil.

The forest stands of the Forest Experimental District emitted about 130 tons of phytoncides into the air during the growing season. This indicates a high antimicrobial activity of tree stands and their great importance for the local population.

Under urban conditions, forest stands are subject to the influence of negative factors: emissions from industrial enterprises and transport, recreational loads, disruption of natural conditions, and many others. Negative factors lead to a decrease in the performance of ecological functions. Therefore, it is necessary to carry out silvicultural measures in urban forests to increase the sustainability and productivity of stands.

REFERENCES

1. Bogachev AV. *Forest Taxation Researches*. Moscow: VNIILM Publ.; 2007. (In Russ).
2. Dubenok NN, Kuzmichev VV, Lebedev AV. Analysis of ecological functions of birch and oak stands in the conditions of an urbanized environment based on the materials of long-term observations. *Russian Agricultural Sciences*. 2018; (5): 29—31. Available from: doi: 10.3103/S1068367418060046 (In Russ).
3. Dubenok NN, Kuzmichev VV, Lebedev AV. Growth and productivity of pine and larch stands under conditions of urban environment. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature*. 2018; (1):54—71. Available from: doi: 10.15350/2306-2827.2018.1.54 (In Russ).
4. Kuzmichev VV. *Regularities of stand growth*. Novosibirsk: Nauka Publ.; 1977. (In Russ).
5. Rogozin MV, Razin GS. Models of dynamics and modeling of tree stand development. *Siberian Forest Journal*. 2015; (2):55—70. (In Russ).
6. Liepa IY. *Dynamics of wood stock: Forecasting and ecology*. Riga: Zinatne Publ.; 1980. (In Russ).
7. Utkin AI, Ermolova LS, Utkina IA. Surface area of forest plants: essence, parameters, use. Moscow: Nauka Publ.; 2008. (In Russ).
8. Kretinin VM, Selyanina ZM. Retention of dust by the leaves of trees and shrubs and its accumulation in light chestnut soils under the forest belts. *Soil science*. 2006; (3):373—377. (In Russ).
9. Ioffe AO. Determination of the level of dust in the territory of Petrozavodsk. *Basic research*. 2014; (6-4): 753—759. (In Russ).
10. Artyuhovsky AK. Sanitary hygienic and medicinal properties of forest. Voronezh: VGU Publ.; 1985. (In Russ).

Article history:

Received: 5 March 2019

Accepted: 8 April 2019

About authors:

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

Kuzmichev Valeriy Vasilyevich — Professor, Doctor of Sciences in Biology, Senior Researcher at 'Forest Experimental Dacha'; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: kuzmichev33valery@mail.ru

Lebedev Alexandr Vyacheslavovich — postgraduate student, of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: mail@lebedev.fun

For citation:

Dubenok NN, Kuzmichev VV, Lebedev AV. Ecological functions of forest stands in urbanized environment of Moscow. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):154—161. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-154-161.

Экологические функции древостоев в условиях урбанизированной среды на примере города Москвы

Н.Н. Дубенок, В.В. Кузьмичев*, А.В. Лебедев

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

*kuzmichev33valery@mail.ru

Аннотация. В городских лесах продуцирование запаса не является главной функцией древостоев. Депонирование углерода, выделение кислорода и фитонцидов, осаждение пыли, изменение ветрового режима и другие являются основными экологическими функциями. Фитоорганические вещества, выделяемые деревьями, способствуют снижению количества микроорганизмов в воздухе, делают его чище и свежее. Цель исследования — оценка экологических функций древостоев по материалам многолетних наблюдений за насаждениями Лесной опытной дачи Российского государственного аграрного университета — Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева. В исследовании использовались данные о 7 постоянных пробных площадях в естественных сосновых насаждениях, 7 — в культурах сосны (густота посадки — 32 000 деревьев на 1 га), 13 — в культурах лиственницы (густота посадки — 700—4000 деревьев на 1 га), 8 — в дубовых насаждениях (естественного и искусственного происхождения) и 9 — на березовых насаждениях (естественного и искусственного происхождения). За год 1 га покрытой лесом площади производит 10 тонн кислорода, а вся территория Лесной опытной дачи — около 2,5 тысяч тонн кислорода. В год древостой Лесной опытной дачи поглощают около 3 тысяч тонн углекислого газа. В целом древостой Лесной опытной дачи способны осажать 135 тонн пыли и выделяют в воздух около 130 тонн фитонцидов в течение вегетационного периода. В городских условиях лесные насаждения подвержены влиянию негативных факторов: выбросов промышленных предприятий и транспорта, рекреационных нагрузок, нарушения природных условий и многих других. Негативные факторы приводят к снижению выполнения ими экологических функций. Поэтому в городских лесах необходимо проводить лесоводственные мероприятия для повышения устойчивости и продуктивности древостоев.

Ключевые слова: урбанизированная среда, экологические функции, древостой

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богачёв А.В. Лесотаксационные исследования. М.: ВНИИЛМ, 2007. 344 с.
2. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Анализ экологических функций древостоев березы и дуба в условиях урбанизированной среды по материалам долгосрочных наблюдений // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 5. С. 29—31. doi: 10.31857/S250026270000632-0.
3. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Рост и продуктивность древостоев сосны и лиственницы в условиях городской среды // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 1. С. 54—71. doi: 10.15350/2306-2827.2018.1.54.
4. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
5. Рогозин М.В., Разин Г.С. Модели динамики и моделирование развития древостоев // Сибирский лесной журнал. 2015. № 2. С. 55—70.

6. Лиєпа И.Я. Динамика древесных запасов: Прогнозирование и экология. Рига: Зинатне, 1980. 170 с.
7. Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование. М.: Наука, 2008. 292 с.
8. Кретинин В.М., Селянина З.М. Задержание пыли листьями деревьев и кустарников и ее накопление в светло-каштановых почвах под лесными полосами // Почвоведение. 2006. № 3. С. 373—377.
9. Иоффе А.О. Определение уровня запыленности на территории г. Петрозаводска // Фундаментальные исследования. 2014. № 6-4. С. 753—759.
10. Артюховский А.К. Санитарно-гигиенические и лечебные свойства леса. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1985. 104 с.

История статьи:

Поступила в редакцию: 5 марта 2019 г.

Принята к публикации: 8 апреля 2019 г.

Об авторах:

Дубенок Николай Николаевич — академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: ndubenok@mail.ru

Кузьмичев Валерий Васильевич — профессор, доктор биологических наук, старший научный сотрудник УНКЦ «Лесная опытная дача»; Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: kuzmichev33valery@mail.ru

Лебедев Александр Вячеславович — аспирант кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства; Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: mail@lebedev.fun.

Для цитирования:

Dubenok N.N., Kuzmichev V.V., Lebedev A.V. Ecological functions of forest stands in urbanized environment of Moscow // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротомия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 154—161. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-154-161.



ВЕТЕРИНАРИЯ VETERINARY SCIENCE

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-162-169

Научная статья

Эффективность использования лентивирусных векторов для трансформации сперматогенных клеток семенника петухов *in vivo*

Н.А. Волкова, А.Н. Ветох*, Л.А. Волкова,
Н.А. Зиновьева

Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Московская область, Российская Федерация
*anastezuya@mail.ru

Аннотация. Клетки гонад самцов рассматриваются в качестве перспективных клеток-мишеней для введения рекомбинантной ДНК в рамках получения генетически модифицированных особей с заданными признаками. Использование стволовых клеток семенников, а именно клеток сперматогоний, представляет наибольший интерес. Данный тип клеток в ходе дифференциации может давать начало многочисленной популяции зрелых половых клеток у самцов, которые в случае их генетической трансформации могут быть использованы для осеменения самок с целью получения потомства трансгенов. Цель исследования — изучить эффективность применения лентивирусных векторов для локальной трансформации клеток сперматогенного ряда в семенниках петухов. Использовали лентивирусный вектор, содержащий репортерный ген ZsGreen под контролем CMV промотора. Трансформацию сперматогенных клеток петуха *in vitro* осуществляли путем инфицирования вирусным препаратом, *in vivo* — посредством множественной инъекции вирусного препарата в паренхиму семенников петухов ($n = 5$). Эффективность трансформации оценивали по экспрессии репортерного гена ZsGreen в трансфицированных сперматогенных клетках. Успешность использования лентивирусных векторов для генетической трансформации сперматогенных клеток семенника петуха была показана в ходе экспериментов как *in vitro*, так и *in vivo*. Эффективность трансформации данного типа клеток в культуре *in vitro* варьировала от 45 до 57% и составила в среднем $48 \pm 4\%$. В экспериментах *in vivo* экспрессия гена-репортера ZsGreen в клетках сперматогенного эпителия семенников была обнаружена практически у всех экспериментальных петухов. Количество семенных канальцев с трансформированными клетками сперматогенного ряда варьировало у петухов, исследованных в ходе опыта, от 10 до 22% и составила в среднем $16 \pm 2\%$. При этом эффективность генетической

© Волкова Н.А., Ветох А.Н., Волков Л.А., Зиновьева Н.А., 2019.



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

трансформации сперматогенных клеток семенников (эффективность трансгенеза) достигала $1,8 \pm 0,2\%$. Полученные результаты подтверждают успешность применения лентивирусных векторов с целью создания особей с генетически измененными половыми клетками методом трансформации сперматогенных клеток семенников петухов *in vivo*, а также возможность получения потомков с заданными свойствами от этих мужских особей.

Ключевые слова: петухи, сперматогенные клетки семенников, генетическая трансформация, лентивирусный вектор, трансгенез

Введение

Применение половых клеток самцов рассматривается как один из способов получения сельскохозяйственных животных с измененным геномом, в т.ч. птицы [1, 2]. При этом в качестве клеток-мишеней для введения рекомбинантной ДНК могут использоваться как зрелые мужские половые клетки — спермии, так и их предшественники на более ранних сроках дифференцировки — сперматогонии, сперматоциты и сперматиды [3—5]. С точки зрения эффективности трансгенеза из всей популяции клеток сперматогенного эпителия главный интерес представляет генетическая модификация сперматогонии. Данный тип клеток относят к стволовым клеткам семенников [6]. В процессе дифференцировки они дают начало значительной популяции зрелых мужских половых клеток [7]. Исходя из этого генетическая трансформация половых клеток самцов на стадии сперматогоний позволяет повысить эффективность трансгенеза по сравнению с проведением генно-инженерных манипуляций с другими типами сперматогенных клеток, в т.ч. спермиями.

Генетическая трансформация сперматогоний возможна с использованием двух методических подходов: 1) трансфекцией культуры данных клеток *in vitro* с дальнейшим их введением в семенники самцов-реципиентов, подвергшихся химической стерилизации, и 2) трансформацией клеток сперматогенного ряда *in vivo* путем инъекционной обработки генной конструкцией непосредственно в семенники взрослых особей [8—11]. С точки зрения материальных и временных затрат наиболее предпочтительным является второй подход, так как манипуляции проводятся на взрослых самцах, что сокращает сроки получения трансгенных особей. Генетическая трансформация сперматогенных клеток, в том числе сперматогоний, *in vivo* возможна с использованием векторов, основанных на ретро- и лентивирусах. Метод базируется на их природной способности переносить рекомбинантную ДНК в соматические клетки. Таким образом, применение генных конструкций, которые получены на основе этих вирусов, позволяет осуществлять трансформацию отдельных органов и тканей уже во взрослых особях. Ранее нами была показана возможность использования ретровирусных векторов для локальной трансформации клеток семенников петухов и хряков [12]. Мы изучили эффективность использования лентивирусных векторов для генетической трансформации сперматогоний петухов *in vivo*.

Материалы и методы

В работе использовали лентивирусный вектор, содержащий репортерный ген *ZsGreen* под контролем *CMV* промотора. Источником генной конструкции был выбран вирусный препарат.

Трансформацию культуры клеток сперматогоний петуха *in vitro* выполняли с помощью инфицирования препаратом, содержащим рекомбинантный лентивирус. Эффективность заражения клеток определяли как отношение количества полученных генетически трансформированных клеток к общему числу клеток, подвергшихся инфицированию.

Внесение генных конструкций в паренхиму семенников петухов ($n = 5$) *in vivo* проводили путем множественных инъекций вирусного препарата (5—8 инъекций на семенник).

По достижении половозрелости от опытных самцов отбирали пробы тканей семенников для анализа экспрессии рекомбинантного белка с использованием флуоресцентной микроскопии. Гистологические срезы толщиной 5 мкм готовили на криостате. От каждого самца проанализировали не менее 15 гистологических срезов.

Результаты и обсуждение

Для оценки возможности использования генных конструкций на основе лентивирусного вектора вначале был проведен ряд исследований по трансформации клеток сперматогоний петухов *in vitro* в культуре. Использование лентивирусного препарата в проведенных экспериментах показало эффективность трансформации клеток-мишеней у петухов, а количество модифицированных клеток варьировало от 45 до 57% и составляло в среднем $48 \pm 4\%$.

Результаты, полученные в ходе *in vitro* исследований, послужили заделом для проведения дальнейших опытов по переносу рекомбинантной ДНК *in vivo* в сперматогенные клетки петухов.

Ранее в наших исследованиях было изучено, что оптимальным периодом для проведения биоинженерных манипуляций с клетками сперматогенного эпителия у петухов является возраст от 1 до 8 недель [13]. В этот возрастной период популяция сперматогенных клеток в семенных канальцах преимущественно представлена сперматогониями и клетками Сертоли. Используя эту наработку, введение генной конструкции проводили в семенники петухов, подобранных по возрасту, который составил 2 месяца.

По достижении половозрелости у опытных петухов была изучена экспрессия репортерного гена ZsGreen в клетках сперматогенного эпителия. Наличие трансформированных флуоресцирующих сперматогенных клеток в семенных канальцах семенников было установлено у всех опытных петухов. Количество семенных канальцев на одном срезе, в которых наблюдались трансформированные клетки, варьировало от 10 до 22% в зависимости от индивидуальных особенностей самцов, что составило в среднем $16 \pm 2\%$ (табл. 1). При этом в одном семенном канальце среднее число трансформированных клеток сперматогенного ряда составило $12 \pm 1\%$ при общей эффективности трансгенеза (отношение числа трансформированных сперматогенных клеток к их общему числу во всех исследованных семенных канальцах) $1,8 \pm 0,2\%$.

Таблица 1

**Эффективность использования лентивирусного вектора
для генетической трансформации клеток семенников петухов *in vivo***

Показатель	Инд. номер опытной птицы				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Исследовано срезов <i>n</i>	15	20	15	18	15
<i>Эффективность трансформации семенных канальцев</i>					
Количество срезов с трансформированными семенными канальцами <i>n</i> , %	10 (65)	15 (75)	11 (72)	9 (50)	7 (44)
Доля трансформированных канальцев на срезе, %	10	15	22	17	16
<i>Эффективность трансформации сперматогенных клеток</i>					
Среднее количество сперматогенных клеток в одном семенном канальце: всего <i>n</i> трансформированных* <i>n</i>	702 12	685 14	625 16	652 10	692 8
Число семенных канальцев на исследованных срезах <i>n</i>	221	210	185	196	204
Общее количество сперматогенных клеток: в трансформированных канальцах <i>n</i> во всех исследованных канальцах <i>n</i>	2 652 155 142	2 940 143 850	2 960 115 625	1 960 127 792	1 632 141 168
Общая эффективность трансгенеза**, %	1,7	2,0	2,6	1,5	1,2

Примечание: * среднее число трансформированных клеток в одном семенном канальце — отношение числа трансформированных сперматогенных клеток к общему числу исследованных семенных канальцев;

** общая эффективность трансгенеза — отношение числа трансформированных сперматогенных клеток к их общему числу во всех исследованных канальцах.

Table 1

**Efficiency of using a lentiviral vector for genetic transformation
of rooster testicular cells *in vivo***

Indicator	Experimental bird number				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Investigated slices, <i>n</i>	15	20	15	18	15
<i>The effectiveness of the transformation of the seminiferous tubules</i>					
The number of slices with transformed seminiferous tubules <i>n</i> , %	10 (65)	15 (75)	11 (72)	9 (50)	7(44)
The proportion of transformed tubules at the slice, %	10	15	22	17	16
<i>The efficiency of transformation of spermatogenic cells</i>					
The average number of spermatogenic cells in one seminiferous tubule: total <i>n</i> transformed* <i>n</i>	702 12	685 14	625 16	652 10	692 8
The number of seminiferous tubules in the studied slices <i>n</i>	221	210	185	196	204
The total number of spermatogenic cells: in transformed tubules <i>n</i> in all studied tubules <i>n</i>	2 652 155 142	2 940 143 850	2 960 115 625	1 960 127 792	1 632 141 168
The overall efficiency of transgenesis**, %	1.7	2.0	2.6	1.5	1.2

Note: *The average number of transformed cells in one seminiferous tubule is the ratio of the number of transformed spermatogenic cells to the total number of testicular tubules examined;

**The total efficiency of transgenesis is the ratio of the number of transformed spermatogenic cells to their total number in all studied tubules.

Таким образом, проведенные нами исследования показали возможность использования лентивирусных векторов для трансформации генома петухов в сперматогенных клетках семенников *in vivo* с целью создания особей с генетически трансформированными половыми клетками для дальнейшего получения трансгенного потомства с заданными признаками.

Информация о финансировании

Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания, регистрационный номер темы АААА-А18-118021590132-9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brinster R.L. Germline stem cell transplantation and transgenesis // *Science*. 2002. Vol. 296. № 5576. P. 2174—2176. doi: 10.1126/science.1071607.
2. Zheng Y., Zhang Y., Qu R., He Y., Tian X., Zeng W. Spermatogonial stem cells from domestic animals: Progress and prospects // *Reproduction*. 2014. Vol. 147. № 3. P. R65—R74. doi: 10.1530/REP-13-0466.
3. Spadafora C. Sperm cells and foreign DNA: a controversial relation // *Bioassays*. 1998. Vol. 20. № 11. P. 302—324. doi: 10.1002/(SICI)1521-1878(199811)20:11<955::AID-BIES11>3.0.CO;2-8.
4. McLean D.J. Spermatogonial stem cell transplantation and testicular function // *Cell Tissue Research*. 2005. Vol. 322. № 1. P. 21—31. doi: 10.1007/s00441-005-0009-z.
5. Brinster R.L., Nagano M. Spermatogonial stem cell transplantation, cryopreservation and culture // *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 1998. Vol. 9. № 4. P. 401—409. doi: 10.1006/scdb.1998.0205.
6. De Rooij D.E., Griswold M.D. Questions about spermatogonia posed and answered since 2000 // *Journal of andrology*. 2012. Vol. 33. № 6. P. 1085—1095. doi: 10.2164/jandrol.112.016832.
7. Жункейра Л.К., Карнейро Ж. Гистология: атлас, учебное пособие / под ред. В.Л. Быкова. М.: ГЭОТАР Медиа, 2009.
8. Yu F., Ding L.J., Sun G.B., Sun P.X., He X.H., Ni L.G., Li B.C. Transgenic sperm produced by electrotransfection and allogeneic transplantation of chicken fetal spermatogonial stem cells // *Molecular Reproduction and Development*. 2010. Vol. 77. № 4. P. 340—347. doi: 10.1002/mrd.21147.
9. Oatley J.M. Spermatogonial stem cell biology in the bull: development of isolation, culture, and transplantation methodologies and their potential impacts on cattle production // *Society of Reproduction and Fertility supplement*. 2010. Vol. 67. № 7. P. 133—143.
10. Савченкова И.П., Коржилова С.В., Костерева Н.В., Эрнст Л.К. Культивирование и трансплантация сперматогоний типа А хряков // *Онтогенез*. 2006. Т. 37. № 4. С. 292—300.
11. Новгородова И.П., Мормышев А.Н., Волкова Н.А., Зиновьева Н.А., Эрнст Л.К. Генетическая трансформация сперматогониев кроликов *in vivo* // *Биотехнология*. 2008. № 1. С. 24—28.
12. Волкова Н.А., Зиновьева Н.А., Волкова Л.А., Лоцманова Н.С., Эрнст Л.К. Изучение факторов, влияющих на эффективность переноса генов в половые клетки самцов сельскохозяйственных животных // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. Т. 45. № 6. С. 16—19.
13. Белоглазова Е.В., Котова Т.О., Волкова Н.А., Волкова Л.А., Зиновьева Н.А., Эрнст Л.К. Возрастная динамика сперматогенеза у петухов в связи с оптимизацией сроков биотехнологических манипуляций // *Сельскохозяйственная биология*. 2011. Т. 46. № 6. С. 60—64.

История статьи:

Поступила в редакцию: 12 марта 2019 г.

Принята к публикации: 15 апреля 2019 г.

Об авторах:

Волкова Наталья Александровна — доктор биологических наук, профессор РАН, руководитель лаборатории клеточной инженерии, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства им. Л.К. Эрнста», Российская Федерация, 142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д. 60; *e-mail*: natavolkova@inbox.ru

Ветох Анастасия Николаевна — научный сотрудник лаборатории функциональной и эволюционной геномики животных, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства им. Л.К. Эрнста» Российская Федерация, 142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д. 60; *e-mail*: anastezuya@mail.ru

Волкова Людмила Александровна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства им. Л.К. Эрнста», Российская Федерация, 142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д. 60; *e-mail*: ludavolkova@inbox.ru

Зиновьева Наталия Анатольевна — доктор биологических наук, академик РАН, директор, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства им. Л.К. Эрнста»; Российская Федерация, 142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д. 60; *e-mail*: n_zinovieva@mail.ru

Для цитирования:

Волкова Н.А., Ветох А.Н., Волков Л.А., Зиновьева Н.А. Эффективность использования лентивирусных векторов для трансформации сперматогенных клеток семенника петухов *in vivo* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 162—169. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-162-169.

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-162-169

Research article

The efficiency of use lentiviral vectors for the transformation of rooster spermatogenic cells *in vivo*

**Natalia A. Volkova, Anastasiya N. Vetokh,
Lyudmila A. Volkova, Natalia A. Zinovieva**

Federal Science Center for Animal Husbandry
named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, Russian Federation

**Corresponding author: anastezuya@mail.ru*

Abstract. Male gonad cells are considered as promising target cells for the introduction of recombinant DNA within obtaining genetically modified individuals with given characteristics. The use of testicular spermatogonial stem cells is of the greatest interest. In the process of differentiation, this type of cell gives rise to a significant population of mature male germ cells. In the case of their genetic transformation, differentiated cells can be used to inseminate females in order to produce transgenic progeny. The aim of the research was to study the efficiency of using lentiviral vectors for the local transformation of roosters' testicular spermatogenic cells. We used a lentiviral vector containing the ZsGreen reporter gene under the control of the CMV promoter. *In vitro* transformation of rooster spermatogenic cells was carried out by infection with a viral preparation, *in vivo* through multiple injections of the viral preparation into the testicular parenchyma of roosters ($n = 5$). The efficiency of transformation was assessed by expression

of the reporter ZsGreen gene in transfected spermatogenic cells. The success of using lentiviral vectors for the genetic transformation of rooster spermatogenic cells was shown in experiments *in vitro* and *in vivo*. The transformation efficiency of this cells types in an *in vitro* culture varied from 45 to 57% and averaged $48 \pm 4\%$. The expression of the ZsGreen reporter gene in the cells of the spermatogenic epithelium of the testes was established in almost all experimental roosters in the *in vivo* experiments. The number of seminiferous tubules with transformed spermatogenic cells varied in the studied experimental roosters from 10 to 22%. The effectiveness of genetic transformation of the testes spermatogenic cells was $1.8 \pm 0.2\%$. The obtained results indicate to the success of using lentiviral vectors for the genetic transformation of spermatogenic cells of rooster testes *in vivo* in order to create individuals with genetically transformed germ cells for the further production of transgenic offspring with given characteristics.

Key words: roosters, testicular spermatogenic cells, genetic transformation, lentiviral vector, transgenesis

Funding and Acknowledgement of Sources. The study was conducted in the framework of the state task, the registration number of the topic is AAAA-A18-118021590132-9.

REFERENCES

1. Brinster RL. Germline stem cell transplantation and transgenesis. *Science*. 2002; 296(5576): 2174—2176. Available from: doi: 10.1126/science.1071607.
2. Zheng Y, Zhang Y, Qu R, He Y, Tian X, Zeng W. Spermatogonial stem cells from domestic animals: Progress and prospects. *Reproduction*. 2014; 147(3):R65—R74. Available from: doi: 10.1530/REP-13-0466.
3. Spadafora C. Sperm cells and foreign DNA: a controversial relation. *Bioassays*. 1998; 20(11):955—964. Available from: doi: 10.1002/(SICI)1521-1878(199811)20:11<955::AID-BIES11>3.0.CO;2-8.
3. McLean DJ. Spermatogonial stem cell transplantation and testicular function. *Cell Tissue Research*. 2005; 322(1):21—31. Available from: doi: 10.1007/s00441-005-0009-z.
4. Brinster RL, Nagano M. Spermatogonial stem cell transplantation, cryopreservation and culture. *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 1998; 9(4):401—409. Available from: doi: 10.1006/scdb.1998.0205.
5. De Rooij DE, Griswold MD. Questions about spermatogonia posed and answered since 2000. *Journal of andrology*. 2012; 33(6):1085—1095. Available from: doi: 10.2164/jandrol.112.016832.
6. Bykova VL, Zhunkeira LK, Karneiro Zh. (eds). *Histology: atlas, study guide*. Moscow: GEOTAR Media Publ.; 2009. (In Russ).
7. Yu F, Ding LJ, Sun GB, Sun PX, He XH, Ni LG, Li BC. Transgenic sperm produced by electrotransfection and allogeneic transplantation of chicken fetal spermatogonial stem cells. *Molecular Reproduction and Development: Incorporating Gamete Research*. 2010; 77(4):340—347. Available from: doi: 10.1002/mrd.21147.
8. Oatley JM. Spermatogonial stem cell biology in the bull: development of isolation, culture, and transplantation methodologies and their potential impacts on cattle production. *Reprod. Domest. Rumin.* 2010; 67(7):133—143.
9. Savchenkova IP, Korzhikova SV, Kostereva NV, Ernst LK. Cultivation and transplantation of boar type A spermatogonia. *Ontogenesis*. 2006; 37(4):292—300. (In Russ).
10. Novgorodova IP, Mormyshev AN, Volkova NA, Zinovieva NA, Ernst LK. Genetic transformation of rabbit spermatogonium *in vivo*. *Biotechnology*. 2008; (1):24—28. (In Russ).
11. Volkova N.A., Zinovieva N.A., Volkova L.A., Lotsmanova N.S., Ernst L.K. Study of factors affected the efficiency of gene transfer into the male germ cells of agricultural animals. *Agricultural Biology*. 2010; 45(6):16—19. (In Russ).
12. Beloglazova EV, Kotova TO, Volkova NA, Volkova LA, Zinovieva NA, Ernst LK. Age dynamics of spermatogenesis in cocks in connection with optimization of bioengineering manipulation time. *Agricultural Biology*. 2011; 46(6):60—64. (In Russ).

Article history:

Received: 12 March 2019

Accepted: 15 April 2019

About authors:

Volkova Natalya Alexandrovna — Doctor of Sciences in Biology, Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Cell Engineering, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst; 60, Dubrovitsy village, Podolsk district, Moscow Region, 142132, Russian Federation; e-mail: natavolkova@inbox.ru

Vetokh Anastasia Nikolaevna — Researcher of the Laboratory of Functional and Evolutionary Genomics of Animals, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60, Dubrovitsy village, Podolsk district, Moscow Region, 142132, Russian Federation; e-mail: anastezuya@mail.ru

Volkova Lyudmila Aleksandrovna — Candidate of Sciences in Biology, Senior Researcher of the Laboratory of Cell Engineering, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst; e-mail: ludavolkova@inbox.ru

Nataliya Anatolievna Zinovyeva — Doctor of Sciences in Biology, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst; 60, Dubrovitsy village, Podolsk district, Moscow Region, 142132, Russian Federation; e-mail: n_zinovieva@mail.ru

For citation:

Volkova NA, Vetokh AN, Volkova LA, Zinovieva NA. The efficiency of use lentiviral vectors for the transformation of rooster spermatogenic cells in vivo. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):162—169. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-162-169.

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНАЯ ЭКСПЕРТИЗА VETERINARY SANITARY INSPECTION

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-170-178

Научная статья

Совершенствование лабораторного контроля сливочного масла

И.Г. Серегин^{1*}, Д.В. Никитченко², Л.Б. Леонтьев¹,
О.А. Акулич¹

¹Российский государственный аграрный университет —
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева,
Москва, Российская Федерация

²ОАО «Останкинский мясоперерабатывающий комбинат»,
Москва, Российская Федерация

*iseregin@rgau-msha.ru

Аннотация. Работа посвящена совершенствованию лабораторного контроля коровьего сливочного масла, поступающего в реализацию на предприятия торговой сети и рынки. Изучено социальное отношение покупателей к сливочному маслу, его ассортимент в различных торговых предприятиях и исследованы образцы сливочного масла, приобретенного в магазинах и на рынках гг. Москвы и Владимира. При проведении микробиологических исследований установлено присутствие в масле «Крестьянское» бактерий группы кишечных палочек, что не соответствует требованиям безопасности данного продукта. В масле выявлено пониженное содержание молочного жира: 71,5 вместо 72,5%. Масло «Шоколадное» торговой марки «Крестьянка» имело жирность лишь 60, а не заявленные 62%. На упаковке данного масла нанесена искаженная маркировка по срокам годности и условиям его хранения, что свидетельствует об информационной фальсификации. Установлено в отдельных образцах несоответствие реализуемого продукта требованиям ГОСТ и заявленным показателям, что указывает на необходимость разработки дополнительных методов выявления различных подделок в сливочном масле. Определено, что при расплавлении сливочного масла в горячей воде микроскопирование продукта с помощью компрессориума или облучения поверхности сливочного масла УФ-лучами позволяет быстро и с достаточной надежностью выявлять некоторые его фальсификации.

Ключевые слова: сливочное масло, ветеринарно-санитарная экспертиза, лабораторный контроль, органолептические показатели, физико-химические свойства, фальсификация, микроскопирование, компрессориум, оценка при УФ-излучении

© Серегин И.Г., Никитченко Д.В., Леонтьев Л.Б., Акулич О.А., 2019.



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

Актуальность

Сливочное масло занимает особое место среди молочных продовольственных товаров. Оно является ценным пищевым продуктом с хорошими вкусовыми показателями и высокой усвояемостью жирных кислот. Именно поэтому сливочное масло является незаменимым продуктом для населения, особенно для детей и пожилых людей, а также важным компонентом производства кондитерских и хлебобулочных изделий [1].

Состав сливочного масла непостоянен, он определен качеством перерабатываемого молока и соблюдением технологии при его изготовлении. Для производства сливочного масла необходимо использовать только цельное молоко или натуральные сливки высокого качества, полученные от здорового поголовья коров, которые должны содержаться в хороших зоогигиенических условиях [2].

Главными критериями молока как сырья сливочного масла служат химический состав (дисперсность молочного жира и его триглицеридный состав), микробиологические (КМАФАнМ, КОЕ/г и др.), органолептические (вид, вкус, запах, консистенция, цвет) и физико-химические (температура, плотность, вязкость, поверхностное натяжение) показатели [3].

Существует два основных способа производства сливочного масла: сбивание сливок в маслоизготовителях и преобразование высокожирных сливок в маслообразователях, при строгом соблюдении всех технологических процессов. Нарушение технологии производства сливочного масла, а также использование некачественного сырья приводит к образованию пороков вкуса, консистенции и цвета продукта. Масло с какими-либо пороками в свободную реализацию не допускается. Качественное масло должно иметь плотную и однородную консистенцию со слабо-блестящей поверхностью от белого до светло-желтого цвета, определенный аромат и привкус [4].

Молочный жир в сливочном масле по пищевой ценности, химическому составу и физическим свойствам отличается от топленого животного жира. Пищевая ценность молочного жира обусловлена, главным образом, белками и фосфолипидами, лактозой, витаминами, минеральными веществами и жировым компонентом, который служит источником энергии и содержит многие насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Содержание жира в сливочном масле составляет 50,0–82,0% [5].

К маслам, содержащим жир до 82,5%, относят: «Вологодское», «Сладко-сливочное» и «Кисло-сливочное». К маслам пониженной жирности, содержащим от 52,0 до 80,0% жира, относятся: «Любительское» (80,0%), «Крестьянское» (72,5%), «Российское» (70,0%), «Бутербродное» (61,5%), «Эдельвейс» (52,0%) и др. Некоторые виды масла содержат молочного жира менее 50,0% [6].

В торговых предприятиях масла с пониженным содержанием жира часто реализуют как продукт с высоким его содержанием, повышая при этом цену. Поэтому в России одно из первых мест по фальсификации занимает сливочное масло. По данным Роспотребнадзора почти 85% партий реализуемого сливочного

масла не соответствуют стандартам, в т.ч. по причине добавления топленых животных жиров и растительных масел, что выявить при ветеринарно-санитарной экспертизе достаточно трудно. Поэтому необходимо дальнейшее совершенствование контроля качества и безопасности сливочного масла при реализации его населению [7].

Цель и задачи работы

Целью нашего исследования стало совершенствование контроля качества и безопасности сливочного масла, реализуемого в торговых предприятиях и на рынках.

Для достижения этой цели перед нами были поставлены задачи: изучить в ряде регионов спрос населения на сливочное масло, установить ассортимент реализуемого масла, отобрать образцы согласно ГОСТ Р 55361-2012 и проверить их на соответствие заявленным показателям, выявить виды фальсификаций сливочного масла и разработать дополнительные методы контроля для их обнаружения [8].

Материалы и методы

Работу выполняли в лаборатории ветсанэкспертизы кафедры морфологии и ветеринарии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, в лаборатории Российского университета дружбы народов и на базе отдельных торговых предприятий гг. Москвы и Владимира.

На первом этапе работы мы провели анкетирование покупателей сливочного масла. По результатам опроса можно сделать вывод, что большая часть покупателей, посещающих продовольственные магазины, отдают предпочтение таким производителям молочных продуктов как: «Вимм-Билль-Данн», «Данон Индустрия», «Останкинский молочный завод», «Ополье», «Царицынский молочный завод», «Юнимилк», «Суздальский молочный завод», «Судогодский молочный завод», «Ростагроэкспорт», «Молзавод Алексеевский» и «Лакинский молочный завод».

Согласно результатам анкетирования, на выбор бренда сливочного масла влияют его качество (58% покупателей) и вкус (40% опрошенных). Но не менее важным фактором при решении о покупке масла того или иного бренда является цена, которая экономически доступна только для 85% покупателей. Меньше всего на выбор бренда сливочного масла влияют отзывы знакомых и реклама.

Востребованными брендами по результатам опроса покупателей являются: «Valio», «Домик в деревне», «Брест-литовское», «Простоквашино», «President», «ГОСТ» и «Дмитровский молочный завод».

Обычно сливочное масло в кашированной фольге покупают с традиционным жировым составом, менее востребовано масло пониженной жирности. Реже всего приобретает население низкожирные масла с различными наполнителями. При этом 30% всех опрошенных покупателей, приобретая продукт, учитывают состав и жирность сливочного масла и только 18% покупателей — его натураль-

ность. Знакомы с фальсификацией масла всего лишь 35% опрошенных покупателей, из которых только 6% смогли перечислить возможные виды подделок сливочного масла.

Анализируя данные анкетирования, можно заключить, что потребители сливочного масла при покупке в торговой сети чаще обращают внимание на рекламную информацию и второстепенные показатели продукта, что создает возможность различных подделок недобросовестными производителями данного молочного продукта.

На следующем этапе исследований мы изучили ассортимент сливочного масла, реализуемого на рынках и в торговых предприятиях гг. Москвы и Владимира. Были проанализированы наиболее популярные среди покупателей гипермаркеты типа «Ашан» и «Глобус», торговая сеть «Пятерочка», сеть магазинов «Дикси» и супермаркеты «Вилла». Установлено, что независимо от сезона года ассортимент масла в торговой сети обычно представлен «Крестьянским» маслом с жирностью 72,5% и «Сладко-сливочным» маслом традиционного состава (82,5% жирности). Значительно реже поступают в продажу «Вологодское» (82,5% жирности) и «Шоколадное» (62% жирности) масла и сливочное масло с низким содержанием жира.

Для определения качества и фальсификации сливочного масла нами было приобретено по 6 образцов в предприятиях торговой сети («Вологодское» ТМ «Из Вологды», «Отборное» ТМ «Домик в Деревне», «Крестьянское» ООО «Экомилк», «Крестьянское» ТМ «Красная цена», «Шоколадное» ООО «Экомилк», «Шоколадное» ТМ «Крестьянка») и по 4 образца на рынках («Ополье», «Владимирский центральный рынок» г. Владимира, рынки «Коптевский» и «Ленинградский» г. Москвы (рис. 1, *a*, *b*)). Все приобретенные образцы были подвергнуты лабораторному анализу согласно требованиям ГОСТ и другим действующим нормативным документам. В работе использовали общепринятые методы исследования.



Рис. 1. Образцы масла, купленные в торговой сети и на рынках
Fig. 1. Butter samples purchased in the chain stores and markets

Результаты исследования

При органолептической оценке масла, приобретенного в магазинах торговой сети, в большинстве образцов отклонений от установленных норм не выявлено. Однако сливочное масло «Шоколадное» имело привкус топленного животного жира или растительного масла. Слабым кормовым привкусом обладало масло, купленное на рынке ТЦ «Ленинградский» города Москвы. Такое масло, согласно ГОСТ 32261—2013, в свободную реализацию не должно было поступать [6], его обычно направляют в хлебопекарные предприятия.

В результате проведенных микробиологических исследований было установлено присутствие в масле «Крестьянское» ООО «Экомилк» бактерий группы кишечных палочек, что не соответствует требованиям безопасности данного продукта. Остальные образцы, приобретенные как на рынках, так и в предприятиях торговой сети, имели микробиологические показатели в пределах допустимых значений.

При определении физико-химических показателей у купленных образцов исследуемого продукта было установлено, что масло «Шоколадное» торговой марки «Крестьянка» имело вместо заявленных 62% жирности лишь 60% молочного жира. Кроме того, на упаковке данного масла нанесена искаженная маркировка по срокам годности и условиям его хранения, что свидетельствует об информационной фальсификации. Помимо того, исследуемый образец имел пониженное содержание углеводов (19 вместо 19,6 г), что также можно отнести к фальсификации [9].

При исследовании сливочного масла, приобретенного на рынках, было установлено, что образец, приобретенный на рынке «Ополье» г. Владимира, вместо заявленных 82,5 имел жирность 82%, что также указывает на фальсификацию продукта. Кроме того, пониженное содержание молочного жира было определено в «Крестьянском» сливочном масле, купленном на «Ленинградском рынке» г. Москвы, в котором жира содержалось 71,5 вместо 72,5%. А в образце сливочного масла из МУП «Владимирский центральный рынок» было отмечено повышенное содержание влаги (25,6 вместо допустимых 25%).

Вместе с тем, у всех образцов масла, приобретенных на рынках, отсутствовала этикетка, а на ценнике была указана неполная информация о продукте, что также считается информационной фальсификацией [10].

Таким образом, установлено, что сливочное масло, реализуемое в торговой сети, чаще всего подвержено качественной и информационной фальсификациям путем снижения содержания молочного жира, примеси животного жира и растительных масел, а также нанесения неправильной рекламной маркировки на этикетку данного продукта. На рынках сливочное масло чаще реализуется с фальсификацией состава и качества продукта.

Для более эффективного выявления различных фальсификаций мы испытали экспресс-методы, позволяющие достоверно выявлять некоторые виды подделок масла. По нашим данным, отдельные фальсификации можно обнаружить расплавлением масла в горячей воде (60—80 °С), микроскопией в компрессориуме и при освещении УФ-лучами под углом в 45—50°.

Так, например, с помощью микроскопии масла в компрессориуме выявлены нарушения технологии производства в образцах торговых марок «Домик в деревне», «Красная цена», ООО «Экомилк», а также в образцах продукта из МУП «Владимирский центральный рынок» и с «Коптевского рынка», в которых отмечали посторонние жировые или растительные примеси, в т.ч. примеси сливочного масла других партий такого продукта (рис. 2, *b*).

При микрокопировании образцов масла и выведении изображения с компрессориума на экран трихинеллоскопа «СТЕЙК-V» было определено, что масло традиционного состава (82,5%), приобретенное на рынке «Ополье» г. Владимира, имело неоднородную по виду и цвету массу с наличием включений, что может свидетельствовать об использовании жиров других видов.

С помощью метода расплавления масла в горячей воде удалось выявить фальсификацию в образцах масла, приобретенных на рынках «Ополье» города Владимира и «Коптевский рынок» г. Москвы. При этом в стакане с горячей водой при расплавлении масла всплывало на поверхность большое количество жировых капель и примеси немасляного происхождения (рис. 2, *a, b*). В масле «Шоколадное» с помощью расплавления в горячей воде отмечены хлопья коричневого цвета, что свидетельствует об использовании сырья немолочного происхождения.

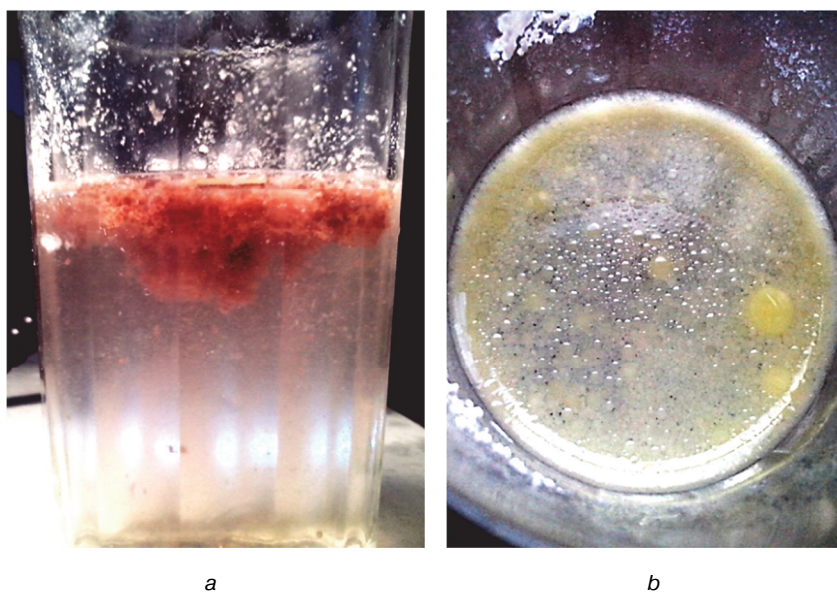


Рис. 2. Метод расплавления сливочного масла в горячей воде
Fig. 2. Method of melting butter in hot water

При изменении цвета под облучением УФ-лампой также была выявлена фальсификация у некоторых купленных образцов масла. Выраженные отклонения в цвете можно было увидеть в сливочном масле с рынка «Ополье» г. Владимира и масле «Шоколадное» торговой марки «Крестьянка» (рис. 3, *a*). Масла с рынков «Коптевский рынок» и ТЦ «Ленинградский рынок» под действием УФ-излучения изменяли свой цвет и однородность на разрезе, что также свидетельствует о добавлении к сливочному маслу немолочных контаминантов (рис. 3, *b*).

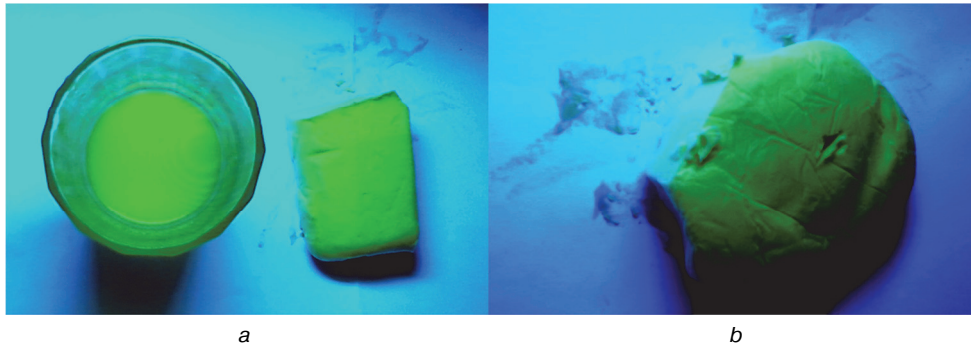


Рис. 3. Метод облучения сливочного масла УФ-лампой
Fig. 3. The method of irradiation of butter with a UV lamp

Заключение

Результаты проведенных нами исследований позволяют заключить, что в сливочном масле, реализуемом в различных торговых предприятиях, достаточно часто выявляются показатели фальсификаций, которые при органолептической оценке продукта выявить достаточно трудно. Поэтому целесообразно осуществлять дополнительные методы исследования сливочного масла, для этого можно рекомендовать в виде экспресс-методов контроля сливочного масла расплавление его в горячей воде (60—80 °С), микроскопирование с помощью компрессориума и освещение УФ-лучами при поступлении его в реализацию как в торговой сети, так и на рынках. При этом наиболее эффективными можно считать метод расплавления сливочного масла в горячей воде и исследование с помощью компрессориума, а более быстрым — облучение УФ-лампой. Использование данных методов исследования сливочного масла не требует дополнительных технических средств или химреактивов, но обеспечивает быстрое и надежное выявление фальсификаций этого продукта. Именно поэтому, с целью совершенствования контроля сливочного масла, данные экспресс-методы целесообразно включить в Правила ветеринарно-санитарной экспертизы молока и молочных продуктов в условиях ГЛВСЭ рынков, городских распределительных холодильников и других торговых предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жидков В.Е., Чимонина И.В., Давыденко Н.И. Влияние сливочного масла и маргариновой продукции на здоровье человека: физиологический аспект // Символ науки. 2016. № 12-2. С. 14—17.
2. ГОСТ 31449—2013. Молоко коровье сырое. Технические условия от 7 июня 2013 г. Введ. 2014-07-01.
3. Серегин И.Г., Дунченко Н.И., Михалева Л.П. Производственный ветеринарно-санитарный контроль молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2009. 403 с.
4. Правила ветеринарно-санитарной экспертизы молока и молочных продуктов на рынках от 1 июля 1976 г.
5. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) от 9 октября 2013 года.
6. ГОСТ 32261—2013. Масло сливочное. Технические условия от 14 ноября 2013 г. Введ. 2015-07-01.
7. Мищенко А.А., Крючкова В.В. Анализ результатов контроля качества сливочного масла, реализуемого в розничной сети российских регионов // Молодой ученый. 2016. № 18. С. 5—9.

8. ГОСТ Р 55361—2012. Жир молочный, масло и паста масляная из коровьего молока. Правила приемки, отбор проб и методы контроля от 29 ноября 2012 г. Введ. 2014-01-01.
9. ГОСТ 32899—2014. Масло сливочное с вкусовыми компонентами. Технические условия от 5 декабря 2014 г. Введ. 2016-01-01.
10. ГОСТ Р 52253—2004. Масло и паста масляная из коровьего молока. Общие технические условия (с Изменением № 1) от 10 марта 2007 г. Введ. 2005-07-01.

История статьи:

Поступила в редакцию: 5 февраля 2019 г.

Принята к публикации: 11 марта 2019 г.

Об авторах:

Серегин Иван Георгиевич — кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарии и морфологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева», Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, e-mail: iseregin@rgau-msha.ru

Никитченко Дмитрий Владимирович — доктор биологических наук, главный ветеринарный врач, ОАО Останкинский мясоперерабатывающий комбинат, Российская Федерация, 127254, г. Москва, пр-д Огородный, стр. 14; e-mail: v.e. nikitchenko@mail.ru

Леонтьев Леонид Борисович — доктор биологических наук, профессор кафедры морфологии и ветеринарии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева», Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: Leontjev_Lenya@mail.ru

Акулич Ольга Андреевна — магистр кафедры морфологии и ветеринарии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева», Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

Для цитирования:

Серегин И.Г., Никитченко Д.В., Леонтьев Л.Б., Акулич О.А. Совершенствование лабораторного контроля сливочного масла // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 2. С. 170—178. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-170-178. (In Russ.).

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-170-178

Research article

Improving laboratory control of butter

**Ivan G. Seregin^{1*}, Dmitriy V. Nikitchenko², Leonid B. Leont'ev¹,
Olga A. Akulich¹**

¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

²Ostankino Meat Processing Plant, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: iseregin@rgau-msha.ru

Abstract. The work is devoted to the improvement of laboratory control of cow butter, which is sold in the chain stores and markets. The social relation of buyers to butter, its range in various retailers are studied, and samples of the butter, acquired in chain stores and markets of Moscow and Vladimir, are investigated. During microbiological studies, the presence of *E. coli* in the butter “Krestianskoe” was established, which does not meet the safety requirements of this product. In addition, in this butter was revealed a reduced content of milk fat 71.5% instead of 72.5%. Butter “Shokoladnoe” of the “Krestianskoe” trademark had only 60% of fat content, instead of the declared 62%. The packaging of this oil

is marked with a distorted label according to the shelf life and storage conditions, which indicates information falsification. There is a mismatch in selected samples with the requirements of GOST and the stated indicators, which indicates the need to develop additional methods for identifying various fakes in butter. It was determined that by melting butter in hot water, by microscoping a product using a compressor or by irradiating the surface of butter with UV rays, it is possible to quickly and reliably identify some of its falsifications.

Key words: butter, veterinary and sanitary expertise, laboratory control, organoleptic characteristics, microbiological studies, physicochemical properties, falsification, microscopy using compressorium, UV radiation

REFERENCES

1. Zhidkov VE, Chimonina IV, Davidenko NI. The effect of butter and margarine products on human health: the physiological aspect. *Symbol of science*. 2016; 12(2):14—17. (In Russ).
2. GOST 31449-2013. *Raw cow milk. Technical conditions dated June 7, 2013*. (In Russ).
3. Seregin IG, Dunchenko NI, Mikhaleva LP. *Production veterinary and sanitary control of milk and dairy products*. Moscow: DeLi print Publ.; 2009. (In Russ).
4. *Rules of veterinary and sanitary examination of milk and dairy products in the markets of July 1, 1976*. (In Russ).
5. Technical regulations of the Customs Union. *Safety of milk and dairy products*. (TR CU 033/2013) October 9, 2013. (In Russ).
6. GOST 32261—2013. *Butter. Technical conditions of November 14, 2013*. (In Russ).
7. Mishchenko AA, Kryuchkova VV. Analysis of the results of quality control of butter sold in the retail network of Russian regions. *Young Scientist*. 2016;18-1(122): 5—9. (In Russ).
8. GOST R 55361—2012. *Milk fat, butter and butter paste from cow's milk. Acceptance rules, sampling and control methods of November 29, 2012*. (In Russ).
9. GOST 32899—2014. *Butter with flavoring components. Technical conditions dated December 5, 2014*. (In Russ).
10. GOST R 52253—2004. *Butter and butter paste from cow's milk. General technical conditions (with Amendment N 1) of March 10, 2007*. (In Russ).

Article history:

Received: 5 February 2019

Accepted: 11 March 2019

About authors:

Seregin Ivan Georgievich — Candidate of Sciences in Veterinary, Professor of the Department of Morphology and Veterinary at Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: iseregin@rgau-msha.ru

Nikitchenko Dmitry Vladimirovich — Doctor of Sciences in Biology, Chief Veterinarian, Ostankino Meat Processing Plant; 18 Ogorodny proezd, Moscow, 127254, Russian Federation; e-mail: v.e.nikitchenko@mail.ru

Leontiev Leonid Borisovich — Doctor of Sciences in Biology, Professor of the Department of Morphology and Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: Leontjev_Lenya@mail.ru

Akulich Olga Andreevna — Master of the Department of Morphology and Veterinary at Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya st., Moscow, 127550, Russian Federation

For citation:

Seregin IG, Nikitchenko DV, Leont'ev LB, Akulich OA. Improving laboratory control of butter. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(2):170—178. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-2-170-178. (In Russ).